

Aplicação de Robôs nas Indústrias

Teodiano Freire Bastos Filho
Departamento de Engenharia Elétrica
Universidade Federal do Espírito Santo
Av. Fernando Ferrari, 514
29060-900 Vitória (ES), Brasil

1. Introdução

Os benefícios teóricos de utilizar robôs em uma indústria são numerosos e vão desde o aumento da produtividade, a melhoria e a consistência na qualidade final do produto (a qual também minimiza a necessidade de operações adicionais), a menor demanda de contratação de mão de obra especializada, que é difícil de encontrar, a confiabilidade no processo, a facilidade na programação e uso dos robôs, a operação em ambientes difíceis e perigosos ou em tarefas desagradáveis e repetitivas para o ser humano e, finalmente, a capacidade de trabalho sem descanso por longos períodos.

Entretanto, na prática, a aplicação de robôs na indústria requer uma solução confiável e robusta que desempenhe de forma consistente as funções predeterminadas. Ou seja, ao existir um problema a resolver, este deveria ser resolvido com um êxito próximo a 100%, em 100% do tempo, de tal forma que se tenha a confiança que o sistema robotizado realiza o trabalho para o qual foi designado. Qualquer porcentagem de êxito menor que esta, frequentemente não é aceita.

Indústrias que querem robotizar todos os seus processos, normalmente possuem problemas complexos para resolver, o que implica na necessidade de robôs caros e de alta precisão, que muitas vezes não trabalham como requerido. Na prática, o êxito no uso de robôs é alcançado com a robotização apenas de determinados processos, não de sua totalidade. 100% de soluções para 90% dos problemas normalmente é muito melhor que 90% de solução para 100% dos problemas [1].

Em algumas aplicações os processos alcançam 100% de robotização, tal como na manipulação de materiais diversos, soldagem por resistência por pontos e pintura na indústria automobilística [1]. E esse sucesso não é porque sejam processos simples; pelo contrário, são processos complexos, mas é um bom exemplo da relação custo-benefício, além de substituir a mão de obra humana em um trabalho repetitivo, difícil e, em muitas vezes, de alto risco [2].

2. Robôs Industriais

Desde que a empresa Unimation instalou o primeiro robô industrial em 1961, na atualidade mais de 700.000 robôs são empregados nas indústrias em todo o mundo [9,14, 15].

Os robôs, de acordo com a Associação de Indústrias de Robôs dos Estados Unidos (*Robot Industries Association* - RIA), são "manipuladores reprogramáveis e multifuncionais, projetados para manipular materiais, peças, ferramentas ou dispositivos especializados, através de movimentos variáveis programados para a realização de tarefas diversas" [7].

Com respeito a sua estrutura, um robô é um sistema mecânico, de geometria variada, formada por corpos rígidos, articulados entre si, destinado a sustentar e posicionar/orientar o órgão terminal, que dotado de garra mecânica ou ferramenta especializada, fica em contato direto com o processo. A mobilidade do manipulador é o resultado de uma série de movimentos elementares, independentes entre si, denominados graus de liberdade do robô [3].

2.1 Eixos de um Robô

O braço manipulador de um robô é capaz de se mover para várias posições porque possui uniões ou juntas, também denominadas eixos, que permitem ao manipulador executar tarefas diversas. O movimento da junta de um robô pode ser linear ou rotacional.

O número de juntas de um robô determina seus graus de liberdade; a maioria dos robôs possui de 3 a 6 eixos. Estes eixos podem ser divididos em duas classes: eixo do corpo e eixo da extremidade do robô. Os eixos da base do corpo do robô permitem mover seu órgão terminal para uma determinada posição no espaço. Estes eixos são denominados cintura, ombro e cotovelo (*waist, shoulder e elbow*). Os eixos da extremidade do robô permitem orientar seu órgão terminal e são denominados *roll, pitch e yaw* (fig. 1). Um robô com 6 eixos, sendo 3 para o posicionamento e três para a orientação, é compatível com qualquer tarefa que seja realizada dentro de seu volume de trabalho; com menos de 6 graus de liberdade não se alcançam todos os pontos de um ambiente de trabalho. Um robô com mais de 6 eixos é denominado robô redundante, ou seja, tem mais graus de liberdade do que o mínimo requerido para a execução da tarefa.

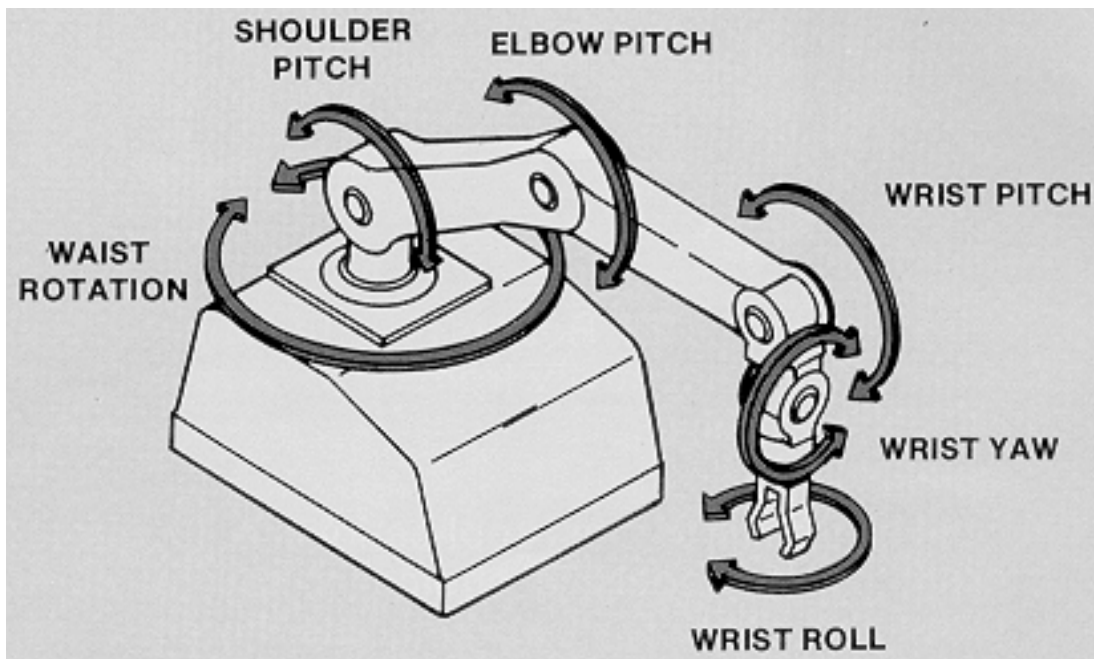


Fig. 1 Eixos de um robô.

2.2 Tipos de Robôs

Os robôs são classificados de acordo com o número de eixos, tipo de controle, tipo de acionamento, e geometria [4].

2.2.1 Geometria do Robô

Os eixos do corpo de um robô podem ser encontrados em várias combinações de configurações rotacionais e lineares, dependendo da aplicação. Estas combinações são denominadas *geometria* do robô.

Existem cinco classes principais de robôs manipuladores, segundo o tipo de juntas (de rotação ou de revolução -R-, ou de translação ou prismáticas -P-), o que permite diferentes possibilidades de posicionamento no volume de trabalho. As cinco classes ou geometrias principais de um robô são: cartesiana, cilíndrica, polar (ou esférica), de revolução (ou articulada) e SCARA (Selective Compliant Articulated Robot for Assembly). Estes estíOs são também denominados *sistemas geométricos coordenados*, posto que descrevem o tipo de movimento que o robô executa.

2.2.1.1 Robô de Coordenadas Cartesianas

O robô de coordenadas cartesianas, ou robô cartesiano (fig. 2), pode se mover em linhas retas, em deslocamentos horizontais e verticais. As coordenadas cartesianas especificam um ponto do espaço em função de sus coordenadas X, e y Z.

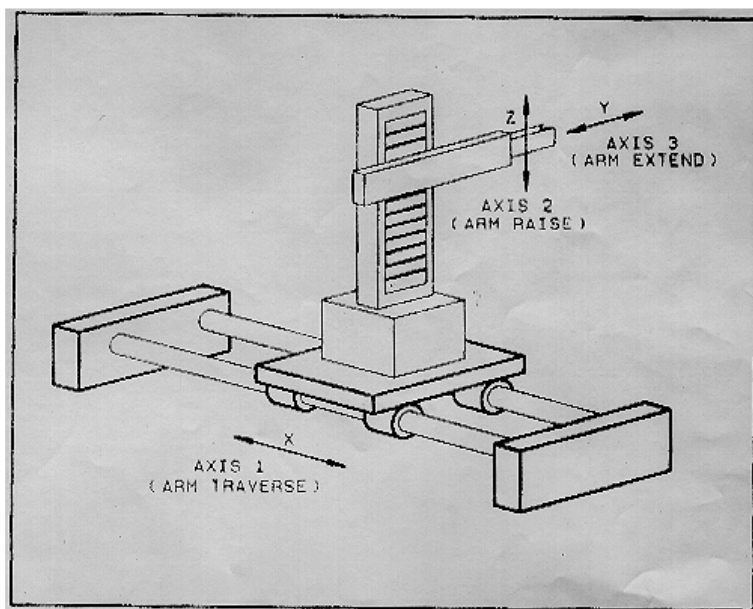


Fig. 2 Eixos de um robô cartesiano (Prismático-Prismático-Prismático, PPP).

2.2.1.2 Robô de Coordenadas Cilíndricas

O robô de coordenadas cilíndricas combina movimentos lineares com movimentos rotacionais. Normalmente, este tipo de robô possui um movimento rotacional na cintura (waist) e dos movimentos lineares (fig. 3); os movimentos destes eixos descrevem um cilindro.

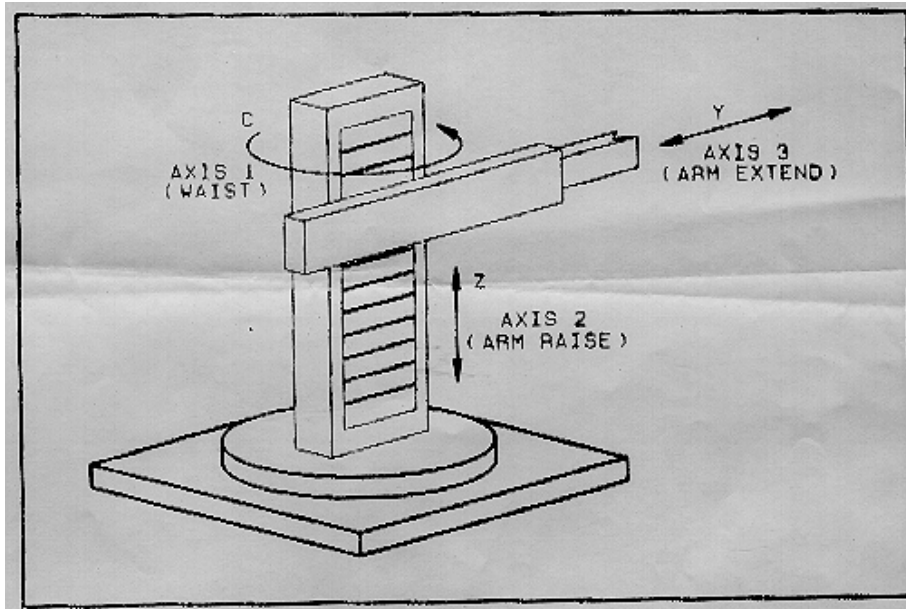


Fig. 3 Eixos de um robô de coordenadas cilíndricas (RPP).

2.2.1.3 Robô de Coordenadas Polares (Esféricas)

O robô de coordenadas polares ou esféricas possui dois movimentos que são rotacionais na cintura e ombro (waist e shoulder) e um terceiro movimento que é linear. Estes três eixos descrevem uma esfera (fig. 4).

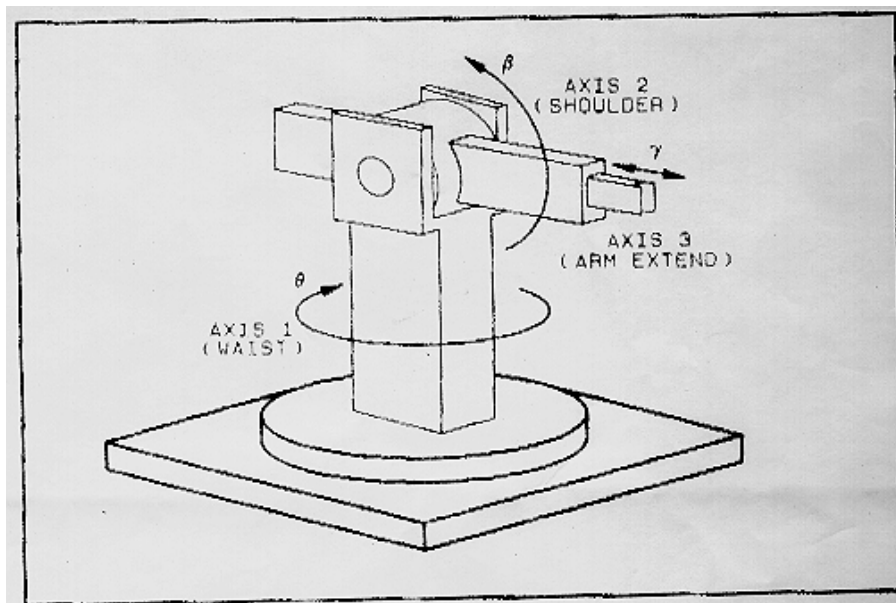


Fig. 4 Eixos de um robô de coordenadas polares ou esféricas (RRP).

2.2.1.4 Robô de Coordenadas de Revolução (Articulado)

O robô de coordenadas de revolução (ou articulado) possui juntas e movimentos que se assemelham aos de um braço humano (fig. 5). O robô PUMA (Programmable Universal Machine for Assembly) é um dos projetos mais populares de robôs articulados e foi projetado inicialmente para cumprir com os requerimentos da indústria automobilística.

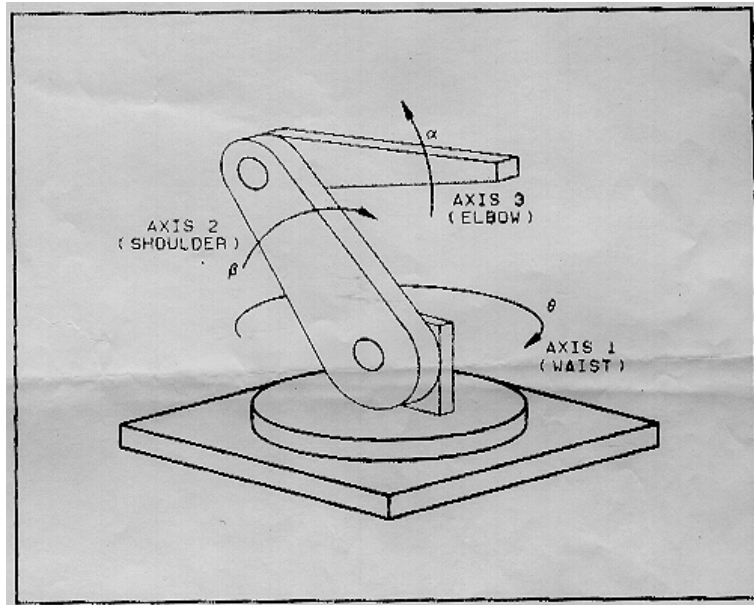


Fig. 5 Eixos de um robô de coordenadas de revolução ou articulado (RRR).

2.2.1.5 Robô SCARA

O robô SCARA é uma configuração recente utilizada para tarefas de montagem, como seu nome sugere. Embora tal configuração possua os mesmos tipos de juntas que uma configuração esférica (Rotacional-Rotacional-Prismática, RRP), ela se diferencia da esférica tanto pela sua aparência quanto pela sua faixa de aplicação. A figura 6 ilustra a estrutura de um robô SCARA.

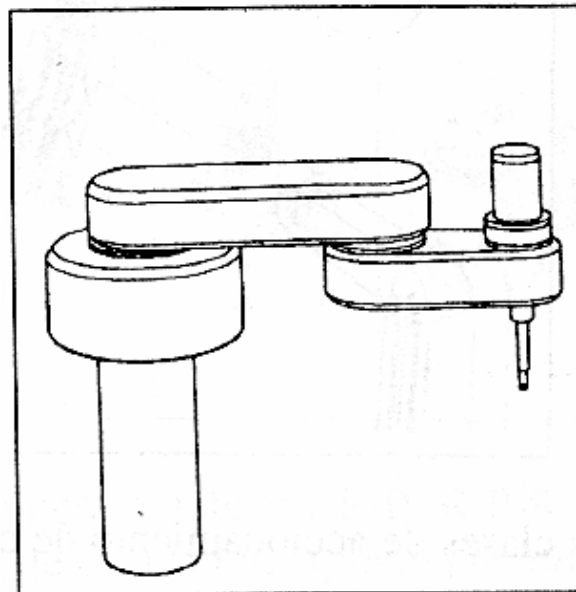


Fig. 6 Eixos de um robô SCARA (RRP).

3. Sensores

O uso de sensores permite que um robô possa obter informação sobre ele mesmo e sobre seu ambiente com a finalidade de realizar a operação para a qual foi destinado, além de poder modificá-la de acordo com tal informação. Os sensores podem ser agrupados em duas categorias principais: sensores internos ou propioceptivos, que fornecem informação sobre as

variáveis do próprio robô, e sensores externos ou exteroceptivos, cujo objetivo é obter informação do ambiente ao redor do robô.

A maior parte dos robôs industriais são robôs convencionais, chamados de robôs de primeiras gerações, que desenvolvem tarefas pré-programadas repetitivas, necessitando unicamente dos sensores internos, situados nas juntas do robô, para a realização da tarefa.

Estes sensores podem ser codificadores óticos (*encoders*) do tipo incremental ou absoluto, sincros, resolvers, potenciômetros multi-volta, tacômetros, etc. Entre estes, os codificadores óticos incrementais estão entre os sensores mais utilizados, devido a seu baixo custo e por proporcionar uma precisão suficiente para a maioria das aplicações. São dispositivos eletromecânicos que convertem a rotação angular do eixo do robô em pulsos de saída na forma de ondas quadradas. Assim, pode-se conhecer o sentido de rotação, a posição e a velocidade de todos os eixos do robô. Este tipo de sensor interno é mostrado na figura 7.

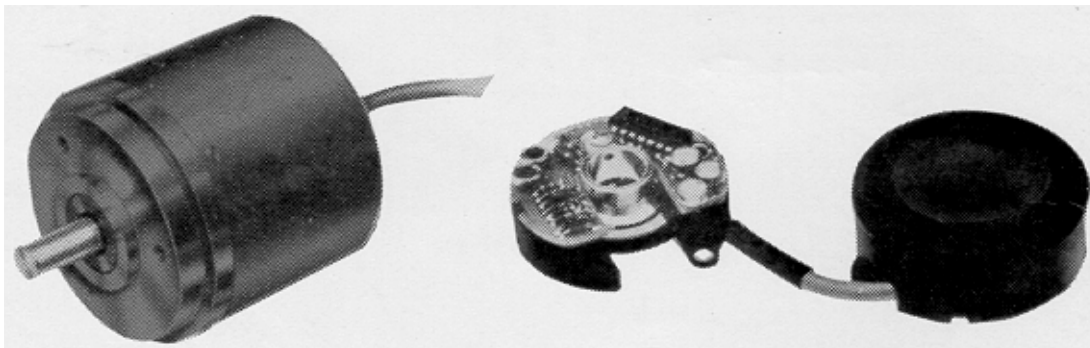


Fig. 7 Codificador ótico (encoder).

Entretanto, embora estes sensores possam proporcionar informação sobre o estado interno do robô, não possuem informação do ambiente externo ao robô. Tal falta de informação do ambiente de trabalho restringe as aplicações a casos particulares onde as peças objeto da tarefa estão posicionadas dentro das tolerâncias operacionais do robô. Este é o caso típico da indústria automobilística, que utiliza soldagem por resistência, onde as peças a processar são extremamente precisas ou apresentam características acomodáticas, o que permite o emprego de sistemas de sujeição para fixar suas dimensões. Entretanto, em várias aplicações de robôs na indústria é difícil realizar um sistema de sujeição eficaz [5].

O aparecimento da nova geração de robôs permitiu interconectar sensores exteroceptivos com o controlador do robô, podendo utilizar tais sensores para obter propriedades relevantes do ambiente, e controlar o sistema na realização da tarefa. O emprego de sensores externos possibilita um controle em malha fechada que permite a realização de aplicações complexas, tais como agarrar objetos aleatoriamente posicionados e orientados, seguir objetos em movimento em um ambiente 3D, realizar a montagem de dispositivos mecânicos, realizar a inspeção/controle de qualidade de peças, efetuar a busca e identificação de objetos, além de se poder ter um controle muito preciso do manipulador [3,6].

Os sensores externos normalmente encontrados nos robôs industriais são sensores de segurança para proteção humana (cortinas de luz, ultra-som, barreiras mecânicas, dispositivos sensíveis a pressão, etc.), sensores de contato, sensores óticos para determinação de distância a obstáculos e reconhecimento de objetos, sensores indutivos, capacitivos, de efeito Hall, ultra-sônicos e laser para determinação de proximidade às peças a manipular.

Um exemplo de sensor de proximidade laser comercial normalmente utilizado em aplicações de soldagem por arco robotizada é o Seampilot, de Oldfeldt (fig. 8). Este sensor utiliza laser de HeNe, de baixa potência, com potência máxima radiada de 1.5 mW. Além de detectar a proximidade às superfícies a soldar, este sensor é capaz de reconstruir a topografia das juntas de soldagem, além de seguir o cordão a soldar, guiando uma tocha de soldagem [13].

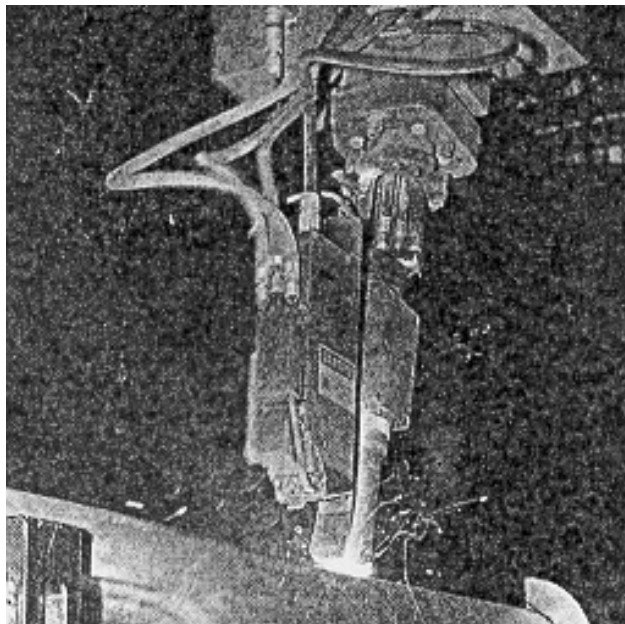


Fig. 8 Sensor laser Seampilot adaptado a uma tocha de soldagem por arco.

Outro exemplo de aplicação comercial de robô com sensoriamento externo é o mostrado na figura 9. Um manipulador industrial de grandes dimensões, desenvolvido por Barnes and Reineke [4], é utilizado para limpar cascos de navios. São utilizados três sensores indutivos para manter a ferramenta de limpeza dentro de uma faixa de 0 a 4 cm do casco.



Fig. 9 Robô limpador de casco de navios que utiliza sensor de proximidade indutivo para manter uma ferramenta de limpeza a uma curta distância do casco do navio.

4. Acionamento e Controle de Robôs

Os eixos de um robô são acionados por atuadores. Um atuador converte algum tipo de energia em movimento mecânico. Os três tipos de energia mais comuns para acionar os atuadores de um robô são:

- Pneumática
- Elétrica
- Hidráulica

Os atuadores hidráulicos possuem alto torque e velocidade de resposta, sendo adequados para atuar sobre cargas pesadas. Entretanto requerem equipamentos periféricos, como bombas, o que implica na necessidade de manutenção frequente, além de gerar grande ruído. Os atuadores pneumáticos são mais baratos e simples, entretanto, não podem ser controlados com precisão. Atualmente os motores elétricos, CA ou CC, são os mais atrativos para ser empregados em robótica, devido a que são mais baratos e silenciosos [7].

O controle dos atuadores dos robôs normalmente é realizado através de dois métodos: servocontrolados ou não servocontrolados. Um robô não servocontrolado utiliza chaves mecânicas (limit switches) no final do curso de cada eixo tal que o controlador unicamente conhece quando um atuador está em uma das duas posições: iniciando ou finalizando seu movimento. O posicionamento de cada eixo é controlado por paradas mecânicas ajustáveis em lugar de ser pelo controlador. Este tipo de robô é de baixo custo e pode realizar tarefas de sequência fixa ou variável, por exemplo pegar objetos e colocá-los em um determinado lugar (*pick and place*).

Por outro lado, os robôs servocontrolados, ao utilizar sensores internos (ou propioceptivos), podem conhecer a posição na qual se encontra cada eixo, além de sua velocidade. Por sua vez, o controlador pode controlar a quantidade de energia a ser fornecida aos atuadores, com a finalidade de permitir ao robô mover com velocidade variável e parar em qualquer posição. Estes robôs podem realizar tarefas através do modo *playback* (ensino e repetição) ou por programação de alto nível.

A figura 10 mostra os componentes principais de um robô servocontrolado, composto pelo robô, controlador e comando manual. Na figura 11 ilustram-se os componentes de um sistema utilizado em soldagem por arco robotizada. Dois cabos de conexão existente entre o sistema controlador do robô e o robô permitem a alimentação do mesmo e a transmissão de sinais entre ambos. Os principais componentes do controlador são o módulo de controle (computador e software), os dispositivos de manejo de potência, placas de entrada/saída de dados e os periféricos (vídeo, unidade de disco e "comando manual"). O software que controla o robô pode ser digitado diretamente no teclado do módulo de controle, utilizando uma das várias linguagens de programação de robôs (por exemplo, para o PUMA, utiliza-se o VAL II, que também é um sistema operacional) [5].

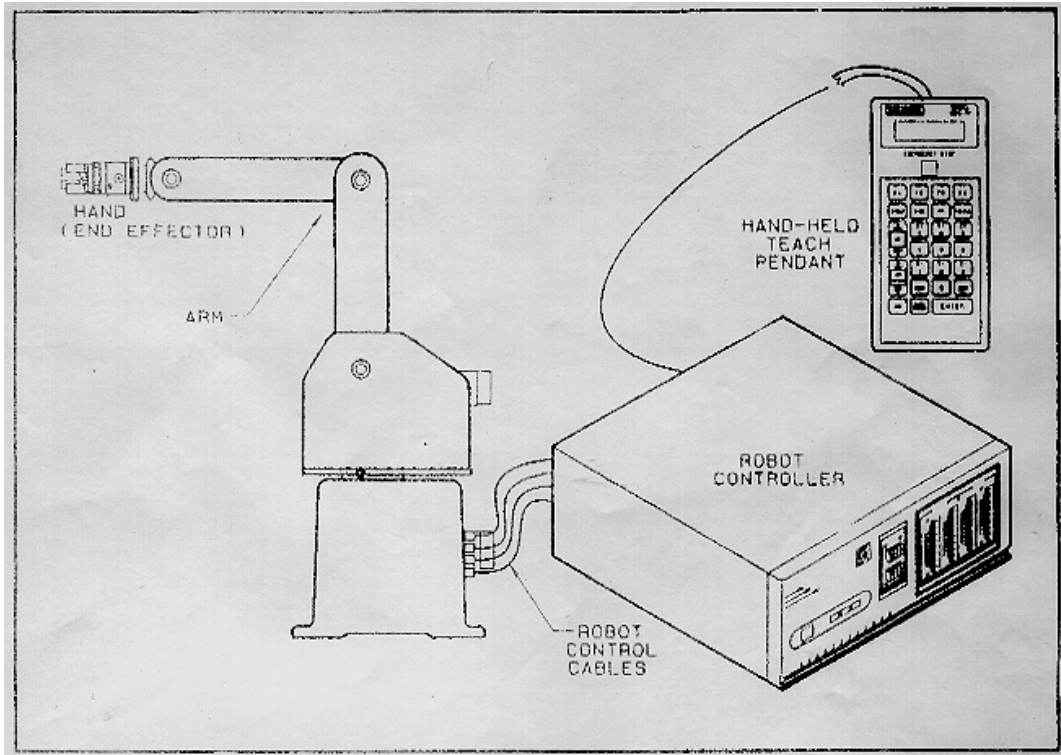


Fig. 10 Componentes básicos de um robô servocontrolado.

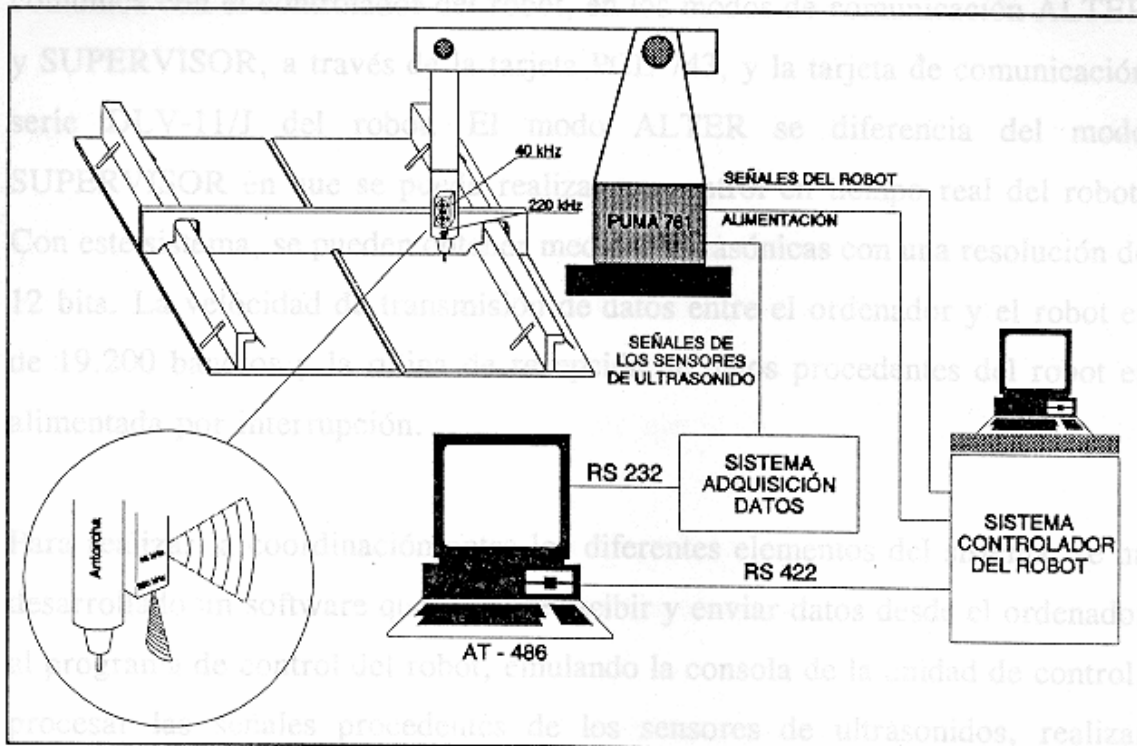


Fig. 11 Componentes de um sistema de soldagem robotizada que utiliza sensores de ultra-som para busca das juntas a soldar, determina a distância às peças e realiza o seguimento do cordão a soldar [5].

4.1 Programação

Para que os robôs possam realizar sua missão, é necessário programá-los. O robô pode executar as tarefas por meio de programas realizados diretamente no computador que controla o robô, utilizando uma das várias linguagens de programação de robôs, ou utilizar o modo "playback" para programá-lo, utilizando o "comando manual" (fig. 12). Este método é utilizado para simplificar a programação dos robôs, pois quando o robô está no modo ensino ("teach"), pode-se mover o robô da forma desejada através das teclas do comando manual. Pode-se também editar programas, selecionar velocidades, mudar parâmetros da tarefa (por exemplo, inserir e/ou apagar parâmetros de soldagem), etc. Uma vez programado, o robô repetirá automaticamente os movimentos entre os pontos gravados. Se um ponto necessita ser corrigido, pode-se executar o programa para atrás passo a passo, alcançar o ponto desejado e corrigi-lo. Assim, o resultado é uma importante economia de tempo.

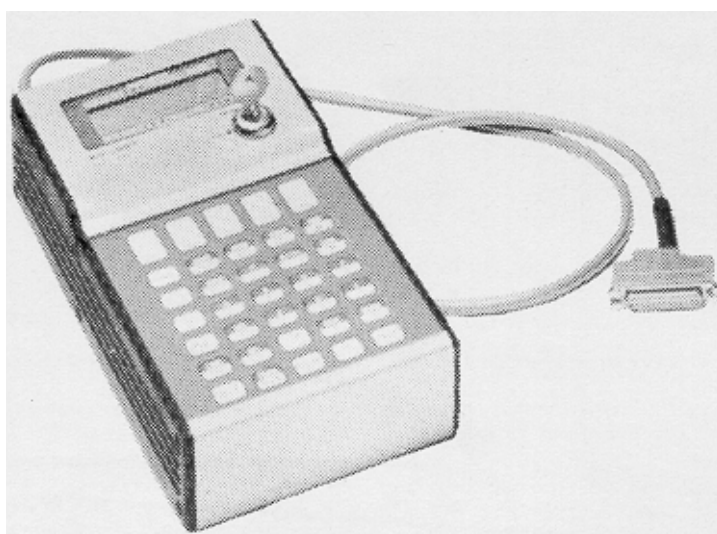


Fig. 12 Aspecto de um comando manual.

Nos últimos anos, a programação dos robôs industriais evoluciona bastante, e atualmente eles também podem ser programados por:

- Voz
- Sistemas gráficos interativos
- Geração de planos de ação
- Realidade virtual, etc.

5. Precisão e Repetibilidade

Dois importantes parâmetros característicos dos robôs são sua precisão e repetibilidade. Por precisão, entende-se a capacidade do robô de ir a uma posição desejada, com respeito a um sistema de referencia fixo (normalmente a base do robô), com um erro determinado (por exemplo ± 1 mm). Trata-se de precisão em posicionamento absoluto.

Por repetibilidade, entende-se a capacidade do robô de, uma vez conhecida e alcançada uma posição, e partindo-se da mesma condição inicial, voltar a ir ("repetir") novamente a tal posição com um erro determinado. A maioria dos manuais dos robôs informa sobre a repetibilidade do robô e não a precisão absoluta, muito mais difícil de obter [3]. Ambos os parâmetros são mostrados na figura 13.

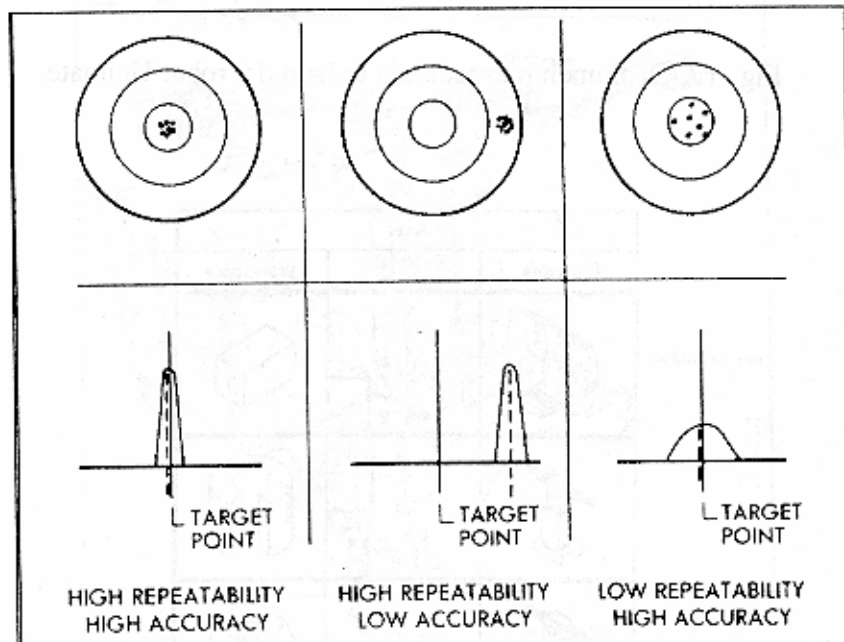


Fig. 13 Ilustração dos conceitos de precisão e repetibilidade.

6. Garras e Ferramentas

Os robôs são projetados para atuar sobre seu ambiente, mas para isto devem ir dotado em seu órgão terminal de:

a) Garras ou mãos mecânicas:

- Com sujeição por pressão
- Com sujeição magnética
- Com sujeição a vácuo
- Com sujeição de peças a temperaturas elevadas
- Resistentes a produtos corrosivos/perigosos
- Dotadas de sensores, etc.

b) Ferramentas especializadas:

- Pistolas pulverizadoras (pintura, metalização)
- Soldagem por resistência por pontos
- Soldagem por arco
- Furadeiras
- Polidoras, etc.

A figura 14 mostra a enorme possibilidade de ferramentas e garras para robôs.

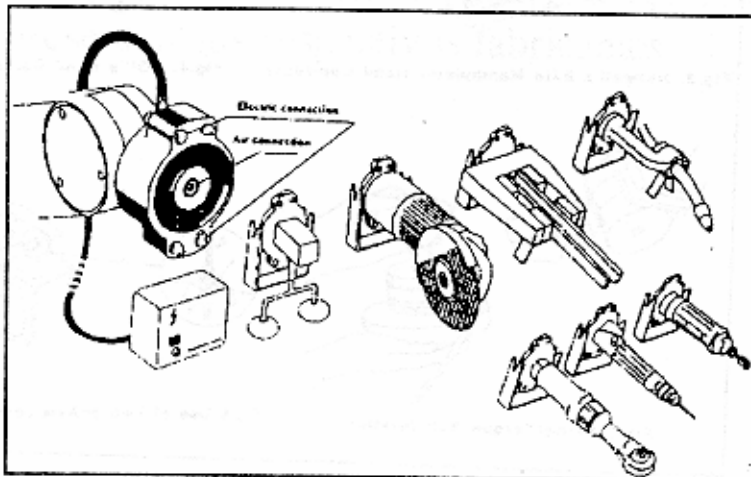


Fig. 14 Diversas ferramentas que podem ser acopladas ao órgão terminal de um robô.

7. Aplicações dos Robôs Industriais

Os robôs industriais têm fundamentalmente dois grandes grupos de aplicações, que obviamente se dividem em vários outros mais, que são [3]:

- a) Manipulação de materiais diversos
- b) Fabricação

Em ambos os casos o robô industrial modifica seu ambiente, seja mudando as peças de lugar, seja criando um ambiente novo mediante a fabricação. Embora não se inclua a montagem de conjuntos mecânicos em tais grupos de aplicações, é evidente que a montagem constitui o topo do desenvolvimento tecnológico na indústria, e é conhecido que na fabricação de um produto a montagem ocupa 53% do tempo, e supõe 22% do trabalho total.

8. Robôs Industriais nas Indústrias do Brasil e do Mundo

De acuerdo com dados da SOBRACON (Sociedade Brasileira de Comando Numérico, Automatização Industrial e Computação Gráfica), em 1995 existiam 550 robôs em operação nas indústrias brasileiras [8]. Dados de 1998 registram 1800 robôs, dos quais 65% estavam instalados na indústria automobilística brasileira [14]. No ano 2000 existiam cerca de 5000 robôs no Brasil [16], um número ainda muito baixo comparado com o de países industrializados (0,6% do total de robôs no mundo). A Asea Brown Boveri (ABB) detém cerca de 33% do mercado brasileiro seguido da FANUC (18%), KUKA (13%) e robôs de outras marcas (36%) [15]. É importante notar o crescimento de aproximadamente 900% no número de robôs nas indústrias brasileiras nos últimos 5 anos, devido principalmente a investimentos privados realizados majoritariamente pelas indústrias automobilísticas [18].

As aplicações dos robôs nas indústrias brasileiras são diversas. Em termos percentuais, por exemplo, os robôs da ABB são utilizados para soldagem por resistência por pontos (33%), manipulação de materiais/paletização (25%), soldagem por arco (18%), pintura (10%) e outras aplicações tais como corte a jato de água, corte por gás, acabamento e montagem (14%) [17].

8.1 Indústria Automobilística

Como mencionado anteriormente, quase 65% dos robôs existentes no Brasil em 1998 encontravam-se na indústria automobilística, sendo utilizados majoritariamente para realizar a soldagem por resistência por pontos. Outras aplicações dos robôs neste tipo de indústria são soldagem por arco, pintura, etc.

Muitos ainda vêem aos robôs como os destruidores de empregos, entretanto, em 1996 a indústria automobilística da Ford, que possuía 120 robôs da ABB e produzia 1.000 carros por dia, teve que "importar" 40 engenheiros ingleses e alemães para trabalhar com os outros 100 brasileiros [11]. Ou seja, tal indústria não gerou desemprego, já que era nova, e tampouco pôde criar mais do que os 100 postos de trabalho criados porque na época não havia no Brasil suficientes profissionais capacitados para operar os robôs.

O índice de automatização da indústria automobilística é de 90% em geral, embora em algumas tarefas de produção se chegue aos 100%. Como exemplo de comparação, o carro japonês Charade Sedan, da Daihatsu, é 80% feito por robôs e 20% por trabalhadores japoneses.

9. Formação de Profissionais em Robótica no Brasil

Com o propósito de criar mão de obra especializada em robótica, existem vários grupos de pesquisa vinculados a Centros de Pesquisa e Universidades brasileiras. Em termos de preparação de mão de obra para atuar em sistemas robotizados, existe o SENAI (Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial) que oferece cursos de formação profissional na área de robótica. Estudantes de nível básico de algumas escolas têm seu primeiro contato com robôs, utilizando kits de robôs em cursos de robótica pedagógica.

A ABB, líder de robôs na Europa e EUA e com 60% do mercado de robôs de Brasil, também contribui para a formação de profissionais nesta área, pois criou o primeiro centro de treinamento em automatização e robótica da América Latina, com aulas teóricas e práticas [10].

10. Perspectivas Futuras

Os principais fatores de crescimento do uso de robôs na indústria é motivada pelo aumento do custo da mão de obra, pelo aumento da produtividade e qualidade, pela melhoria das condições de segurança e qualidade de vida na realização de tarefas perigosas, além da queda do custo dos robôs. Estudos da ABB Robotics [12], mostram que em 1 ano pode-se obter o retorno do investimento realizado em robôs, já que o custo da mão de obra cresce cerca de 5% ao ano, enquanto que o custo dos robôs decresce mais que 5% ao ano. Um robô de soldagem utilizado na indústria automobilística que em 1994 custava US\$ 200.000,00 custa atualmente cerca de US\$ 30.000,00 [14]. É importante destacar que deve-se somar a isto cerca de US\$ 12.000,00 relativos a custos de instalação, configuração, treinamento e testes do robô.

A robótica do futuro constitui uma matéria multidisciplinar, que requer conhecimentos provenientes de diversos campos: projeto mecânico, eletrônica de potência, integração de

grande escala e engenharia de software, e continuará sendo influenciada pelos avanços em acionamentos, controle, mecanismos, programação e sensores [3].

De acordo com alguns pesquisadores [3,7], o desafio tecnológico está na montagem de conjuntos de alto valor agregado, de uma forma econômica e mediante o emprego de sensores diversos. Isto supõe resolver problemas que até hoje não estão completamente resolvidos, como a integração multisensorial, a aprendizagem, o emprego cooperativo de sistemas multi-robôs, a adaptação às condições do ambiente, etc.

11. Referencias Bibliográficas

- [1] Scheinman, V., "Ideas on Implementing Modular Robot Systems", Technical Paper of Advanced Cybernetics Group, Inc., <http://www.advanced-cybernetics.com/bmodula.htm>, obtido em 17/6/1998.
- [2] Nof, S.Y., *Handbook of Industrial Robotics*, John Wiley & Sons, 1985.
- [3] Armada, M.A., *Control de Robots*, XV Curso de Automática en la Industria, Aguadulce (Almería), Junio de 1995.
- [4] *Introducing Robotics*, Technical Specifications of Pegasus II - Articulated Servo Robot System, Edacom Tecnologia, São Caetano do Sul, Brasil
- [5] Bastos, T.F., *Seguimiento y Análisis de Entornos de Soldadura por Arco Automatizada Mediante Ultrasonidos*, Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid, España, 1994.
- [6] Basañez, L., "Multi-Sensor Integration in Robotics", *Workshop on Robotics and CIM*, Lisbon, Portugal, September 13-15, 1989.
- [7] Spong, M.W., Vidyasagar, M., *Robot Dynamics and Control*, John Wiley & Sons, Inc., 1989.
- [8] "Eu, Robô", *Jornal O Globo*, 11/12/95, Rio de Janeiro, Brasil.
- [9] Engelberger, J.F., "Robotics in the 21th Century", *Scientific American*, September 1995.
- [10] "Cresce Uso de Robôs na Indústria Nacional", *Jornal A Tribuna*, 02/01/1997, Vitória, Brasil.
- [11] "Adeus à Lanterna", *IstoÉ*, 27/3/1996.
- [12] "Conceito Empresarial - ABB Robotics", *ABINEE TEC'93*, 1993.
- [13] Delft Instruments Medical Imaging, 835 Sensor System. Template Description, 1990.
- [14] "O Brasil na Era dos Robôs", *Época*, 29/06/1998.
- [15] IFR - International Federation of Robotics, 2000.
- [16] Sales Representatives of Robot Manufacturers in Brazil (ABB, FANUC, KUKA), 2000.
- [17] ABB Internal Report, 2000.
- [18] Romano, Vítor, F., "Brazilian Investments and Applications in Robotics", ASI'2000 & IIMB'2000, Bordeaux, France, 20 September 2000.