



DESENVOLVIMENTO DE UM ROBÔ AUTÔNOMO MÓVEL

Justo Emilio Alvarez Jácomo

Pablo Siqueira Meirelles

Universidade Estadual de Campinas – Faculdade de Engenharia Mecânica

Departamento de Mecânica Computacional

Caixa Postal 6122, CEP 13083-970, Campinas – SP

e-mail, justo@fem.unicamp.br , pablo@fem.unicamp.br

***Resumo.** Este trabalho apresenta o projeto, implementação e construção do robô autônomo móvel RAM-I, o qual tem autonomia energética e de controle. A locomoção é feita através de motores de passo, controlados pelo módulo Controlador dos Motores, baseados no microcontrolador PIC16F84. O módulo Principal recebe os sinais dos sensores externos e os processa conforme a estratégia de controle implementada. Esta é baseada na Arquitetura Subsumption, tomando as decisões que serão enviadas pela interface para o módulo Controlador dos Motores, sem necessidade de intervenção externa. A alimentação é feita por meio de baterias embarcadas. Será apresentado o projeto do Sistema, descrição das partes, implementação da estratégia de controle, modelagem do robô e por último os resultados experimentais obtidos com o protótipo construído em laboratório.*

***Palavras-chave:** Robótica, Controle, Arquitetura Subsumption, Microcontroladores*

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos observou-se um aumento da importância de aplicações dos robôs autônomos móveis no cotidiano, especialmente em tarefas perigosas, sujas ou desagradáveis. As aplicações propostas para robótica avançada parecem cobrir a quase totalidade da atividade humana. Estas incluem: luta contra o fogo, salvamento de emergência, prevenção de desastres, patrulha de segurança, limpeza industrial e doméstica, serviço doméstico, manipulação de pacientes, operações de procura em ambientes distantes e/ou inóspitos, etc.

Uma característica comum destas aplicações, ao invés do robô industrial, é a exigência de um veículo móvel ou plataforma, que sirva como base para qualquer tarefa exigida. A exigência comum para tal veículo móvel ou plataforma é a habilidade para navegar de uma posição conhecida a uma nova localização, evitar obstáculos e se posicionar na tarefa a ser realizada. Isto é possível com o uso de um sistema de sensores, o qual deve adquirir os dados que descrevem o ambiente e passá-los ao sistema de computador do robô, que fará os cálculos necessários para que o sistema piloto do robô controle os movimentos.

O desenvolvimento de robôs autônomos constitui uma área atual de pesquisa em robótica. Tais robôs aceitarão ordens para a execução de tarefas com um elevado grau de dificuldade e as cumprirão sem a intervenção humana adicional (Latombe, 1996).

Ao colocar o robô como substituto do homem, deve-se dotá-lo de autonomia para que ele possa trabalhar conjuntamente com as demais máquinas. Esta autonomia deve ser: mecânica, de controle, e se possível, energética. Esta premissa tem sido uma das principais motivações para a pesquisa do robô autônomo móvel.

Nos últimos anos, também parece haver divergência entre teoria e prática na pesquisa da robótica autônoma móvel. As publicações nesta área podem ser divididas em duas categorias:

trabalho teórico com pequena ou nenhuma verificação experimental (a exceção de simulação), e resultados experimentais de sistemas implementados com pequena ou nenhuma fundamentação teórica formal. É raro encontrar um postulado teórico formal verificado (ou refutado) por experiências reproduzidas em um robô real (Gat, 1995). Esta divergência é devida ao fato de que os robôs autônomos móveis têm que interagir com ambientes complexos, que não foram criados para o robô (desestruturados). Estas interações são extremamente difíceis de modelar, pois são governadas por um enorme número de variáveis independentes. As formulações teóricas ignoram habitualmente fatores como: custo computacional, ruído nos sensores, interações mecânicas, atrito e deformação da superfície. Na área acadêmica existem poucos trabalhos dedicados à verificação experimental de dados teóricos, adquiridos em um robô real (Gat, 1995).

Entre os robôs móveis utilizados em pesquisa, pode-se citar: SHAKEY (um dos primeiros nos anos 60) e CART do Instituto Stanford; PLUTO, NEPTUNE, ILONATOR, etc. da Universidade Carnegie-Mellon; a série HILARE do LAAS na França; PEBBLES, ANTS, etc. do Laboratório de Inteligência Artificial do MIT.(USA). Alguns exemplos de aplicações são: SQUIRT (minirobô) e WEELESLEY (cadeiras de rodas) do MIT; MARV e MINI-ROBOT minirobôs do Laboratório Sandia; REATLER e FIRE ANT exploradores do Laboratório Sandia.



(a)



(b)

Figura 1. Robôs móveis: (a) WEELESLEY do MIT e (b) REATLER do Laboratório Sandia.

2. PROJETO DO SISTEMA

Na necessidade de formar um elo entre a teoria e a prática, e assim proporcionar aos futuros trabalhos uma ferramenta (“plataforma de testes”) que facilite a validação experimental, surgiu a necessidade de desenvolver um robô autônomo móvel com características apropriadas para a experimentação, e também fornecer ao futuro pesquisador, ferramentas que o ajudem a sobrelevar os diferentes problemas na utilização deste robô.

O objetivo principal deste trabalho é o desenvolvimento de um robô autônomo móvel versátil, chamado RAM-I utilizando a Arquitetura Subsumption, para ser usado como base de testes de futuros trabalhos na área da robótica autônoma móvel. Robôs com características semelhantes às descritas podem ser adquiridos, mas optou-se pela construção do mesmo, para além do interesse didático, contar com um robô de plataforma robusta e configuração flexível.

2.1. Descrição do Robô

O robô deverá ter a habilidade de vagar num plano, evitando obstáculos e depressões. Para atender a estas especificações foi necessário escolher dimensões, motorização, sensores, processador, estratégia de controle, etc. Sempre atendendo ao objetivo maior: o de deixar uma plataforma flexível suficiente para ser reaproveitada para outros trabalhos. Assim, desenvolveu-se

um robô de plataforma retangular (0,18 x 0,16 [m]) sobre três rodas: duas convencionais fixas motrizes de raio 0,035 [m] e uma terceira orientada fora do centro como apoio. A Fig.(2a) esquematiza o chassi do robô.

2.2. Modelamento Matemático

A cinemática do robô é determinada pelo movimento das duas rodas motrizes, já que a terceira roda não tem função nenhuma senão a de servir como apoio. O controle de direção é realizado pela variação de velocidade de rotação das rodas motrizes.

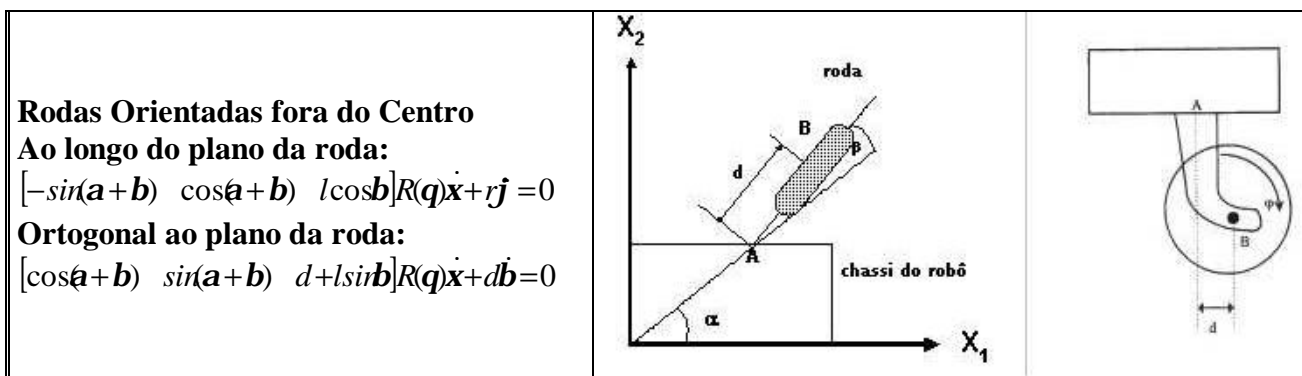
Considera-se o robô como livre, movendo-se numa superfície plana, e um ponto fixo P dentro do robô. Pode-se modelar este robô como se fosse um objeto retangular movendo-se no espaço, como mostrado na Fig. (2b). Num espaço livre pode-se direcionar o robô a uma posição com uma orientação. Portanto o espaço de configuração tem três dimensões, duas de translação e uma de rotação. Esta configuração será representada por $\mathbf{x}(x,y,\mathbf{q})$, onde x e y são as coordenadas do ponto médio P, entre as duas rodas motrizes, na base inercial e $\mathbf{q} \in [0,2\pi]$ é o ângulo entre o eixo x da base inercial e o eixo principal do robô, variante durante o movimento. Consequentemente, o movimento é governado pela Eq. (1) (Latombe, 1996):

$$\dot{y} \cos \mathbf{q} - \dot{x} \sin \mathbf{q} = 0 \quad (1)$$

Esta restrição não-holonômica diz que o robô somente pode mover-se na direção normal ao eixo das rodas motrizes, satisfazendo as condições de rolamento puro e não escorregamento (Fierro, 1998).

Tabela 1. Restrições cinemáticas das rodas convencionais

Restrição da Roda	Descrição da Roda
<p>Rodas Fixas ($b = cte.$) Ao longo do plano da roda: $[-\sin(\mathbf{a} + \mathbf{b}) \quad \cos(\mathbf{a} + \mathbf{b}) \quad l \cos \mathbf{b}]R(\mathbf{q})\dot{\mathbf{x}} + r\dot{\mathbf{j}} = 0$ Ortogonal ao plano da roda: $[\cos(\mathbf{a} + \mathbf{b}) \quad \sin(\mathbf{a} + \mathbf{b}) \quad l \sin \mathbf{b}]R(\mathbf{q})\dot{\mathbf{x}} = 0$</p>	
<p>Rodas Orientadas no centro Ao longo do plano da roda: $[-\sin(\mathbf{a} + \mathbf{b}) \quad \cos(\mathbf{a} + \mathbf{b}) \quad l \cos \mathbf{b}]R(\mathbf{q})\dot{\mathbf{x}} + r\dot{\mathbf{j}} = 0$ Ortogonal ao plano da roda: $[\cos(\mathbf{a} + \mathbf{b}) \quad \sin(\mathbf{a} + \mathbf{b}) \quad l \sin \mathbf{b}]R(\mathbf{q})\dot{\mathbf{x}} = 0$</p>	



onde $R(q)$ é a matriz ortogonal de rotação.

O Modelo Cinemático de Postura para os robôs móveis pertencentes à classe (2,0) tipo “char” à qual pertence o RAM-I é (Victorino, 1998):

$$\begin{Bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{q} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} -\sin q & 0 \\ \cos q & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} h_1 \\ h_2 \end{Bmatrix} \quad (2)$$

Esta é a equação cinemática de movimento em termos de velocidade linear e velocidade angular, onde $|h_1| \leq V_{\max}$ e $|h_2| \leq W_{\max} \cdot V_{\max}$, W_{\max} são as velocidades máximas linear e angular do ponto P que se deseja controlar.

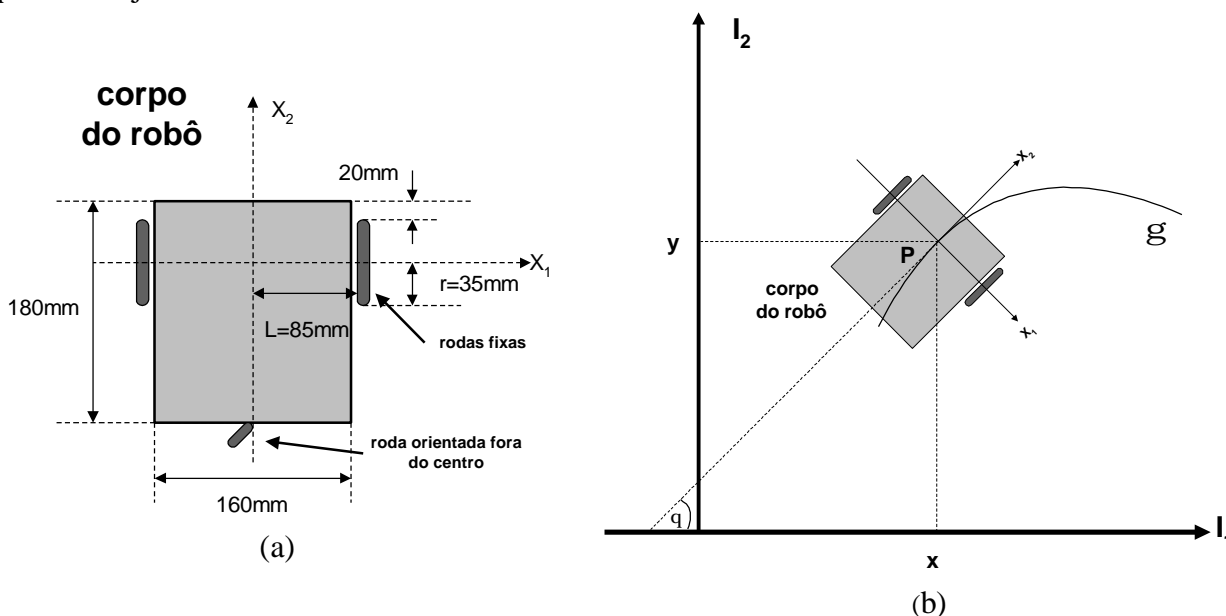


Figura 2. RAM-I: (a) Chassi do robô, (b) Coordenadas do robô móvel

Dado que no RAM-I se adotou uma configuração de motorização com dois motores de passo, os quais controlam as rodas fixas independentemente, e não se exerce nenhum controle na roda orientada fora do centro, esta roda segue a rota determinada pelas rodas fixas, comportando-se como uma roda passiva (escrava). Pode-se assumir que o movimento desta roda pode ser ignorado na dinâmica do robô móvel (Yang, 1999). Esta roda não será levada em conta para o modelamento do robô.

Na Tabela (2) são apresentados os parâmetros do Modelo Cinemático de Postura do RAM-I.

Tabela 2. Parâmetros do modelo tipo “Char” do robô **RAM-I**

RODAS	l	a	r	b	j
Roda 1	L	0	r	0	j₁
Roda 2	L	p	r	0	j₂

onde **a**, **r**, **l** são constantes; **b** e **j** são variáveis com o tempo; $L= 0.085\text{m}$ e $r= 0.035\text{m}$. O Modelo Cinemático de Configuração é definido por $\dot{q} = S(q)u$, mostrada na Eq. (3):

$$\begin{Bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{q} \\ \dot{j}_1 \\ \dot{j}_2 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} -\sin q & 0 \\ \cos q & 0 \\ 0 & 1 \\ -1/r & -L/r \\ 1/r & -L/r \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} h_1 \\ h_2 \end{Bmatrix} \quad (3)$$

onde **h₁** é a velocidade longitudinal e **h₂** é a velocidade de rotação do robô em relação ao referencial inercial ; **j₁** e **j₂** são as velocidades de rotação das rodas.

O Modelo Cinemático de Configuração para o robô **RAM-I** também pode ser obtido pela parametrização do movimento do robô em relação à trajetória realizada. Este modelo é escrito em relação à base móvel, diferente do modelo convencional, onde a referência é o sistema inercial. Neste modelo o vetor de entrada é relacionado às velocidades das rodas (**j₁**, **j₂**), consideradas entradas de controle (Victorino, 1998). As equações do movimento são:

$$\begin{Bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{q} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{r}{2} \sin q & -\frac{r}{2} \sin q \\ \frac{r}{2} \cos q & \frac{r}{2} \cos q \\ \frac{r}{2L} & -\frac{r}{2L} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} j_1 \\ j_2 \end{Bmatrix} \quad (4)$$

3. DESCRIÇÃO DAS PARTES DO ROBÔ RAM-I

Os circuitos que conformam o controle do **RAM-I** estão baseados no microcontrolador PIC16F84 da empresa Microchip. Este tipo de dispositivo tem várias vantagens sobre o “hardware” lógico: versatilidade, baixo consumo de potência, tamanho, etc. É importante notar que os microcontroladores e os microprocessadores introduzem uma ferramenta significativa à solução do problema de controle dos robôs: o “software”. O comportamento do robô baseado em “software” poderá ser modificado simplesmente com a implementação de um novo programa, sem necessidade de alterações físicas. Todas estas vantagens foram alcançadas com a utilização do microcontrolador PIC 16F84, no presente trabalho.

3.1. Microcontroladores

Um microcontrolador é um componente (dispositivo) eletrônico dotado de uma “inteligência” programável, utilizado no controle de processos lógicos (Souza, 2000). Controle de processos pode ser definido como o controle de periféricos tais como: “leds”, botões, “displays” de segmentos, reles, sensores, motores de passo, servo motores e outros periféricos. É usada também a palavra

controle lógico pois a operação do sistema baseia-se nas ações lógicas que devem ser executadas, dependendo do estado dos periféricos de entrada e/ou saída

Na escolha do microcontrolador tomou-se em conta a variedade de tipos, famílias e fabricantes: Microchip (PIC), Intel (MCS®), Motorola (M68XX), National (COP8), Atmel, Siemens, Hitachi, TI, Toshiba, etc. ponderando as seguintes considerações: Capacidade, “hardware” interno disponível e facilidades dadas pelo fabricante para o desenvolvimento do projeto. Assim chegou-se à série PIC16F84 da MICROCHIP. Este é um microcontrolador com memória de dados e programa tipo FLASH (reprogramável), tamanho standard (18 pinos). Possui 13 portas de entrada ou saída, um “set” de 35 instruções, adequado para o aprendizado e experimentação de pequenos projetos. O “Kit de Desenvolvimento” não é de custo elevado, com muita informação (exemplos de sua utilização).

Foram utilizados dois módulos na implementação do RAM-I: O módulo Sb Step Control permite o controle remoto, via interface, de até dois motores de passo do tipo unipolar, alimentados com até 12 V, 500 mA por enrolamento. Permite controlar a velocidade e a direção de giro dos dois motores utilizando comandos simples através de um computador. O módulo Sb 9902_2 é usado para a construção de equipamentos dedicados com processamento digital, tem onze portas disponíveis. A alimentação pode ser realizada com qualquer tensão contínua entre 8 e 25V, ocorrendo a estabilização na própria placa. A programação poderia ser realizada na própria placa, sem necessidade da retirada do circuito. Ambos módulos utilizam o PIC16F84 e incorporam uma interface RS232-C padrão. Na programação foi utilizado o programador SBMicroLab assim como os “software” Sprog40 e MPLAB

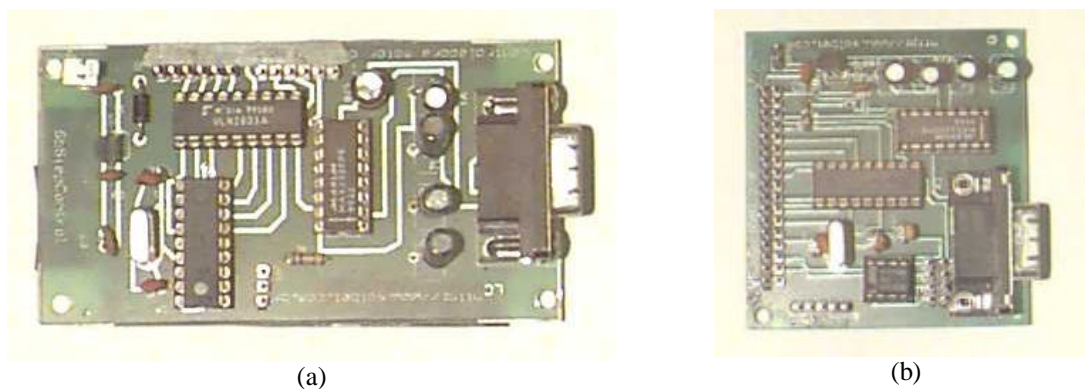


Figura 3. Placas dos módulos (a) Sb Step Control (controlador dos motores de passo) e (b) Sb 9902-2 (“cérebro” do robô RAM-I)

3.2. Sensores

Existem em robótica diversos modos de classificar os sensores (Ferreira, 1991), como por exemplo os sensores de percepção interna e de percepção externa ao robô. Outra classificação dos sensores para robótica móvel os divide em: sensores de luz (fotoresistores, detectores de proximidade com infravermelho), sensores de força (microchaves, resistências sensíveis à força), sensores de som (microfones, sonar), sensores de posição e orientação (“encoders”, giroscópios, sensores de inclinação, bússola), sensores “internos” (nível de bateria, corrente, temperatura) (Jones, 1993).

Os sensores de percepção externa encontrados na robótica podem ser classificados da seguinte forma (GSI, 2001): sensores de toque, sensores de distâncias, sensores de proximidade e sensores de visão. Sensores de toque (tato) são dispositivos que indicam o contato entre eles próprios e algum outro objeto. Normalmente são usados em robôs industriais ou manipuladores. A informação de toque é usada na localização e reconhecimento de objetos, indicando ainda a magnitude da força de contato entre os dois. Um dos objetivos de se usar sensores deste tipo é identificar e controlar diretamente a interação entre o robô e o ambiente. O RAM-I foi implementado com quatro sensores

de toque: Dois sensores de batida (microchaves) nos extremos da frente do robô, à procura de obstáculos; Dois sensores de depressão (fim de curso) na frente das duas rodas motorizadas, para a detecção de depressões fatais ao movimento do robô. Estes sensores são apresentados na Fig. (5).

3.3. Motorização

Os motores DC são usados na robótica móvel porque a fonte de energia neles é tipicamente uma bateria DC. O motor de passo é um dispositivo usado para converter pulsos elétricos num movimento mecânico rotacional discreto, (Thomson Airpax, 1995). Em linhas gerais o motor de passo é um atuador do tipo digital, a cada pulso recebido da unidade de controle, as correntes em suas fases são chaveadas e o rotor do motor avança ou recua um passo. Eles exibem três estágios: parados, ativados com o rotor travado (bobinas energizadas) ou girando em etapas.

Os motores de passo possuem algumas características próprias que os diferencia dos motores comuns: Os motores de passo funcionam como dispositivos posicionadores, pois podem parar numa posição perfeitamente controlada. Eles podem ter o seu eixo posicionado em um ângulo proporcional ao número de impulsos na entrada. Os erros que ocorrem no posicionamento de seu eixo são muito pequenos e não são cumulativos. O controle sem realimentação (“open loop”) é possível devido ao uso de sinais digitais para esta finalidade. As respostas à partida, à parada e à reversão são muito rápidas.

No robô RAM-I foi utilizado o motor de passo do fabricante TAMAGAWA SEIKI CO LTD. De 12V, 0.16A/φ (Amperios por Fase), 75Ω, 100 S/R (ppv, passos por volta) da série TS3012N5005. Estes motores são correntemente encontrados em periféricos de computadores. A velocidade e posição são diretamente controladas pela frequência e número de pulsos enviados. As suas características, aliadas à disponibilidade de alguns destes motores, determinou a utilização dos mesmos no robô RAM-I.

3.4. Baterias

Para um robô móvel ser dito autônomo (em energia), é necessário que possua uma fonte de alimentação (potência) que seja capaz de armazenar energia suficiente para permitir ao robô executar um trabalho útil, e que esta seja embarcada no próprio robô. As baterias são uma solução a este problema. Uma bateria ideal tem que ter uma alta Densidade de Energia, manter uma voltagem constante e possuir uma baixa resistência interna. (Jones, 1993). Para o robô RAM-I, foi escolhido um “pack” de baterias de NiCd, das seguintes características: 38Whr/kg, 1.2V p/cela, 500 mAh, de baixa resistência interna, disponível no mercado, com seu respectivo recarregador.

4. IMPLEMENTAÇÃO DA ESTRATÉGIA DE CONTROLE

Rodney A. Brooks desenvolveu vários robôs móveis utilizando a metodologia da decomposição em camadas de atividades, obtendo um comportamento incremental através da percepção do mundo real (percepção-ação). Em outras palavras o sistema percebe modificações no ambiente e reage à esta percepção (Brooks, 1991).

Esta Arquitetura chamada de Subsumption difere notavelmente da maneira tradicional de dividir o controle em módulos funcionais: percepção, planejamento, modelamento, etc. Ao invés disso organiza o agente móvel como um conjunto de camadas que representam uma tarefa ou comportamento completo (Fig. (4a)). A divisão em camadas de atividades permite acrescentar um comportamento quando este for necessário, construindo a nova camada e interfaceando-a com o sistema. A idéia é construir um sistema autônomo completo, muito simples e testá-lo no mundo real (Fig. (4b)).

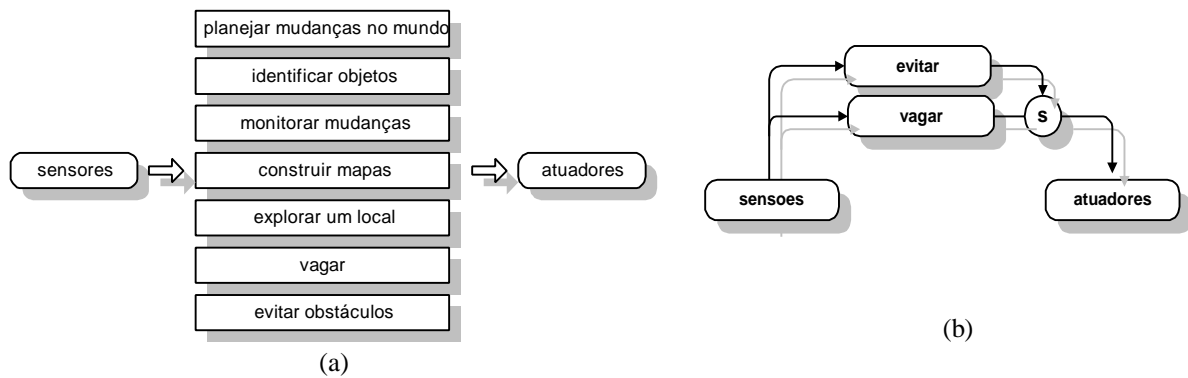


Figura 4. (a) Exemplo de divisão do sistema em atividades, (b) Arquitetura Subsumption implementada no RAM-I

O termo Arquitetura Subsumption tem origem no fato de que o nível mais elevado assume o papel das camadas inferiores, quando uma determinada configuração dos sensores indica uma situação propícia para sua atuação. O nível acima suprime o fluxo de dados da camada inferior. O sistema pode ser separado em qualquer nível e as camadas inferiores continuarão formando um sistema operacional completo (Rezende, 1992)

O robô RAM-I, construído no Departamento de Mecânica Computacional, teve a sua estratégia de controle implementada usando Arquitetura Subsumption a fim de testar a sua capacidade. Ele apresenta um comportamento simples com duas tarefas específicas: (1) EVITAR obstáculos e (2) VAGAR sem direção fixa.

O comportamento EVITAR é o de prioridade mais elevada. Se o robô está para colidir com um obstáculo ele deve evitá-lo. Quando o robô não está evitando nenhum obstáculo está ativa a camada VAGAR, a qual gera uma trajetória retilínea do robô no local.

Quando ligado, o robô é comandado pela camada de prioridade mais baixa, VAGAR, e começa a andar em linha reta. Neste estado, ele não é afetado por eventuais perturbações que alterem a sua direção, como por exemplo escorregamento das rodas. O robô permanece neste estado até que a camada de nível mais elevado, EVITAR, é ativada pela presença de um obstáculo.

Quando a camada EVITAR é ativada, o robô identifica se o obstáculo é um objeto ou uma depressão, e a sua localização (direita ou esquerda). Em qualquer um destes casos o robô efetua uma manobra para evitar o obstáculo, retrocedendo e girando para o lado oposto ao do obstáculo encontrado.

5. RESULTADOS

5.1. Robô Autônomo Móvel Inteligente RAM-I

A Tabela (3) apresenta um resumo das características do robô RAM-I mostrado na Fig. (5).

Tabela 3. Características do robô RAM-I

Dimensões	Cinemática	Energia	Sensores	Controladores
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Altura: 0,1 m ✓ Base: 0,175 m por 0,18 m ✓ Peso: 2 Kg 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Direção: através do controle da velocidade de rotação das rodas ➤ Redução: 1:1 ➤ Velocidade 3.3 m/min ➤ Motores de passo: 3,6° por passo (100 ppv) 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Baterias: de NiCd, 38 Wh/Kg, 12 V, 500mA. ◆ Autonomia: 1 hora em funcionamento contínuo; 	<ul style="list-style-type: none"> • Sensor de toque para obstáculos: duas chaves liga desliga na forma de "bigode". • Sensor de depressões: dois sensores do tipo "fim de curso" com molas. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ PIC16F84 da MICROCHIP ▪ Programação em "Assembler". ▪ Comunicação via interface RS232-C ▪ Controle em "tempo real" ▪ Restrições na cap. da memória RAM

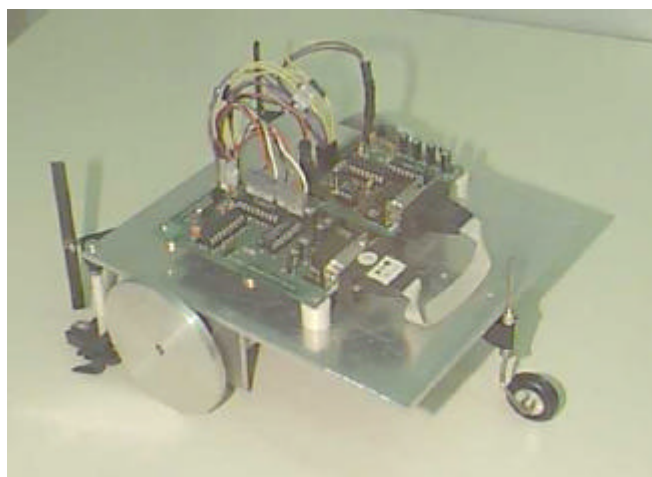


Figura 5. Robô **RAM-I**

5.2. Testes e Resultados com o Robô **RAM-I**

Para verificar a capacidade do robô de servir como uma plataforma de testes e assim cumprir as tarefas implementadas, um conjunto de testes foi proposto: Vagar num ambiente desestruturado; Desviar de obstáculos que impedem o livre transcurso do robô; Afastar-se do perigo de perder o chão. Nestes primeiros testes o robô RAM-I foi colocado no centro de uma mesa, como na Fig. (6), em um dos lados encontra-se um obstáculo (em preto) e nos demais livre. O robô é deixado VAGAR livremente, quando a camada de nível mais elevado EVITAR é ativada pela presença de um obstáculo e/ou depressão, primeiro o robô identifica se o sensor que a ativou é um sensor de depressão ou um sensor de batida (nesta ordem), logo verificar se o obstáculo/depressão está na frente-esquerda ou na frente-direita, assim por último, determina a manobra adequada. Se o obstáculo/depressão for pela direita, o robô recua e vira para esquerda, se for pela esquerda o robô recua e vira para direita, diminuindo assim a possibilidade de bater/cair de novo com o mesmo obstáculo/depressão. A manobra de recuar e virar pode ser compreendida melhor pelos comandos: inverter motores, diminuir velocidade da roda do lado da batida (esquerda ou direita), após certo tempo (dependendo da estratégia implementada), continuar com o trajeto. A Fig. (6) mostra os trajetos do RAM-I nos testes propostos.

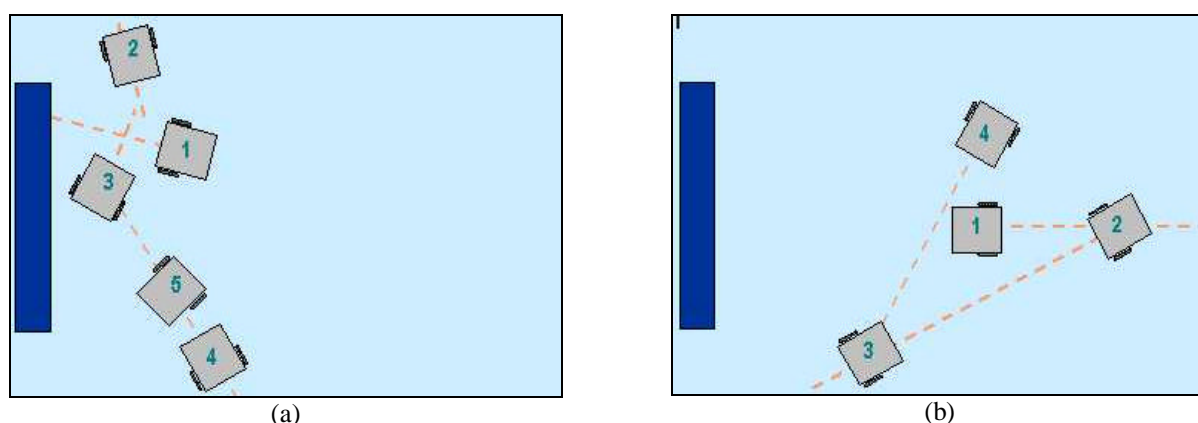


Figura 6. Testes com o robô **RAM-I**: (a) Vagar Livremente num Ambiente Estruturado e desviar Obstáculos; (b) Afastar-se do Perigo, Perder o Chão

6. CONCLUSÕES

RAM-I é um robô móvel autônomo programável com funcionalidades semelhantes a robôs de grande porte utilizados em educação e pesquisa. O robô RAM-I foi desenvolvido como uma

plataforma de testes de futuras pesquisas e ferramenta de aprendizado. Ele possibilita o teste em ambientes reais de algoritmos desenvolvidos em simulações para o planejamento de trajetórias, desvio de obstáculos, processamento de dados sensoriais, entre muitos outros.

Extremamente modular, RAM-I dispõe de um grande número de aplicações para controle de robôs, monitoramento e resposta a estímulos externos. A utilização de diversos módulos (módulos para comunicação via rádio) o tornam adaptável a vários tipos de experiências.

Na atualidade ele está sendo utilizado na experimentação de algoritmos de navegação para robôs móveis autônomos com pernas (bípede) em ambientes reais, assim como na utilização de novos atuadores (motores).

7. REFERÊNCIAS

- Brooks, R. A., 1991, "Intelligence Without Representation", Artificial Intelligence Journal, pp. 139 – 159.
- Ferreira, Edson de P., 1991, "Robótica Básica": Versão Preliminar Publicada para a V Escola Brasileiro - Argentina de Informática, . Rio de Janeiro, Brasil.
- Gat, E., 1995, "Towards principled experimental study of autonomous mobile robots." Kluwer Academic Publishers, v. 2, pp. 179-189.
- GSI, DIN - UEM., 2001, Grupo de Sistemas Inteligentes. Departamento de Informática - Universidade Estadual de Maringá. Material descrito na homepage. Disponível na Internet: <http://www.din.uem.br/~ia/1024x768/index.html>.
- Jones, Joseph L.; Flynn, Anita M., 1993, "Mobile Robots – Inspiration to Implementation." Wellesley, Massachusetts: A. K. Peters Ltd., 345 p.
- Latombe, Jean-Claude., 1996, "Robot Motion Planning." Massachusetts: Kluwer Academic Publishers, 651 p.
- Rezende, Marcos F. de., 1992, "Desenvolvimento de um Robô Móvel Autônomo Inteligente Utilizando a Arquitetura de Assunção." Uberlândia - MG: Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal de Uberlândia. 102 p. Dissertação (Mestrado)
- Souza, D., 2000, "Desbravando o PIC." São Paulo: Érica Ltda, 200 p.
- Thomson Airpax., 1995, "Product Selection and engineering Guide": catálogo. New York, 41 p.
- Victorino, A. C., 1998, "Controle de Trajetória e estabilização de Robôs Móveis Não-Holonômicos" Campinas-SP: Faculdade de Engenharia Mecânica, UNICAMP. Dissertação (Mestrado)
- Yang, Jung-Min; Kim, Jong-Hwan., 1999, "Sliding Mode Control for Trajectory Tracking of Nonholonomic Wheeled Mobile Robots" IEEE Transactions on Robotics and Automation, v. 15, pp. 578-587.

DEVELOPMENT OF A MOBILE AUTONOMOUS ROBOT

Abstract. *This work presents the design, implementation and construction of a mobile autonomous robot RAM-I, which has autonomous energy supply and control. The locomotion is done through stepper motors, controlled by the module Controller of the Motors based on microcontroller PIC16F84. The Main module, also based in the PIC, receives the inputs signals from external sensors and processes according with the control strategy implemented, based on the Architecture of Subsumption, taking decisions that will be sent to the interface for the Motor Controller, without the necessity of external intervention. The power will be supplied by internal batteries. It will be presented the design of the system, description of the parts, implementation of the control strategy and modeling, as well as the experimental results obtained with the prototype constructed in the laboratory.*

Keywords. *Robotic, Control, Architecture Subsumption, Microcontroller.*