

## BIBLIOTECA DE CD

José Homero Feitosa. Cavalcanti  
Marcelo Cavalcanti Rodrigues  
Everaldo Fernandes Monteiro  
Universidade Federal da Paraíba - CCT/DSC/COPIN/NEUROLAB – CT/DTM  
Rua Aprígio Veloso, 882 - Campus II - 58109-790 - Campina Grande - PB  
E-mail: homero@dsc.ufpb.br

### Resumo

Neste trabalho apresenta-se o projeto e detalhes de um protótipo de um sistema robótico utilizado na automação de uma Biblioteca de *Compact Disk*. O sistema é constituído de dois manipuladores robóticos, um para movimentar a torre de CD e o outro para movimentar os CD.

**Palavras-chave:** Sistemas Inteligente, Robótica, Robôs Cooperantes.

### 1. INTRODUÇÃO

A automação atualmente é uma realidade que está presente nos mais variados processos, desde o processo de fabricação de veículos, empregando altíssima tecnologia, até processos menores como o controle de acervos bibliográficos através de sistemas computacionais. As bibliotecas e os setores de arquivos das empresas possuem microcomputadores que são normalmente utilizados para o controle cadastral dos seus acervos, mas que quase sempre nunca são utilizados no arquivamento e resgate deles.

O estudo de aplicações para desempenhar essas tarefas se faz importante, pois uma grande parte das revistas técnicas e científicas, assim como os congressos, simpósios, conferências e outros, estarem publicando seus periódicos e anais em *compact disks* (CD). Além disso, os microcomputadores, utilizados nas bibliotecas, geralmente são equipados com monitores coloridos, discos rígidos de grande capacidade de armazenamento, interface para acesso a internet, kit multimídia e outros, o que facilita a implantação do sistema robótico.

O volume de CD nas bibliotecas atualmente atinge uma quantidade significativa. Eles geralmente são armazenados precariamente em torres de CD de baixo custo ou estantes sem padronização, o que dificulta o arquivamento e resgate dos CD. A necessidade de um processo automatizado para uma biblioteca de CD (CDTECA) conduziu ao desenvolvimento de um sistema robótico para desempenhar tal função. Esse sistema robótico pode ser construído de uma forma que permita a interação entre dois robôs ou entre o robô e um homem.

Diversos pesquisadores têm apresentado resultados experimentais obtidos com sistemas em que existe a cooperação entre dois robôs e entre um homem e um robô. Por exemplo, Fujisawa et al (1994) apresentam uma sucinta relação de trabalhos referentes a interação entre o homem e o robô manipulador. Osumi & Arai (1994) apresentam diversos tipos de algoritmos desenvolvidos para controle de robôs cooperativos

O robô proposto neste trabalho, denominado MOVECD, é composto de dois manipuladores, um deles é utilizado para movimentar a torre de CD (robô POSIÇÃO) e o outro para manipular o CD (robô PEGACD). O sistema de controle inteligente (SCI) controla o robô através de técnicas de Inteligência Artificial.

A seguir apresenta-se a metodologia de desenvolvimento do sistema MOVECD, as características dos dois robôs, o desenvolvimento do SCI para o MOVECD, a operação do MOVECD sem o robô POSIÇÃO, a operação do MOVECD com o usuário simulando o robô POSIÇÃO, e a operação do MOVECD com o robô POSIÇÃO. Finalmente, conclui-se este trabalho com comentários sobre os resultados experimentais obtidos das experimentações realizadas e se sugerem melhoramentos para futuras implementações.

## 2. METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA

Na figura 1 apresenta-se a fotografia do protótipo do MOVECD. Nessa figura, a torre de CD está no lado esquerdo, o elevador na parte central, e o trilho na parte inferior da figura. Na figura 2 apresenta-se a fotografia da garra do MOVECD.

O projeto, o desenvolvimento e a construção do protótipo do MOVECD foram feitos a partir da observação (analogia) da forma como um usuário manipula (coloca/retira) um CD numa torre de CD. Observaram-se três diferentes estratégias de manipulação dos CD:

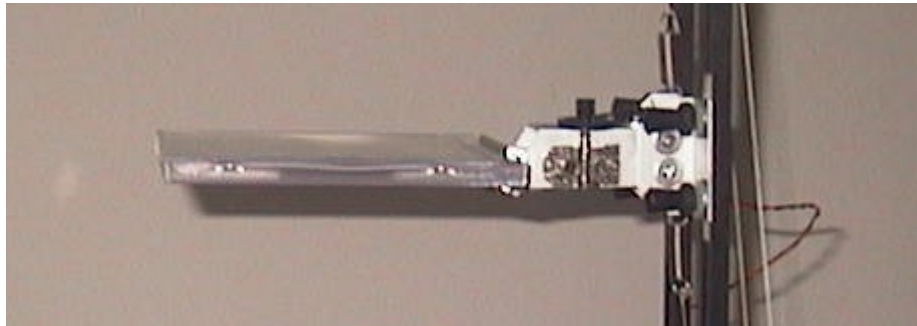
a)O usuário, além de olhar, utiliza as suas duas mãos para manipular o CD. Ele apóia uma das mãos sobre a torre de CD (robô POSIÇÃO) e com a outra mão (robô PEGACD) -utilizando os dedos polegar, indicador e médio- posiciona o CD e o coloca/retira da sua locação;

b)O usuário, sem olhar para a torre de CD, utiliza as suas duas mãos para manipular o CD, ele apóia uma das mãos sobre a torre de CD (robô POSIÇÃO) e com a outra mão (robô PEGACD) -utilizando os dedos polegar, indicador e médio- posiciona o CD e o coloca/retira da sua locação;

c)O usuário, sem olhar para a torre de CD, utiliza uma das mãos para manipular o CD (robô PEGACD) -utilizando os dedos polegar, indicador e médio- posiciona o CD e o coloca/retira da sua locação;



**Figura1.** Protótipo do MOVECD



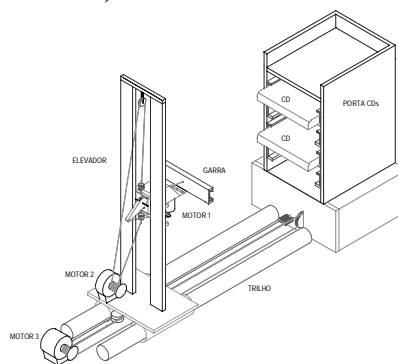
**Figura 2.** A garra do MOVECD

### 3. CARACTERÍSTICAS DO MOVECD

Na figura 3 apresenta-se o desenho estilizado do PEGACD composto de um manipulador de CD, denominado PEGACD, e de uma torre de CD com um manipulador, denominado POSIÇÃO. Na torre de CD, desenhada à direita na figura 3, existem locações apropriadas para o armazenamento dos CD, inclusive o topo da torre.

O robô POSIÇÃO possui somente um grau de liberdade, que pode ser representado por um operador ou por um motor elétrico que gira a torre de CD e um detector de posição. O movimento do robô POSIÇÃO deve ser sincronizado com os do robô PEGACD.

O PEGACD possui uma garra que permite segurar o CD, um mini elevador que é utilizado para movimentar para cima e para baixo a garra do PEGACD, e um trilho para aproximação do elevador à torre dos CD. A garra do PEGACD é movimentada por um motor elétrico de passo (MOTOR1) que pode estar no estado ativo (segurar o CD) ou inativo (soltar o CD). O elevador do PEGACD é movido por um motor elétrico de passo (MOTOR2), ele se encarrega de posicionar a garra na altura da locação do CD na torre. O elevador do PEGACD é montado sobre uma plataforma que se move sobre trilhos. A plataforma é movimentada por um motor elétrico de passo (MOTOR3).



**Figura 3.** O PEGACD

### 4. O SISTEMA DE CONTROLE INTELIGENTE

Para o MOVECD foram desenvolvidas operações gerais de movimentos dos CD. Por exemplo, retirar um CD da sua locação na torre e colocá-lo sobre o topo da torre (TORRE-TOPO), retirar um CD do topo da torre e colocá-lo sobre uma locação na torre (TOPOTORRE). Para ilustrar a operação básica do MOVECD escolheu-se a tarefa de retirar um CD da sua locação na torre e a seguir, colocá-lo sobre a torre (TORRETOPO). Essa operação pode ser feita de três maneiras: 1) sem utilizar o robô POSIÇÃO; 2) o usuário simulando o robô POSIÇÃO; 3) utilizando o robô POSIÇÃO.

Para o SCI inicialmente desenvolveu-se um executivo em tempo real semelhante ao apresentado em Cavalcanti & Alsina (1997), foram implementadas diversas tarefas para se-

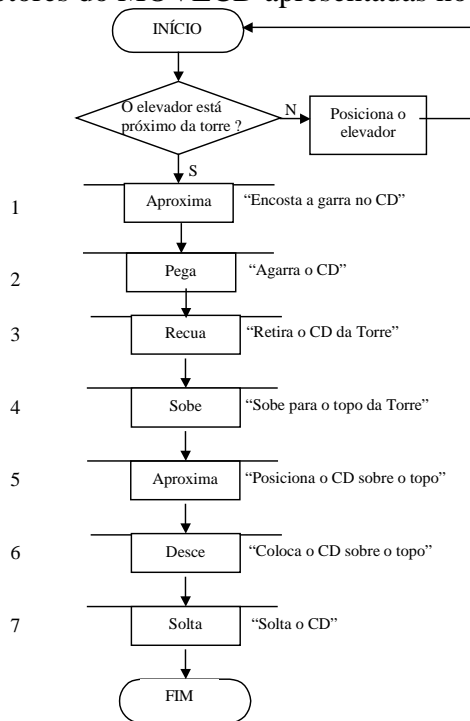
rem executadas em tempo real durante a fase de operação do PEGACD. Algumas tarefas são descritas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Tarefas desenvolvidas para o MOVECD

Nome	Descrição da Tarefa
MOTOR1(S)	Pega (S=1) ou Solta (S=0) o CD
MOTOR2(S,n)	Sobe (S=1) ou Desce (S=0) a garra n cm
MOTOR3(S,n)	Aproxima (S=1) ou Recua (S=0) o elevador
ESPERA(n)	Espera n segundos pela acomodação do CD.

## 5. O MOVECD SEM O ROBÔ POSIÇÃO

Nessa estratégia de movimento considera-se que não existe o robô POSIÇÃO e a torre de CD permaneceu fixa durante o experimento em tempo real. Inicialmente foram feitos vários testes experimentais, em malha aberta, com o MOVECD. A partir desses testes definiu-se a seqüência de acionamento dos motores do MOVECD apresentadas no fluxograma da figura 4.



**Figura 4.** Operação TORRETOPO

Mesmo utilizando motores de passo nas juntas do robô PEGACD o índice de acerto foi baixíssimo, com um valor abaixo de 10%. A falha no posicionamento deveu-se a construção da garra, folgas nos elos dos motores, etc. A tela de trabalho do MOVECD, apresentada na figura 5, foi obtida durante o posicionamento do CD na operação TORRETOPO. A seqüência de ativação dos motores está apresentada no fluxograma da figura 4. No início da operação a garra deve ser posicionada a 1 cm da torre. Estando posicionada, confirmada pela pergunta “O elevador está próximo da torre?”, é iniciada a operação TORRETOPO descrita no fluxograma da figura 4. Cada etapa da figura 4 está representada na figura 5 numeradas de 1 a 7.

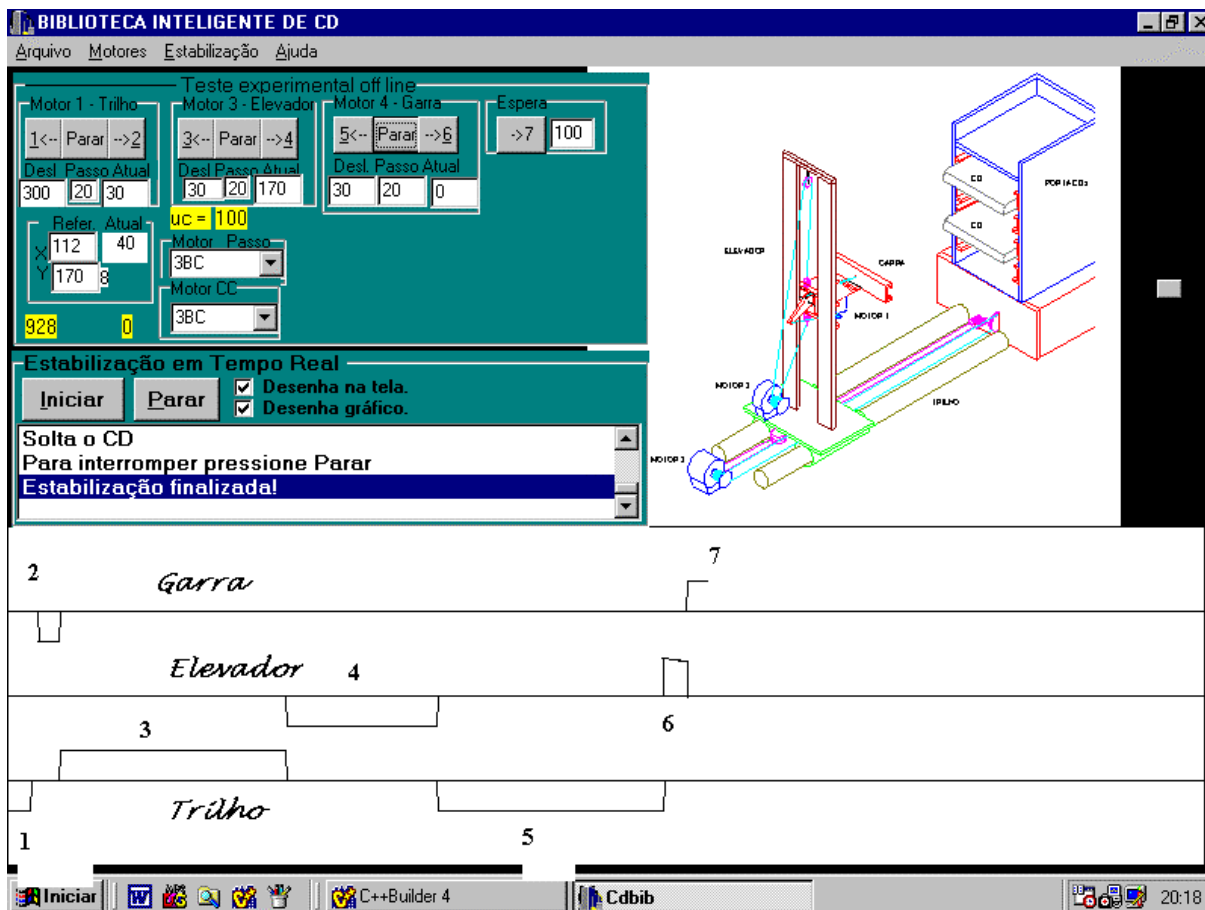


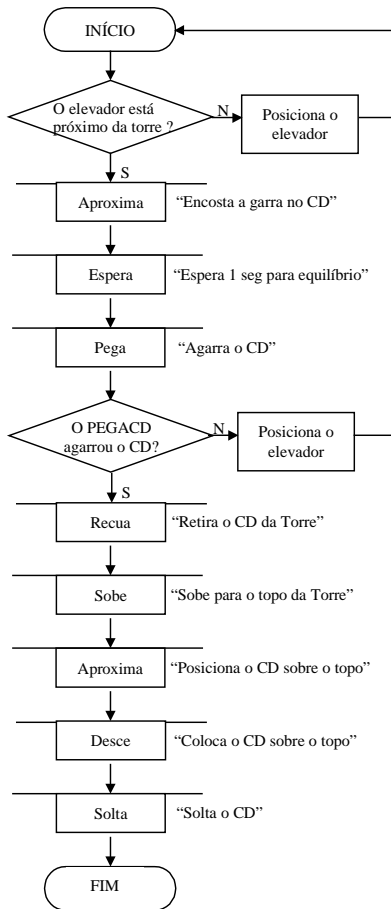
Figura 5. Tela principal obtida na operação TORRETOPO com torre fixa

## 6. O MOVECD COM O USUÁRIO SIMULANDO O ROBÔ POSIÇÃO

A estratégia de manipulação dos CD que utiliza a mão do usuário exige a cooperação “offline” entre o PEGACD e o operador. Essa característica de operação exigiu o desenvolvimento de um Sistema Controle Inteligente Híbrido (SCIH) que opera em tempo real e “off line”. O fluxograma da figura 6 ilustra o funcionamento do SCIH. A comunicação entre o SCIH e o usuário (simulando o robô POSIÇÃO) é feita por meio de perguntas e respostas, enquanto que as operações do PEGACD são executadas em tempo real por meio de tarefas.

No início o PEGACD está em repouso, o elevador se encontra próximo (1cm) da torre, a garra está na altura da locação fonte do CD (bloco Início). A seguir, o SCIH pergunta ao usuário se o PEGACD está convenientemente posicionado: se não estiver é ativada a operação de posicionamento do elevador; se estiver, são ativadas as tarefas e a seqüência de movimentos do PEGACD. A tarefa Aproxima é representada pela tarefa MOTOR3(1,1cm) que movimenta o elevador sobre o trilho para a aproximação. A seguir, para esperar o posicionamento correto (equilíbrio dinâmico) da torre -posicionamento feito pelo usuário-, é acionada a tarefa Espera (1s). Estando o elevador corretamente posicionado e a garra encostada ao CD, é acionada a tarefa Pega, que é representada pela tarefa MOTOR1(1). A seguir, mudando de operação em tempo real para operação “offline”, o SCIH pergunta ao usuário se o robô PEGACD agarrou corretamente o CD: se a resposta for não, será ativada a operação para o posicionamento e manipulação correta do CD; se a resposta for sim, o SCIH ativará uma seqüência de tarefas em tempo real para transportar o CD ao topo da torre (seqüência semelhante a já anali-

sada). Os resultados experimentais obtidos nesta estratégia de movimento são semelhantes aos resultados experimentais obtidos na estratégia sem o robô POSIÇÃO cujos resultados estão apresentados na figura 5 (exceto a tarefa Espera). O índice de acerto foi baixo, com um valor em torno de 50% no movimento TORRETOPO com esta estratégia.



**Figura 6.** Operação geral TORRETOPO

## 7. O MOVECD COM OS DOIS ROBÔS

O PEGACD deve retirar um CD da sua locação na torre e a seguir, colocá-lo sobre a torre, e vice-versa. Essas operações devem ser feitas em tempo real e de uma forma cooperante pelos dois manipuladores (PEGACD e POSIÇÃO). Essa característica de operação utiliza um Sistema Controle Inteligente (SCI) que opera totalmente em tempo real. A seqüência de execução e interação entre os dois robôs é semelhante à apresentada no fluxograma da Figura 6 (trocando-se o usuário pelo robô POSIÇÃO). Neste trabalho não foram apresentados os resultados dos testes experimentais da operação conjunta dos dois robôs manipuladores.

## 8. CONCLUSÃO

Apresentou-se o projeto, implementação e resultados experimentais obtidos de um protótipo de robô a ser aplicado numa biblioteca de CD. Apresentaram-se duas novas abordagens de robôs cooperantes, uma que utiliza a interação com o operador e a outra composta de dois robôs que interagem para colocar/retirar CD de uma biblioteca de CD. Apresentou-se o projeto e implementação do protótipo do robô, descrevendo-se o funcionamento do sistema inteligente de controle do MOVECD. Devido a garra que sustenta o CD as operações de colo-

car/retirar CD da sua locação na torre nem sempre foi feito com sucesso com as duas estratégias apresentadas neste trabalho.

Atualmente está sendo testada a estratégia de movimento do MOVECD com os dois robôs manipuladores. No futuro será utilizada uma câmara digital para a visualização dos movimentos do PEGACD. Além disso, está sendo desenvolvida uma nova garra que possibilitará o funcionamento, sem erro de posicionamento, do PEGACD.

## **9. AGRADECIMENTOS**

Agradecemos à FINEP pelo financiamento em parte desta pesquisa. Subprojeto “Construção de um robô para controle de uma biblioteca de robôs”, FINEP/FNDCT/PROGRAMA/BID/CCT/UFPB, referência 1798/98.

## **10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Cavalcanti, J.H.F. & Alsina, P.J., (1997) “Load Exchange Between Two Robots”, Workshop on Intelligent Robotics – WRI’97, Brasília, Pp. 80-88.
- Craig, J.J., (1986) “Introduction to Robotics – Mechanics & Control”, Addison Wesley Publishing Company, USA.
- Groover, M.P. & Weiss, M. & Nagel, R.N. & Oldrey, N.G. (1989) “Robótica”, MacGraw-Hill, São Paulo.
- Fujisawa, Y. & Kosuge, K. (1994), “Manipulator for Man-Robot Cooperation”, Fuzzy Logic Technology and Applications, Ed. Robert Marks II, pp 168-172.
- Osumi, H. & Arai, T. (1994) “Cooperative Control Between Two Position-controlled Manipulators”, Proceedings of 1994 IEEE International Conference On Robotics and Automation, Vol.2, San Diego, California, USA, pp1509-1514.