

CAPÍTULO 7

SELEÇÃO DE ROBÔS: ALGUNS ASPECTOS

Oswaldo Horikawa, Newton Maruyama
Diolino José dos Santos Filho, Paulo Eigi Miyagi

7.1 - INTRODUÇÃO

Uma decisão sobre a utilização ou não de robôs industriais, está inserido dentro do contexto da análise global de investimentos da empresa. Em última instância, o foco principal da análise de investimentos é o impacto destes sobre a competitividade da empresa. Para tal, foi proposta uma metodologia dividida em três etapas: análise estratégica, reengenharia de processos e análise de investimentos em competitividade. Dentro desse contexto, os robôs industriais estão diretamente relacionados aos diversos fatores de competitividade, espalhados do chão de fábrica aos sistemas gerenciais, tais como, CAE, CAD, CAPP, CNC, SFM, MRPI, TQC, CIM, etc. Neste capítulo, a seleção de robôs é abordada através de uma análise mais localizada, tentando enfatizar os aspectos econômicos e técnicos mais relevantes.

A utilização de robôs no setor industrial é geralmente realizado sob um dentre dois possíveis conjuntos de circunstâncias. O primeiro, se refere a uma nova instalação física e/ou novo processo produtivo. Nessa situação, robôs são incorporados durante o planejamento inicial, permitindo grande flexibilidade nas decisões. O segundo, se refere a uma situação mais comum onde robôs devem ser incorporados a processos ou operações já existentes, freqüentemente por decisão gerencial, visando maior produtividade e/ou qualidade das tarefas. Nessa situação, mudanças ou adaptações no produto, processo, equipamento ou instalação física, que eventualmente podem ser necessárias, são em geral, difíceis de serem acomodadas.

Para assegurar o sucesso em qualquer um dos casos, a incorporação de robôs deve ser abordado de uma maneira sistemática. A implantação de um sistema de produção robótico é melhor realizado num processo com múltiplos passos que envolve não apenas o robô mas também o produto, os equipamentos de produção, o arranjo físico, o escalonamento, o fluxo de materiais, e outros fatores.

Este capítulo foi dividido em duas partes principais. Uma parte dedicada aos macro aspectos, que estão diretamente relacionados a análise de aspectos econômicos, e uma outra dedicada aos micro aspectos na seleção de robôs, que se referem ao projeto detalhado do sistema robotizado. De uma maneira geral, os micro aspectos devem ser analisados inicialmente pois funcionam como pré-requisitos para uma análise econômica detalhada. O processo envolve em geral várias iterações entre micro e macro aspectos para se obter uma solução satisfatória.

7.2 - MACRO ASPECTOS NA SELEÇÃO DE ROBÔS: A ANÁLISE ECONÔMICA DE SISTEMAS ROBOTIZADOS

Estudos sugerem que as empresas devem passar pelas etapas descritas a seguir, até decidirem-se pela introdução de máquinas automáticas de fabricação como máquinas CNC e robôs:

1. Fabricação manual sem definição de metodologia de trabalho;
2. Fabricação manual com metodologia de trabalho definida;
3. Fabricação manual com metodologia de trabalho definida e com estratégias de otimização de processos;
4. Fabricação manual com metodologia de trabalho definida, com estratégias de otimização de processos e introdução de ferramentas computacionais para a automação parcial das tarefas de planejamento, controle e otimização;
5. Fabricação através de máquinas automáticas.

Obviamente, não necessariamente deve-se passar por todas as etapas, já que pode-se iniciar uma nova planta a partir de qualquer etapa. A razão para tal ordem nas etapas, consiste basicamente no volume de investimento, que cresce de (1) para (5). Ou seja, as máquinas automáticas são de elevado custo e devem ser introduzidas num contexto em que há segurança acerca do retorno do investimento. O grande risco na introdução de máquinas automáticas está na sua sub-utilização. É preciso ter em mente que o objetivo de um projeto de robotização não é o de simplesmente reproduzir métodos e sistemas existentes através da troca de pessoas por robôs. O objetivo deve ser sim, o de desenvolver um novo sistema integrado que proporcione os seguintes aspectos:

- flexibilidade;
- maior produtividade;
- menores custos de operação;
- maior qualidade;
- eliminação de problemas que afetam a saúde e a segurança.

Uma avaliação econômica permite comparar os benefícios da automação através da robótica com o sistema atual e demais alternativas. Esta análise se baseia na comparação dos custos de aquisição, adaptação do sistema e operação da instalação robotizada em questão, com os benefícios em caixa. Embora a análise de viabilidade econômica de um projeto de robotização seja similar ao de qualquer outro equipamento, é importante observar que existem algumas diferenças:

- robô pode substituir mão de obra humana;
- robô proporciona flexibilidade para atender às mudanças de mercado;
- robô força a reavaliação do processo produtivo;
- robô é reprogramável, dessa forma, essa flexibilidade proporciona uma longa vida útil dentro do sistema de produção.

A Figura 7.1 descreve as principais etapas a serem cumpridas para uma análise econômica de um projeto de robotização. O processo de análise compreende duas etapas: a análise inicial e a análise detalhada de custo.

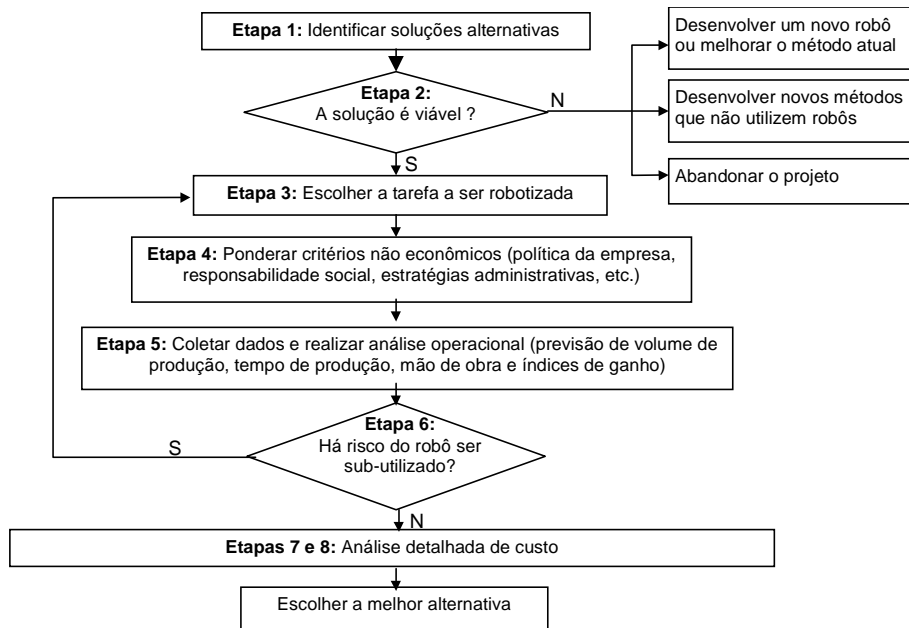


Figura 7.1 - Metodologia para a análise econômica de um projeto de robotização. Adaptação baseada em (Hasegawa, 1985).

7.2.1 - Análise inicial de custo

Etapa 1: Identificação das soluções alternativas

Dentre as três estratégias básicas de fabricação: manual, sistemas flexíveis (robotizados) e automação rígida, deve-se escolher a mais adequada levando-se em consideração uma comparação entre a relação do custo unitário e o volume de produção para cada uma das estratégias (Vide Figura 7.2). Automação flexível e robôs são mais efetivos para volumes médios de produção. Os volumes médios podem variar, dependendo do tipo de produto, entre algumas dezenas ou centenas, até milhares de unidades anuais. Para volumes de produção de centenas de milhares anuais uma automação rígida é em geral mais aconselhável.

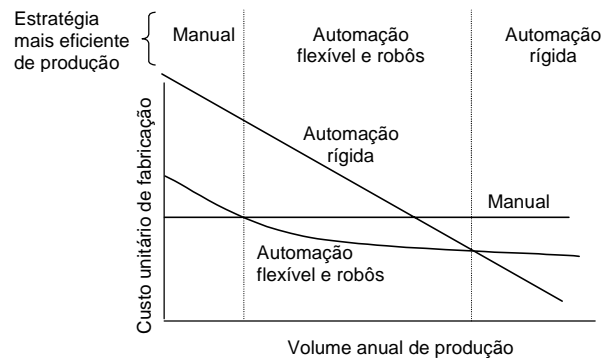


Figura 7.2 - Comparação das estratégias de fabricação para diferentes volumes de produção. Fonte (HASEGAWA, 1985)

Nesta etapa, objetiva-se evitar a utilização equivocada de um robô, como por exemplo, o da atividade ilustrada na Figura 7.3, que consiste apenas na transferência de peças de uma correia à outra. Neste caso, uma alternativa mais racional é a utilização de uma automação rígida, por exemplo, através do uso de um simples cilindro pneumático (Figura 7.3).

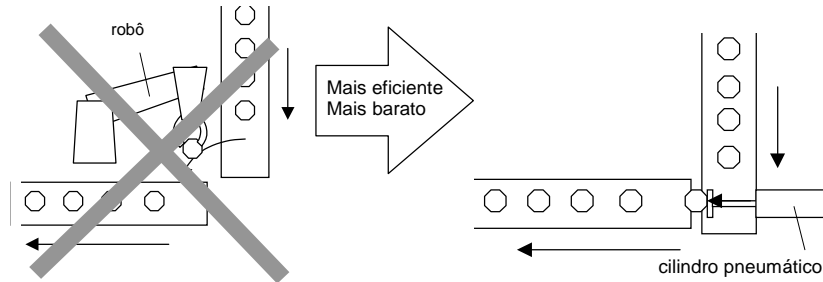


Figura 7.3 - Exemplo onde a aplicação de um robô é claramente inadequada.

Etapa 2: Estudo de viabilidade

Durante o estudo de viabilidade objetiva-se responder as seguintes perguntas:

- É possível executar as tarefas segundo o procedimento planejado, e satisfazendo um determinado lead time?
- É possível assegurar: confiabilidade a todo sistema, segurança e nível de qualidade?
- Existe mão de obra para operar e manter os robôs de forma satisfatória?
- É possível reduzir estoques e manipulação de materiais?
- produto está projetado para ser manipulado ou montado por robôs?

Caso se mostre que a robotização é inviável, é preciso selecionar um outro tipo de robô, aperfeiçoar o robô proposto ou buscar uma outra alternativa onde um robô não seja utilizado.

Etapa 3: Escolha da tarefa a ser robotizada

A identificação da tarefa a ser executada por um robô ou um conjunto de robôs não é uma tarefa simples. Em geral, as seguintes estratégias de agrupamento de tarefas podem ser utilizadas para a escolha de uma tarefa viável:

Componentes pertencendo à mesma família de produtos;

- Produtos, no presente, sendo manufaturados em locais próximos;
- Produtos que possuem componentes similares e que podem compartilhar dispositivos de alimentação;
- Produtos que possuem dimensões similares, pesos similares e número de componentes similares;
- Produtos com projeto simples e que podem ser manufaturados dentro de um ciclo curto de tempo.

Etapa 4: Ponderação de critérios não econômicos

Aqui devem ser ponderados diversos aspectos não econômicos que afetam um projeto de robotização. Por exemplo: a política e filosofia da empresa, políticas administrativas e produtivas, imagem da empresa, efeitos sobre a motivação dos empregados, dentre outros. Também nesta etapa, deve-se ponderar os benefícios intangíveis resultantes das características de robôs, como por exemplo, o fato de robôs poderem ser reutilizados em outras tarefas em futuros projetos.

Etapa 5: Coleta de dados e análise operacional

Aqui deve-se obter os dados que efetivamente serão utilizados na análise econômica. Por exemplo: projeção de volume de produção, produtividade desejada, duração da jornada de trabalho, taxa de ocupação do robô e capacidade desejada de produção, etc.

Etapa 6: Decisões sobre futuras aplicações

A sub-utilização do robô deve ser evitada devido ao seu elevado custo de aquisição e manutenção e baixa capacidade de economia de mão de obra. É preciso também que se pondere aplicações adicionais ou um crescimento futuro da empresa ao avaliar a relação entre custo e benefício da robotização, observando que para uma nova aplicação, é preciso novos acessórios como ferramentas, alimentadores, etc.

7.2.2 - Análise detalhada de custo**Etapa 7:** Avaliação de período, depreciação e exigências fiscais

Se baseado nos seis passos anteriores, é decidido que a robotização é tecnicamente viável e preferido a outras alternativas, uma avaliação econômica detalhada pode ser realizada. A determinação da vida útil (tempo de duração do projeto), levantamento dos impostos envolvidos (bens de capital, lucro etc.) e o cálculo da depreciação são elementos fundamentais desta análise inicial.

Etapa 8: Análise do custo do projeto

A análise de custo do projeto envolve os seguintes aspectos:

Considerações acerca da mão de obra: aqui, deve-se comparar a alternativa de produção manual com a robotizada. Nas últimas duas décadas, nos EUA, o custo da mão de obra cresceu exponencialmente e a tendência é a de um crescimento cada vez mais acentuado (HASEGAWA, 1985). Pelo contrário, o custo por hora de um robô tem se mantido relativamente constante e a tende a continuar dessa forma. É interessante observar que o custo de produção/operação do robô diminui à medida que a população de robôs aumenta. Além da redução na mão de obra, deve-se lembrar também que este efeito esta resulta na redução de gastos com benefícios e facilidades voltados para os empregados (estacionamento, área de lazer, etc.). Obviamente, no Brasil, tais considerações não podem ser facilmente estendidas, já que a utilização mais significativa de robôs é um fenômeno relativamente mais recente.

Custo de aquisição e partida do sistema: são custos como o de: aquisição de robôs, aquisição de acessórios, contratação de engenheiros, programação, instalação, ferramentas, treinamento, além de seguros e fretes.

Despesas de operação: Gastos contínuos com os operadores do robô, suprimento para os alimentadores, ajuste de ferramentas e manutenção.

Observa-se ainda que existe uma tendência crescente para que o custo de eliminação e/ou sucateamento dos equipamentos dentro do contexto de auto-sustentabilidade seja considerado nesta análise.

A análise econômica sobre os aspectos acima listados pode ser analisada por diferentes técnicas, por exemplo: regra do custo mínimo, método da recuperação de investimento, método da taxa de retorno de investimento ou o método do volume admissível de investimento (HASEGAWA, 1985).

7.3 - MICRO ASPECTOS NA SELEÇÃO DE ROBÔS: A ERGONOMIA DE SISTEMAS ROBOTIZADOS

A palavra ergonomia tem origem Grega e possui como significado: “as leis naturais do trabalho”. Tradicionalmente a ergonomia está relacionada com o estudo dos aspectos anatômicos, fisiológicos e psicológicos de ambientes de trabalho, visando a otimização da eficiência, saúde, segurança e conforto associados a sistemas de trabalho. A correta e efetiva introdução de robôs em ambientes industriais pode se valer da utilização de conceitos de ergonomia. Obviamente, deve ser observado que o planejamento do trabalho de robôs traz características totalmente distintas quando comparados à ergonomia do trabalho exclusivamente humano.

Recentemente, algumas técnicas têm sido desenvolvidas para várias aplicações de robôs na indústria. Algumas dessas técnicas possuem bastante similaridades com técnicas tradicionais de ergonomia orientadas ao trabalho humano. O objetivo principal de tais técnicas é o de otimizar o desempenho global do sistema. Especificamente, o trabalho do robô deve estar otimizado para: minimizar o tempo por unidade de trabalho produzido, minimizar o esforço e energia despendido pelos operadores, minimizar o número de perdas e de reusinagem, maximizar a qualidade e maximizar a segurança.

Um procedimento geral para a otimização do trabalho de robôs envolveria inicialmente a análise se um operador humano ou um robô, ou ainda se uma combinação de ambos deve ser empregada para o trabalho. Dentro desse contexto, aborda-se os seguintes aspectos: análise das características do trabalho; planejamento de métodos de trabalho e processos; projeto do arranjo físico; avaliação de desempenho; integração da ergonomia humana e de robôs. A seguir os aspectos citados acima são detalhados.

7.3.1 Análise das características do trabalho

Para essa tarefa, torna-se necessário analisar as características técnicas dos robôs industriais e operadores humanos para realizar a especificação do sistema robotizado. Sob o ponto de vista funcional, robôs e operadores podem assumir papel colaborativo ou serem considerados com papel excludente (ou seja, pode-se optar entre robôs ou operadores humanos para uma determinada tarefa). Não cabe aqui, fazer uma análise detalhada das características robô versus homem, para tal o leitor pode-se referir a (NOF, 1985b).

Para a seleção adequada do robô diversas considerações técnicas devem ser analisadas, por exemplo:

Tipos de Atividades a serem desenvolvidas: especificação do robô quanto à estrutura e número de graus de liberdade. Se as atividades são repetitivas e envolvem um número reduzido de trajetórias (ou pontos), e se além disso, este número não se altera com frequência ao longo do tempo, a melhor solução nem sempre é um robô. Em muitos destes casos, a construção de dispositivos de aplicação específica é mais econômica e por vezes mais eficiente (Vide Figura 7.3).

- Efetuador: seleção do efetuador de acordo com a tarefa a ser realizada (ex: soldagem, pintura, montagem, etc.).
- Volume de Trabalho: especificação do robô quanto ao raio de ação.
- Velocidade de Trabalho: especificação da velocidade de trabalho de acordo com a taxa de produção requerida e outras restrições quanto à integração com outros sub-sistemas.
- Precisão: especificação da rigidez/resolução de posicionamento, de trajetória e de força.
- Carga admissível: especificação da carga máxima admissível considerando as diversas velocidades de trabalho e amplitudes de movimento.

- Programação: especificação dos métodos de programação necessários (programação on-line, programação off-line, simulação gráfica, etc.).
- Interface: especificação dos requisitos de interface com outras máquinas, pessoas, atividades, redes industriais, sistemas supervisórios, etc.
- Custo: especificação do custo máximo admissível incluindo instalação, treinamento, manutenção e sucateamento.
- Fatores Ambientais: especificação dos requisitos de temperatura, limpeza, etc.
- Segurança e confiabilidade: especificação dos requisitos necessários de segurança e confiabilidade.
- Treinamento: especificação do treinamento necessário para operação e manutenção do sistema (hidráulica, pneumática, elétrica, eletrônica, programação, etc.).
- Infraestrutura: tipo de linhas de energia elétrica, rede pneumática, base de montagem, etc. necessários para a operação robotizada.

Na Tabela 7.1, as principais categorias de aplicações de robôs e a razão da sua escolha são enumeradas.

Tabela 7.1 - Principais categorias de aplicação de robôs e a razão de sua utilização.

Fonte: (Meyer, 1985).

Aplicação	Exemplos	Habilidades do robô que justifica o seu uso			Benefícios primários da utilização de robôs			
		Transporte	Manipulação	Sensoriamento	Melhora da qualidade do produto	Aumento de produtividade	Redução de custos	Eliminação de trabalhos perigosos ou desagradáveis
Manipulação de materiais	Manipulação de componentes / Paletização / Transporte / Tratamento térmico.	X					X	X
Carregamento de máquinas	Máquinas de fundição em molde / Prensas Automáticas / Máquinas de usinagem / Tornos.	X	X			X	X	
Pulverizador	Pintura por pulverização / Aplicação de resinas.		X		X		X	X
Soldagem	Soldagem a ponto / Soldagem a arco.		X			X	X	X
Usinagem	Furação / Desbaste / Retífica / Remoção de cavaco / Conformação.		X	X		X	X	
Montagem	Encaixe / Fixação.		X	X		X	X	
Inspeção	Controle de posição / Tolerância.			X	X			

7.3.2 - Planejamento de métodos de trabalho e processos

O método de trabalho determina como recursos limitados como tempo, energia e materiais devem ser utilizados e além disso, é decisivo para a qualidade do produto. Ao contrário do nível macro onde o planejamento está relacionado com o planejamento do processo de produção e do sistema, no nível micro, o planejamento está relacionado com o detalhamento do método de trabalho e do processo. Dentro desse contexto, os seguintes aspectos devem ser considerados:

- Tipo e quantidade de peças, ferramentas e materiais necessários;
- Tipo e quantidade de equipamentos periféricos necessários;
- Tipo e quantidade de operadores (humanos ou robôs) necessários;
- Especificação de tarefas e operações que devem ser realizadas;
- Seqüência e precedência de operações;
- Projeto do arranjo físico;
- Fluxo de trabalho no arranjo físico.

Uma estratégia para o projeto de novos métodos ou para o aperfeiçoamento de métodos existentes compreende sete passos (NADLER, 1981):

- Determinar o propósito do método;
- Conceber métodos ideais;
- Identificar restrições e padrões típicos nas operações;
- Esboçar métodos práticos, usando princípios como os da Tabela 7.2;
- Selecionar o melhor método esboçado avaliando as alternativas utilizando critérios como segurança, aspectos econômicos e controle;
- Formular detalhes do esboço selecionado;
- Analisar o método proposto para aperfeiçoamento posterior.

7.3.3 - Projeto do Arranjo Físico

O melhor arranjo físico é aquele que permite a realização mais eficiente do método de trabalho escolhido. O projeto de um arranjo físico determina, quatro principais características de trabalho:

- A distância dos movimentos que devem ser realizados para cumprir a tarefa designada;
- A quantidade de espaço de armazenamento;
- Os atrasos causados por interferências entre os vários componentes operando no arranjo físico;
- Os sentimentos e atitudes dos operadores em relação ao seu trabalho.

Configurações típicas de arranjo físico são mostrados na Figura 7.4. Na ergonomia tradicional, o arranjo físico é projetado para operadores humanos, dessa forma, a antropometria, a biomecânica e outros fatores devem ser considerados. Em analogia, com relação a arranjo físico para operadores, a dimensão do robô e outras propriedades físicas como as relacionadas na Seção 7.2.1 são determinantes no projeto do arranjo físico, etc.. Adicionalmente, deve-se considerar se as tarefas são variáveis; manipulado por um ou mais robôs; se os recursos são compartilhados por vários robôs; a natureza e o tamanho dos componentes dentro do arranjo físico; e as características das peças que fluem através do arranjo físico. Devido ao fato de todas as operações dos robôs serem controlados via computador, muitos robôs podem ser colocados para interagir para realizar uma tarefa podendo haver até compartilhamento de recursos. Dentro desse ambiente, uma situação particularmente complexa ocorre quando operadores humanos

devem interagir cooperativamente com robôs dentro de uma seqüência rígida de ações. Dessa forma, o arranjo físico pode ser otimizado com relação a disposição dos equipamentos ou para um controle efetivo das operações envolvidas. Diversos estudos recentes descrevem ferramentas e técnicas para auxílio do projeto do arranjo. Muito embora algumas ferramentas sejam voltadas para a construção de modelos matemáticos para avaliação quantitativa, as ferramentas mais simples e práticas se referem a simuladores (com suporte a programação de robôs) que permitem a construção de modelos de simulação gráfica 3D do arranjo físico, por exemplo, o programa WORKSPACE (Robot Simulations, LTD.).

Tabela 7.2 - Princípios para projeto de métodos. Fonte: (NOF, 1985b).

7.3.4 - Medidas de Desempenho:

Uma análise quantitativa do sistema, se faz necessária para todas as etapas, incluindo planejamento, instalação e operação do sistema. Durante as fases de planejamento e de projeto, uma estimativa de desempenho é fundamental para avaliar a viabilidade técnica e econômica do sistema proposto, além de ser um fator fundamental para comparar e selecionar a melhor entre as diversas alternativas. Durante a fase de desenvolvimento e instalação a medida de desempenho serve como uma referência para uma implementação efetiva. Durante a operação regular do sistema, medidas de desempenho são utilizadas para estabelecer e revisar padrões de trabalho, gargalos e conflitos, além de treinar operadores e estimar o custo e a duração de novas ordens de trabalho. Uma outra função vital é a de permitir examinar novos métodos de trabalho, tecnologias e equipamentos que podem ser utilizados para aperfeiçoar, expandir e modernizar operações existentes. Não cabe neste texto examinar com detalhes os métodos e ferramentas para estabelecer medidas de desempenho, maiores detalhes podem ser encontrados em (RAJAN, 1985). Cabe aqui ressaltar, entretanto, que várias ferramentas de simulação, gráficas ou não, permitem gerar análises quantitativas do sistema. Exemplos seriam, PROMODEL (Promodel Corporation), ARENA (Systems Modeling, Inc.), AUTOMOD (Auto Simulation), etc.

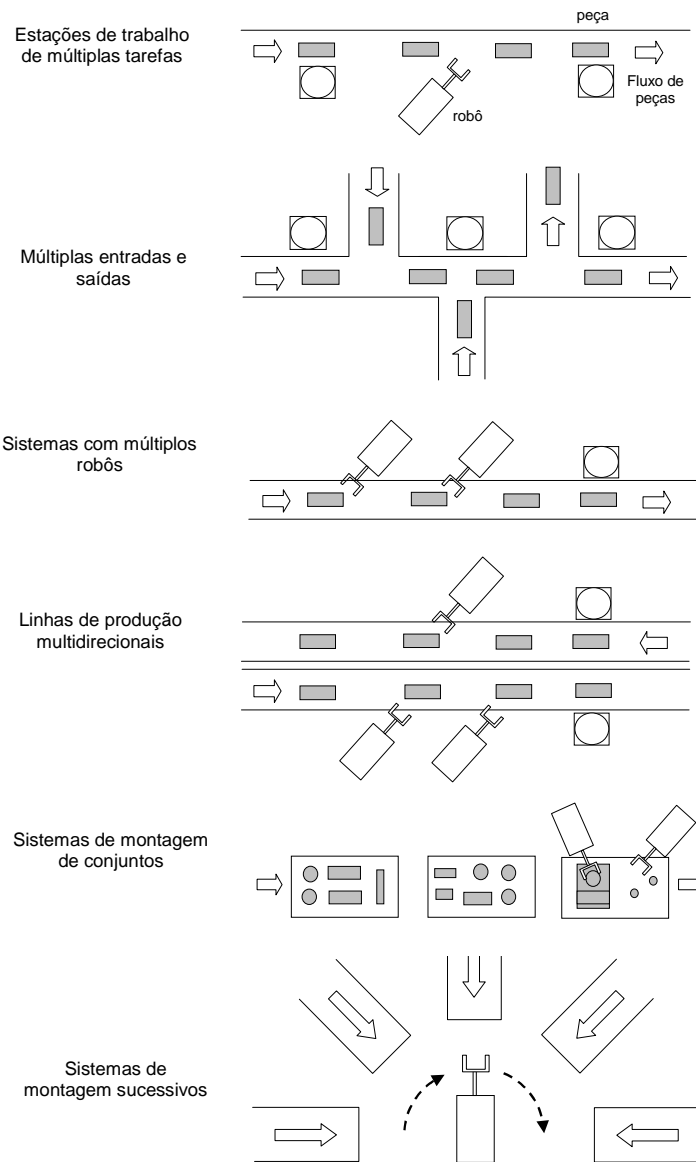
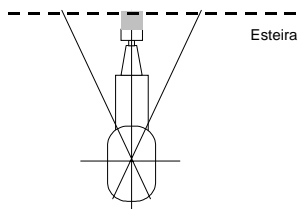


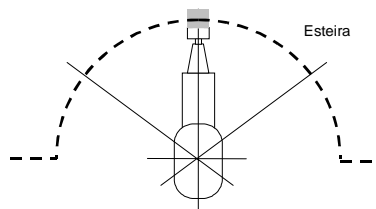
Figura 7.4 (a) - Arranjos físicos típicos enfatizando o fluxo de materiais (NOF, 1985b).

Exemplo 1: configuração de esteira



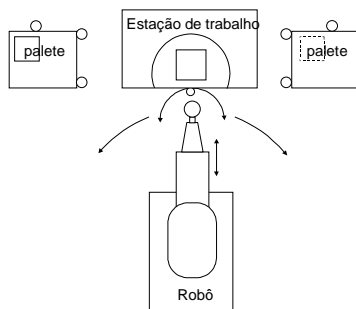
- Esteira retílinea limita o raio de ação do robô.

Exemplo 2: configuração de esteira



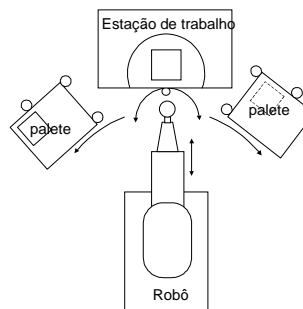
- Esteira curvilínea tirando vantagem do movimento radial do robô.

Exemplo 3



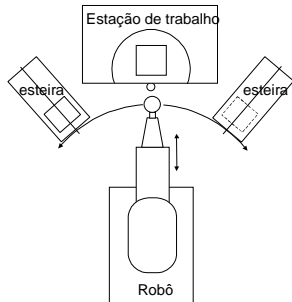
- Requer pelo menos 3 eixos de movimento.
- Movimentos de grande amplitude elevam a complexidade de programação.

Exemplo 4



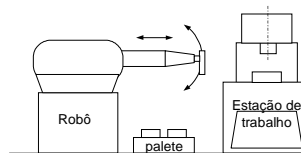
- Requer pelo menos 3 eixos de movimento.
- Movimentos são reduzidos em relação ao exemplo anterior, mas a programação ainda não é simples.

Exemplo 5



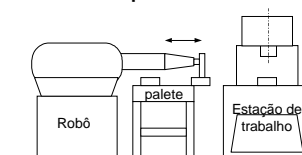
- Requer pelo menos 2 eixos de movimento.
- A programação é mais simples quando comparada aos dois últimos exemplos.

Exemplo 6



- Variação de altura entre a estação de trabalho e a paleta requer eixos adicionais de movimento do robô.
- Esforço de programação cresce com o aumento dos eixos de movimentação.

Exemplo 7



- Exigência menor em relação aos eixos de movimentação.
- Tarefa de programação simplificada.

Figura 7.4 (b) - Exemplos de considerações em projeto de arranjo físico (NOF, 1985b).

7.3.5 - Integração da ergonomia humana e de robôs.

Uma área vital para o estudo de ergonomia é a integração entre operadores humanos e robôs em sistemas de trabalho. Apesar das indústrias historicamente tenderem a separar as atividades dos operadores das atividades dos robôs, principalmente por razões de segurança, existem vários aspectos que devem ser considerados. Exceto em algumas fábricas totalmente automatizadas, operadores sempre trabalham com robôs em diferentes graus de interação. Alguns exemplos de atividades são citadas a seguir:

- Monitoração de robôs;
- Intervenção para inicialização, desligamento, reconfiguração, programação, etc.;
- Manutenção;
- Supervisão: gerenciamento e planejamento;
- Inspeção para controle de qualidade;
- Sinergia entre robôs e operadores e robôs em montagem ou controle supervisão de robôs realizados por operadores.

Em todas as atividades citadas acima, o objetivo é otimizar o desempenho global do sistema. A idéia fundamental é planejar um sistema robotizado com um grau de interação para melhor utilizar as respectivas vantagens de humanos e robôs trabalhando em conjunto. Uma importante corrente de pesquisa em projeto de sistemas de manufatura se refere a sistemas denominados, Sistemas de Automação Balanceados e Sistemas Antropocêntricos de Produção. Nesse contexto, procura-se obter uma perfeita sinergia entre operadores e máquinas visando a construção e operação de sistemas com maior flexibilidade.

As considerações dos fatores humanos no planejamento de sistemas robotizados incluem o projeto do arranjo físico, ambiente de trabalho, treinamento, segurança, planejamento do controle supervisão, etc. Maiores detalhes podem ser encontrados em (CAMARINHA-MATOS, AFSARMANESH, 1995, 1996).

7.4 - CONCLUSÃO

Neste capítulo, alguns aspectos e critérios relacionados a seleção de robôs foram abordados. O sucesso da implantação de sistemas de produção robotizados envolve um processo iterativo de múltiplos passos com foco não apenas sobre o robô mas também sobre o produto, equipamentos de produção, arranjo físico, escalonamento, fluxo de materiais, etc.

O processo de seleção contempla duas partes complementares: uma relacionada a macro aspectos, onde uma análise econômica do sistema robotizado é realizada, e uma outra dedicada a micro aspectos, que contempla diversos aspectos como: análise das características de trabalho, planejamento de métodos de trabalho e processos, projeto do arranjo físico, avaliação de desempenho, integração da ergonomia humana e de robôs, etc.

REFERÊNCIAS

CAMARINHA-MATOS, L.M., AFSARMANESH, H., (eds), *Balanced Automation Systems – Architectures and Design Methods*, Chapman and Hall, London, 1995.

CAMARINHA-MATOS, L.M., AFSARMANESH, H., (eds), *Balanced Automation Systems II – Implementation Challenges for Anthropocentric Manufacturing*, Chapman and Hall, London, 1996.

HASEGAWA, Y. "Evaluation and Economic Justification", In: *Handbook of Industrial Robotics*, Nof, S. Y. (ed), 1 ed., John Wiley & Sons, 1985.

MEYER, J. D., "An Overview of Fabrication and Processing Applications", In: Nof, S. Y. (ed), *Handbook of Industrial Robotics*, 1 ed., New York, John Wiley & Sons, 1985.

NADLER, G., *The Planning and Design Professions: An Operational Theory*, Wiley, New York, 1981.

NOF, S. Y., *Handbook of Industrial Robotics*, 1 ed., New York, John Wiley & Sons, (1985a).

NOF, S. Y., "Robot Ergonomics: Optimizing Robot Work", in: *Handbook of Industrial Robotics*, Nof, S. Y., 1 ed., John Wiley & Sons, (1985b).

SURIN, R., "Quantitative Techniques for Robotic Systems Analysis", In: *Handbook of Industrial Robotics*, Nof, S. Y. (ed), 1 ed., New York, John Wiley & Sons, 1985.