

Universidade Federal de Santa Catarina
Centro Tecnológico
Engenharia de Controle e Automação Industrial

Acompanhamento da Implantação do Processo de Conformação de Tubos- Passadores por Robôs

*Monografia submetida à Universidade Federal de Santa Catarina
como requisito para a aprovação na disciplina:
EEL 5901: Projeto de Fim de Curso*

Richardi Fonseca

Florianópolis, Janeiro de 1996.

Acompanhamento da Implantação do Processo de Conformação de Tubos-Passadores por Robôs

Richardi Fonseca

Esta monografia foi julgada no contexto da disciplina
EEL 5901: Projeto de Fim de Curso e aprovada na sua forma final
pelo curso de **Engenharia de Controle e Automação Industrial**

Banca Examinadora:

Eng. Diego Luiz Rauber
Orientador empresa

Prof. Dr. Raul Guenther
Orientador do curso

Prof. Augusto Humberto Bruiciapaglia
Responsável pela disciplina e coordenador do curso

Prof. Edson de Pieri, *Avaliador*

Elmo D. Martins, *Debatedor*

Henrique Simas, *Debatedor*

RESUMO

Este relatório apresenta uma visão global da Embraco - Empresa Brasileira de Compressores, e do processo de fabricação de compressores herméticos para refrigeração. O trabalho concentra-se numa parte do processo onde robôs manipuladores realizam o processo de conformação (dobra) de tubos de cobre.

ABSTRACT

This work introduce a global vision of EMBRACO and the fabrication process of hermetic compression machine for refrigeration. The work concentrate in a part of the process in which manipulator robots realize the conformation process of tubes.

AGRADECIMENTOS

Cabem os sinceros agradecimentos, a todas as pessoas que de forma direta ou indireta contribuíram para a realização deste estágio.

Agradeço a todos os professores que contribuíram para minha formação, em especial ao Prof. Dr. Arno Bollmann pelos conhecimentos a mim passados e por sua amizade.

Ao LASHIP - Sistemas Hidráulicos e Pneumáticos pelo aprendizado e amizades conseguidas.

Em especial a meus pais, José Carlos Fonseca e Alcezonir T. S. Fonseca, pelo amor e compreensão. A minha irmã Taihanes Fonseca pelo carinho e amor dispensados. A Eliza Rosso minha namorada e amiga.

Agradeço a Deus por permitir tamanha vitória.

Aos meus avós Clemente B. dos Santos e Ely S. dos Santos, demais familiares e amigos, meu muito obrigado.

Sumário

<i>Capítulo I - Introdução</i>	07
<hr/>	
<i>Capítulo II - A Embraco</i>	09
<hr/>	
2.1 - Histórico	09
2.2 - Missão Embraco	10
2.3 - Política da Qualidade	11
2.4 - Piloto Fábrica II	11
<i>Capítulo III - O Compressor Hermético</i>	13
<hr/>	
3.1. Breve Histórico	13
3.2. O Compressor Embraco	13
3.2.1. Alguns Componentes do Compressor Embraco	15
3.2.1.1. Componentes externos	15
3.2.1.2. Componentes internos	16
3.3. Aplicabilidade dos Compressores Herméticos	18
3.3.1. Princípio de Refrigeração	18
3.3.2. Circuito Básico de Refrigeração	19
<i>Capítulo IV - As UGB's</i>	20
<hr/>	
4.1. Unidade Gerencial Básica Corpo e Tampa	20
4.2. Unidade Gerencial Básica Usinagem	21
4.3. Unidade Gerencial Básica Motores	21
4.4. Unidade Gerencial Básica Suporte	22

Capítulo V - UGB Montagem	23
5.1 - Descrição da Linha de Montagem	25
Capítulo VI - Processo de Conformação de Tubos-Passadores	29
6.1 - Robôs ABB - Linha de Montagem	29
6.1.1- O Sistema Servo de Controle de Posição e Velocidade dos ABB	30
6.1.2 - Programando Movimentos	31
6.1.3 - Definição de Ferramenta do Robô - TCP	32
6.1.3.1 - Método Indireto para definição de TCP	33
6.2 - Descrição do Processo de Dobra de Tubos-Passadores por Robôs	34
6.3 - Proposta de Alteração no Layout da Linha de Montagem	35
Capítulo VII - Outras Atividades Desempenhadas	39
7.1 - Melhorias na Linha de Vácuo	39
7.2 - Melhorias na Injeção de Nitrogênio	39
Capítulo VIII- Conclusões e Perspectivas	41
Bibliografia	43
ANEXO I	44
ANEXO II	54

Capítulo I - Introdução

Nos últimos anos, devido a globalização dos mercados, muitas indústrias sentiram a necessidade de melhorar seus processos de fabricação. A ênfase no cliente impulsionou grandes investimentos em automação. A necessidade de flexibilização e de redução de custos propôs avanços tecnológicos imensos.

Devido a necessidade de se melhorar a produtividade e qualidade dos produtos, a **Embraco** resolveu implantar uma linha de montagem para seus compressores baseada na tecnologia CIM (computer integrated manufacturing). Os processos repetitivos, perigosos e que exigiam uma grande uniformidade de produção conduziram ao processo de automação.

Seguindo esta linha de desenvolvimento, a **Embraco** tomou a iniciativa de construir em Joinville-SC, uma nova fábrica, baseada em novos conceitos de manufatura.

Esta nova fábrica chamada de Fábrica II surgiu com o intuito de mostrar a possibilidade e a viabilidade de se automatizar o processo de fabricação de compressores herméticos. A linha de montagem da Fábrica II foi planejada e projetada para atender essas necessidades.

Com o propósito de ampliar e melhorar sua linha de compressores, a **Embraco** resolveu inovar e introduzir robôs articulados para flexibilizar o processo de dobra de tubos-passadores (são tubos de aço ou cobre soldados no corpo do compressor, que permite que o fluido refrigerante circule pelo sistema de refrigeração retornando ao compressor), satisfazendo seus clientes quanto a uma maior diversidade nos ângulos desses tubos. O antigo processo de conformação de

tubos-passadores encontrava-se num nível bastante atrasado, pois parte do processo ainda era realizado manualmente.

O sequência do trabalho previa:

- conhecimento da empresa;
- conhecimento do produto e do processo;
- estudo da programação dos robôs ABB
- acompanhamento do "try-out" da segunda linha de montagem do compressor EM;
- e como objetivo principal o de acompanhar a implantação do processo de conformação de tubos-passadores por robôs visando a otimização deste process;

sendo que esta monografia segue mais ou menos esta ordem.

O trabalho esta dividido em oito capítulos: o capítulo II apresenta a Empresa Brasileira de Compressores; o capítulo III descreve, rapidamente, o que é um compressor hermético e suas aplicações; o capítulo IV mostra como está dividida a Fábrica II; o capítulo V descreve sucintamente o processo de montagem do compressor **Embraco**. O sexto capítulo apresenta o processo de dobra de tubos-passadores e algumas propostas de melhorias para este processo, principalmente, quanto a alteração de *layout* da linha de montagem; o capítulo VII apresenta outros trabalhos que também foram desenvolvidos no decorrer do estágio e no último capítulo as conclusões gerais sobre o estágio.

Capítulo II - A Embraco

2.1 - Histórico

A **Embraco**, Empresa Brasileira de Compressores, foi fundada em março de 1971, em Joinville - Santa Catarina com a principal preocupação de fabricar compressores herméticos para refrigeração. Naquela época os compressores herméticos utilizados no Brasil eram importados e a **Embraco** surgia como uma alternativa a importação. Em novembro do mesmo ano a **Embraco** fechou convênio com a DANFOSS, fabricante dinamarquesa de compressores herméticos, para montar no Brasil compressores do tipo PW. Em 1977 o controle acionário da **Embraco** passou as mãos do grupo **BRASMOTOR**, que redefiniu objetivos mais ambiciosos para a empresa:

"Tornar-se competitiva a nível mundial e ser um dos líderes do setor antes do início do século 21".

Em 1978 os componentes mecânicos dos compressores PW, que eram importados, começaram a ser fabricados pela **Embraco**. Em 1979 começaram as exportações para os E.U.A. e Canadá. A partir de 1981 começa a produção de um novo compressor de alta eficiência, também desenvolvido pela DANFOSS, batizado de FF. Engenheiros e técnicos foram, então, enviados à Dinamarca para um aperfeiçoamento da mão de obra. Com este novo salto, a empresa passou a investir maciçamente em pesquisa e desenvolvimento de tecnologia e em recursos humanos. Foram iniciadas parcerias com universidades, centro de pesquisa e, também, foi criado na própria empresa um centro de desenvolvimento de compressores.

No ano de 1993, a **Embraco** comprou a empresa italiana ASPERA, fabricante de compressores, na cidade de Riva Preso del Chieri que passou a ser chamada de **Embraco EUROPA**. Esta unidade possui cerca de 1.800 funcionários e tem uma capacidade de produção de 5.000.000 (cinco milhões) de compressores por ano. Em 1994 a **Embraco**, instala-se na China com a criação de um *joint-venture* com a empresa Beijing Snowflake Electric Corporation. A nova empresa **Beijing Embraco Company** possui cerca de 1.000 funcionários e uma capacidade de produção de 1.000.000 (um milhão) de compressores por ano.

Crescendo continuamente, a **Embraco** atualmente atende a 70% do mercado nacional e a 12% do mercado mundial. Com uma produção diária de mais de 35.000 (trinta e cinco mil) compressores herméticos, entre os 400 modelos diferentes divididos em 3 famílias PW, FF e EM, sendo este último totalmente desenvolvido na **Embraco**.

Os produtos **Embraco** possuem qualidade homologada por diversos órgãos internacionais de normalização e aprovação de uso destacando-se: o Underwriters Laboratories Inc - U.L., dos E.U.A.; o Canadian Standart Association - C.S.A., do Canadá; e o Instituto Italiano del Marchio di Qualità - I.M.Q., da Itália. Em 1992 a **Embraco** conseguiu a certificação internacional da norma ISO 9001 conferido pelo Bureau Veritas Quality International - B.V.Q.I., da Inglaterra.

2.2 - Missão Embraco

"Até o ano 2000, a **Embraco** será o maior fabricante mundial de compressores herméticos para refrigeração. Teremos um perfil global com fábricas instaladas no país e no exterior.

Seremos líderes em tecnologia de produtos e processos de manufatura, em qualidade e prestação de serviços.

Seremos competitivos em todos os nossos campos de atuação, reconhecidos como fornecedor confiável e preferencial pelos nossos clientes.

Seremos identificados por nossa política de valorização do homem **Embraco** e pela administração eficaz de nossos recursos.

Buscaremos permanentemente a satisfação dos objetivos dos nossos acionistas."

2.3 - Política da Qualidade

"Nosso compromisso é manter a posição de fornecedor confiável de produtos e de serviços de alta qualidade.

A qualidade não se limita a baixos índices de rejeição, mas envolve altos índices tecnológicos, eficiente atendimento aos clientes, suporte técnico e preços competitivos.

Isso depende do esforço coletivo e organizado de cada um dos indivíduos que compõem nossa empresa, de modo a garantir que os produtos e serviços prestados ao cliente estejam de acordo ou excedam suas expectativas."

2.4 - Piloto Fábrica II

Com a necessidade de aumentar a produção de compressores e de reduzir os custos de fabricação, a **Embraco** resolveu iniciar o projeto Fábrica II, projetada para montar somente compressores da família EM. Em 1993, começou a construção da fábrica-piloto e em outubro de 1994 começaram a sair os primeiros compressores.

A Fábrica II implantou uma nova concepção de fabricação, voltada para o produto e não a produção. Isto permitiu um fluxo de materiais simplificado e ágil. Novas

tecnologias e novos conceitos de manufatura foram introduzidos como:

- a ênfase na qualidade;
- redução no lead-time;
- redução de estoques;
- redução do número de operações que não agregam valor ao produto;
- redução de componentes;
- operadores multifuncionais que fazem o controle de qualidade de suas tarefas;
- fabricação celular, etc...

Para isto, a **Embraco** montou uma linha de montagem automatizada e redes de computadores para facilitar o fluxo de informação.

Também foram reduzidos níveis hierárquicos, para facilitar a comunicação. A Fábrica II foi dividida em unidades gerenciais básicas autônomas, as UGB's, descentralizando, assim, as decisões e facilitando a administração.

A implantação do piloto orienta a **Embraco** na busca em tornar-se um fabricante de classe mundial[5].

Capítulo III - O Compressor Hermético

3.1 - Breve Histórico

O primeiro compressor hermético para refrigeração foi fabricado na década de 20 pela General Eletric e mais tarde, passou a ser, também, produzido por outras indústrias. Em 1952 a Danfoss, empresa dinamarquesa, iniciou a produção do compressor PANCAKE que perdurou por mais de dez anos. Este compressor era acionado por um motor de quatro pólos, com capacidade de rotação de até 1450 RPM. O PANCAKE foi substituído pelo modelo PW, também desenvolvido pela Danfoss, que possuía avanços tecnológicos bem mais interessantes.

Posteriormente, outros compressores foram desenvolvidos, como os compressores de alta eficiência da família FF e compressores de menor tamanho como o modelo EM, que foi, totalmente, desenvolvido pela **Embraco** para substituir o modelo PW [1].

3.2 - O Compressor Embraco

O compressor hermético **Embraco** é um conjunto que contém motor elétrico, sistemas auxiliares, de lubrificação e refrigeração e o conjunto de compressão. Este conjunto produz frio devido a um fenômeno físico de compressão e expansão, no qual um gás especial se liqüefaz por compressão e se expande, tornando-se gás novamente retirando calor do ambiente.

A maior parte dos componentes necessários atualmente a montagem dos compressores herméticos **Embraco** é produzida pela própria **Embraco**. Esta verticalização foi adotada como uma das formas de garantir a qualidade total. Paralelamente são

realizados cerca de 1.200 controles por dia nos laboratórios acústico, metalográfico, físico, químico, elétrico e na própria fabricação [2].

Atualmente os compressores **Embraco** dividem-se em três grandes famílias:

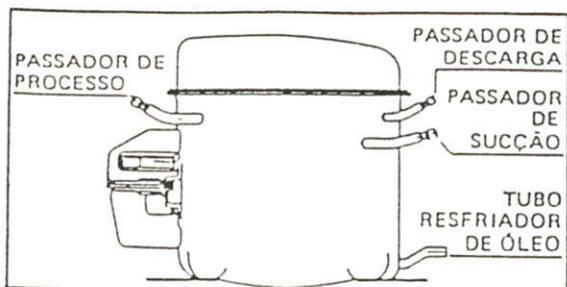


figura 1

- **Família PW:** destinada a refrigeradores de 140 a 420 litros, freezers acima de 270 litros, refrigeradores de água e desumidificadores;

- **Família F:** destinada a refrigeradores de 420 a 900 litros, freezers de 135 a 575 litros, resfriadores de água e desumidificadores. Esta família, que começou com o modelo FF Danfoss, em seus modelos mais recentes incorpora avanços tecnológicos reconhecidos mundialmente;

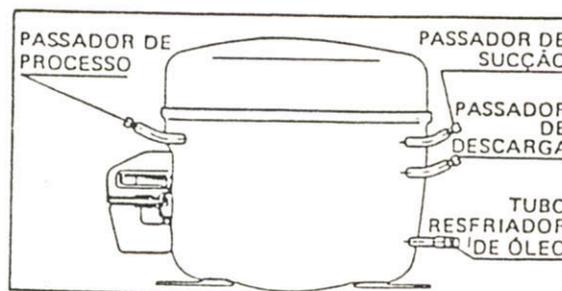


figura 2

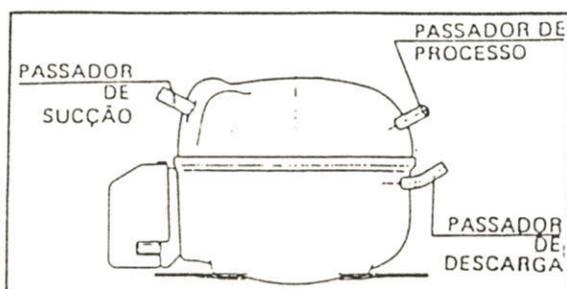


figura 3

- **Família EM:** destinada a refrigeradores de 40 a 420 litros e freezers de 270 litros consiste numa nova concepção de compressores empregando materiais e tecnologia de vanguarda.

3.2.1 - Alguns Componentes do Compressor Embraco

3.2.1.1 - Componentes externos

A estrutura externa de um compressor hermético é composta de um corpo e uma tampa de aço conformado, sendo soldados no corpo: duas placas-base, um terminal hermético e um passador de descarga. Na tampa: os passadores de sucção e de processo.

- **Placa-base:**

As placas-base são soldadas por projeção no corpo e servem para fixação do compressor.

- **Terminal hermético e suporte do relê**

A conexão elétrica entre o interior do compressor e a rede, é feita através do terminal hermético soldado por projeção no corpo do compressor. Os pinos de aço do terminal, que estabelecem o contato elétrico, são fixados por um processo especial de fundição de vidro. O suporte de relê é soldado por solda ponto e serve para fixar a tampa do relê.

- **Tubos-passadores**

Os tubos-passadores são pequenos tubos de aço ou cobre. O compressor **Embraco** possui até quatro tubos-passadores: passador de sucção; passador de descarga; passador de processo; passador de óleo; dependendo do modelo (figuras 1, 2 e 3).

O passador de sucção é ligado ao tubo de sucção do evaporador e o passador de descarga é ligado ao condensador. O passador de processo é utilizado apenas para o abastecimento do refrigerante no sistema de refrigeração.

3.2.1.2 - Componentes internos

O conjunto se divide em dois grupos fundamentais: parte mecânica e parte elétrica.

Parte Mecânica

A parte mecânica pode ser dividida em duas partes: bloco e kit mecânico ou sistema de acionamento:

- **Bloco:** o bloco é um componente de ferro fundido e nele são montados todos os componentes do compressor. Nele são fixadas as molas da suspensão e, no centro, está o mancal para fixação do eixo excêntrico. O motor é montado sob o bloco e os acionamentos são montados sobre o motor.

Sistemas de acionamento

Os compressores **Embraco** utilizam dois tipos básicos de acionamento:

- **Scotch yoke:** este sistema é usado nos modelos da família PW. Consiste de uma guia de cruzeta, eixo excêntrico e pistão. As principais vantagens são a simplicidade de montagem e baixo custo de fabricação. O risco de engripamento no sistema Scotch Yoke é menor que o sistema biela-manivela, pois permite movimentos relativos dos componentes em mais de um plano.

- **Biela-manivela:** o sistema biela-manivela é usado nos modelos EM e FF. Este sistema consiste basicamente de uma biela (bi partida no modelo EM) de um eixo excêntrico e um pistão. As vantagens principais deste sistema são a rapidez de montagem e baixas perdas mecânicas.

Parte elétrica

- **Motor Elétrico:**

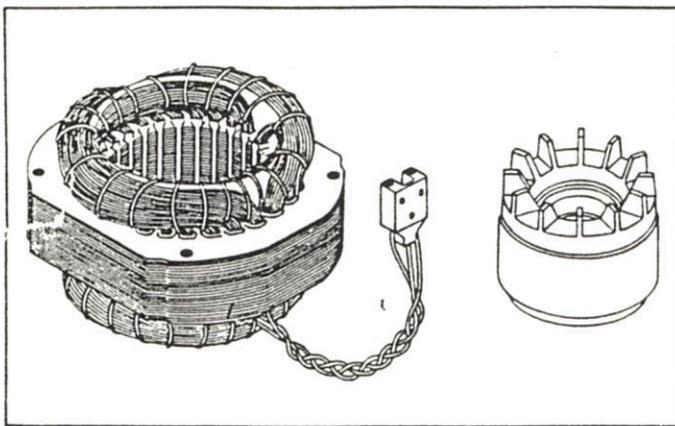


figura 4

O motor elétrico é composto por duas partes: **o rotor e o estator** (figura 4).

O rotor, é a parte móvel, e é fixado diretamente sobre o eixo excêntrico, enquanto que o estator é parafusado no bloco. Os dois são formados por um pacote de lâminas de aço que possuem ranhuras.

Nas ranhuras do estator são introduzidas as bobinas de cobre. No pacote do rotor é fundido alumínio sob pressão, com anéis em curto circuito nas partes superiores e inferiores. No estator encontra-se dois enrolamentos : **o auxiliar e o principal**.

O enrolamento auxiliar é utilizado somente na partida, após a qual o enrolamento principal trabalha sozinho. O enrolamento principal é constituído por um fio de cobre de diâmetro maior e com menor número de espiras , enquanto que o enrolamento auxiliar é de fio mais fino e com maior número de espiras. Para assegurar o controle perfeito do tempo de funcionamento do enrolamento auxiliar, o compressor é dotado

um de relê. O motor utilizado é um motor assíncrono de indução monofásico de dois pólos. Os compressores são fornecidos para serem ligados em corrente alternada de 115 a 220 V com frequência de 50Hz e 60Hz.

3.3 - Aplicabilidade dos Compressores Herméticos

3.3.1 - Princípio da Refrigeração

Colocamos um fluido refrigerante no estado líquido dentro de um balão de gargalo longo num recipiente isolado termicamente. O recipiente possui um furo, na parte superior, de modo que parte do gargalo do balão fique passante. Com a evaporação do líquido refrigerante a temperatura no interior da caixa diminui devido a retirada de calor daquele ambiente pelo refrigerante. Um refrigerador utilizando simplesmente este princípio não teria nenhuma utilidade prática pois o custo de utilização do refrigerante inviabilizaria sua comercialização. Conseqüentemente, pensou-se na necessidade de: **criar uma forma de reutilizar o refrigerante gasto inicialmente.**

O artifício inventado foi o compressor, que quando instalado num circuito fechado, permite o reaproveitamento do refrigerante. Com a descoberta deste princípio físico e posterior invenção do compressor uma revolução na indústria alimentícia ocorreu.

Começaram a produção em grandes quantidades de refrigeradores que, por sua vez, possibilitou um grande avanço para a indústria de alimentos.

3.3.2 - Circuito Básico de Refrigeração

Os quatro componentes básicos dum refrigerador são: compressor ; evaporador ; condensador ; elemento de controle conforme figura 6 e 7. O funcionamento de um refrigerador (figura 8) segue o seguinte processo: o fluido refrigerante é succionado pelo compressor e lançado no circuito de refrigeração sob alta pressão passando pelo condensador seguindo até o evaporador, lá este fluido absorve o calor dos alimentos que se encontram dentro da geladeira atingindo o estado de gás novamente.

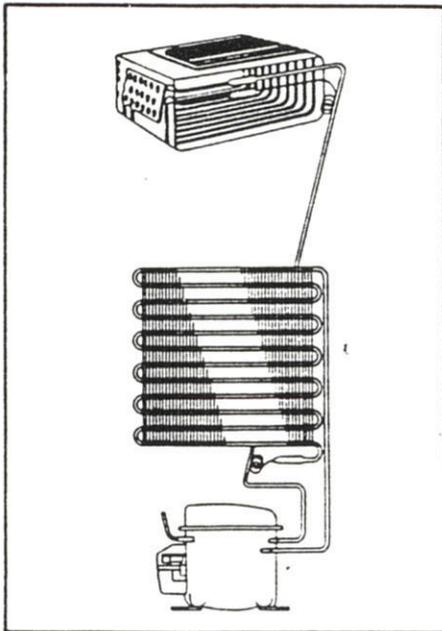


figura 6

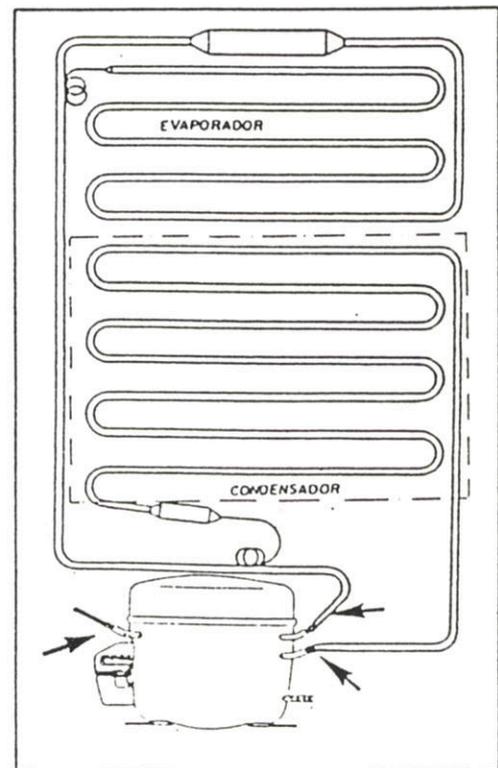


figura 7

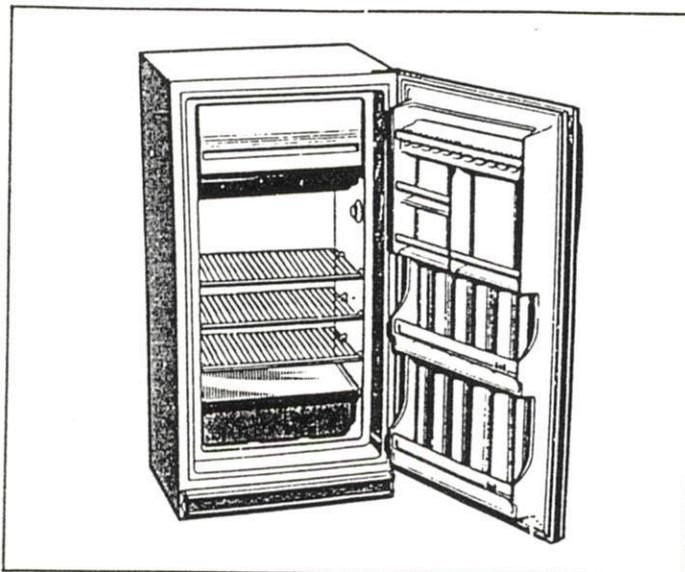


figura 8

Capítulo IV - As UGB's

A Fábrica II implantou um novo sistema de gerenciamento, onde cada unidade é responsável pelo fornecimento de seus produtos à seus clientes. Existem cinco unidades básicas:

- unidade de Corpo & Tampa;
- unidade de Usinagem;
- unidade de Motores;
- unidade de Montagem;
- unidade de Suporte;

4.1 - Unidade Gerencial Básica Corpo & Tampa - UGB C&T

Esta unidade é responsável pela fabricação e abastecimento do corpo e da tampa dos compressores.

O processo de fabricação do corpo, começa com a conformação de uma fita de aço por uma prensa mecânica de 8 estágios. Após a prensagem, o corpo sofre um processo de desengraxe sendo em seguida transportado até a linha de soldagem. Na linha de solda, são soldados o tubo passador de descarga, o terminal hermético, as placas-base e os suportes para as molas.

O processo de fabricação da tampa começa com a estampagem de uma fita de aço por uma prensa hidráulica de seis estágios. Em seguida ela vai para o desengraxe e depois para a linha de solda. Na linha de solda, são colocados os tubos-passadores de processo e sucção. Por último o corpo e tampa passam por uma estufa para secarem. A UGB C&T é

responsável pelo fornecimento de corpo e tampa para a montagem da Fábrica II, sendo o transporte realizado por AGV's.

4.2 - Unidade Gerencial Básica Usinagem - UGB Usg

Esta unidade é responsável pelos seguintes componentes: bloco, eixo, olhal maior, olhal menor, placa-válvula e pistão.

A fabricação do bloco é dividida em duas fases, a primeira fase é a fundição do bloco que é feita na **Fundição Embraco**. A segunda fase é a fase de desbaste e acabamento que é realizada na UGB Usg. O eixo, também é fundido na **Fundição Embraco** e depois é usinado numa linha transfer na UGB Usg. O pistão, o olhal maior e o olhal menor são peças sinterizadas, compradas de um fornecedor externo, que sofrem na UGB Usg, apenas, um processo de fosfatização, para garantir uma maior dureza e proteção contra corrosão. A UGB Usg é responsável pelo abastecimento destes componentes a UGB Montagem.

4.3 - Unidade Gerencial Básica Motores - UGB Mt

Esta unidade é responsável pela fabricação dos motores elétricos dos compressores. Ela é dividida basicamente na produção de estatores e rotores.

A produção de estatores começa com a fabricação de laminas de aço. Estas lâminas sofrem um processo térmico de "azulamento" que lhe proporciona a propriedade física de isolamento galvânico. A construção dos estatores é feita com a formação de pacotes de lâminas e o bobinamento ou enrolamento dos fios é feito automaticamente por máquinas.

A fabricação dos rotores começa com a produção de lâminas em prensas rápidas. Estas lâminas são grampeadas umas

as outras formando blocos vazados de aço. Nestes blocos é injetado alumínio conferindo a forma final do rotor.

4.4 - Unidade Gerencial Básica de Suporte - UGB Sup

Esta unidade é responsável por todo suporte necessário para as demais UGB's. A parte de abastecimento de energia elétrica, de abastecimento de ar comprimido, pelo abastecimento dos gases usados pelas outras UGB's como o Oxigênio, Nitrogênio, Argônio e Gás Carbônico, por toda a manutenção descentralizada dos maquinários e também pelo controle do ambiente da UGB Mg, pois o processo de pré-montagem do compressor necessita de cuidados ambientais como o controle de temperatura e umidade do ar.

O *layout* simplificado das UGB's da Fábrica II é mostrado na figura 9.

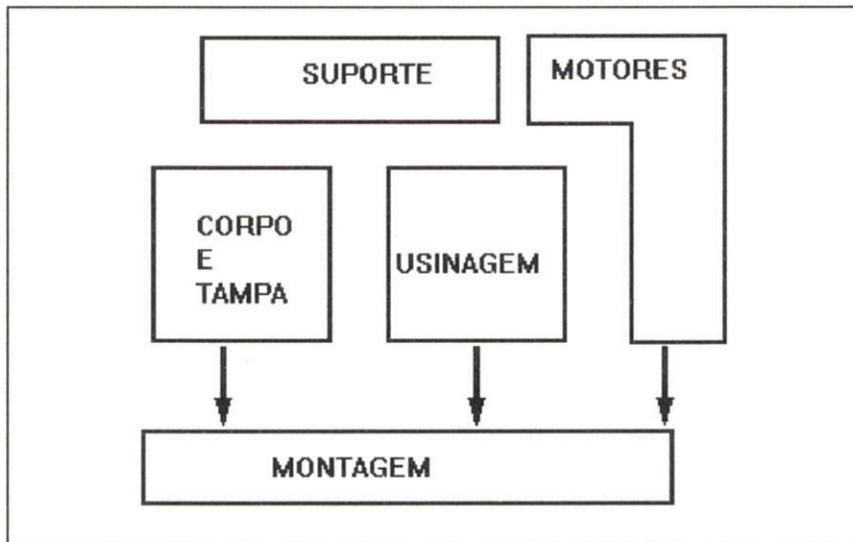


figura 9

Capítulo V - UGB Montagem

Usando a idéia de produção em lotes e da divisão em mini-células de montagem, as linhas da Fábrica II foram divididas em estações de operação. Cada estação realiza uma operação de montagem. O transporte dos componentes entre estações é feito por pallets.

As linhas de montagem da Fábrica II foram especificadas em 1992, o projeto e execução ficou sob responsabilidade da empresa italiana Gefit S.R.L.. Esta empresa foi escolhida porque já havia realizado com sucesso um projeto de automação para a **Embraco**.

Primeiramente, foi montado uma única linha de montagem, que começou a produzir em outubro de 1994. Somente a partir de maio de 1995, que começou a montagem da segunda linha, que só começou a produzir em setembro do mesmo ano.

As linhas de montagem Gefit, são compostas de estações de trabalho que realizam diferentes operações como: brasagem, medições, soldagem, testes de estanqueidade e testes de qualidade, entre outros.

Grande parte dos dispositivos de atuação das linhas usa ar comprimido como fonte de energia.

Outra característica é a presença de inúmeros robôs cartesianos e articulados que são responsáveis por manipulações ao longo da linha. Máquinas de testes como os "machines vision", responsáveis pela verificação e localização correta de peças; painéis para testes de desempenho, que fazem testes de ruído, capacidade, alta tensão e consumo; e máquinas JWFröhlich que testam a estanqueidade do compressor compõem o quadro de maquinários usados para garantir a qualidade.

A linha é dividida em sete partes. Cada parte é controlada por um CLP-controlador programável da Siemens modelo 115. Um microcomputador 486SX que executa um software de supervisão desenvolvido no ambiente LOGOVIEW 32, supervisiona cada CLP. Estes micros estão interligados em por uma rede NOVELL LITE a um microcomputador (HOST) responsável pela coleta de dados de todos os CLP's (figura 10).

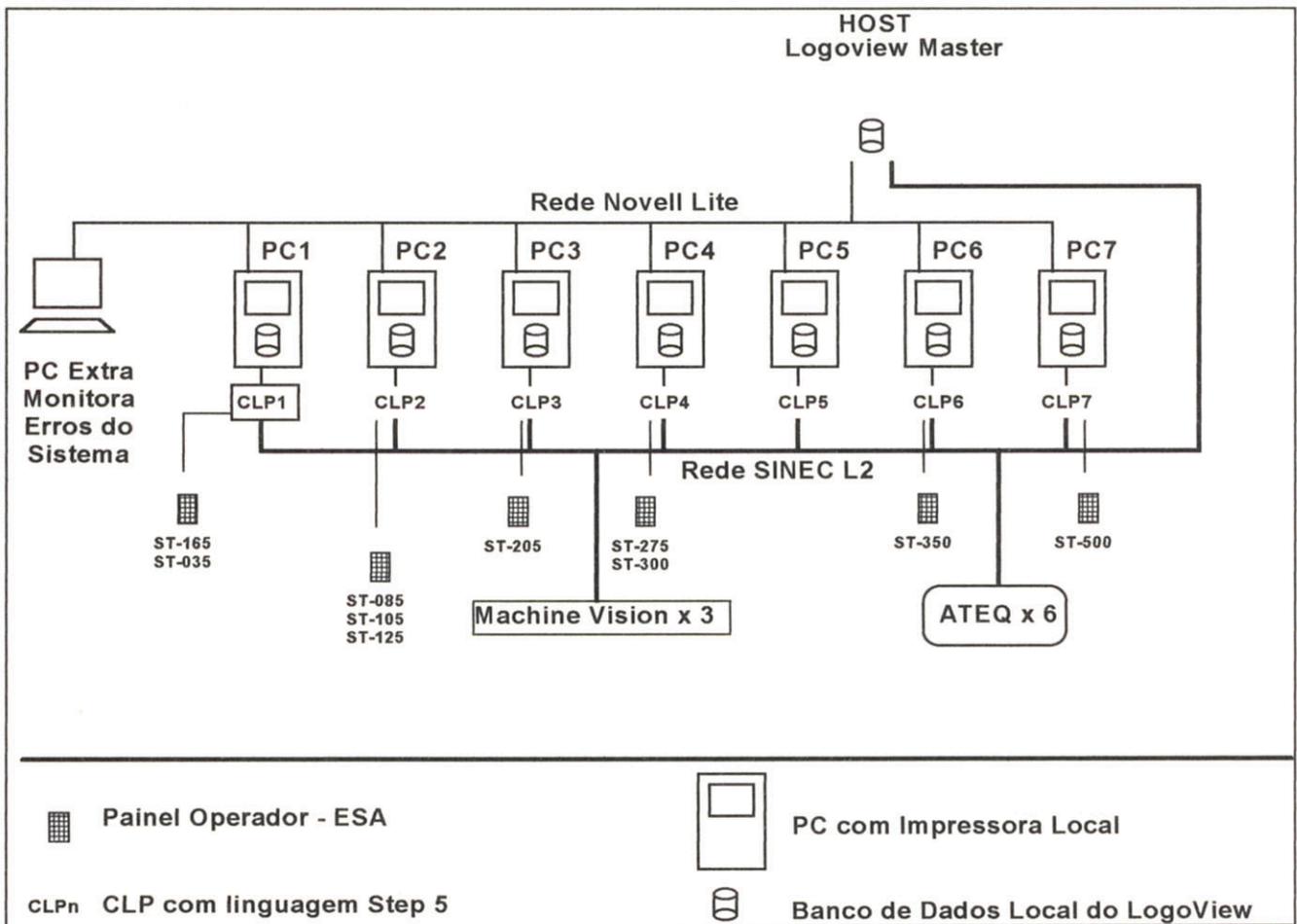


figura 10

5.1 - Descrição da Linha de Montagem

A seqüência de operações para a montagem do compressor é:

1. **Alimentação manual de blocos fundidos e estatores:** esta é a primeira operação realizada. Nesta estação os operadores colocam os blocos fundidos em pallets individuais e os estatores numa esteira. A estação seguinte monta automaticamente os estatores nos blocos colocando automaticamente os parafusos para fixação do estator no bloco;
2. **Medição e seleção eixos:** nesta estação um dispositivo pneumático de vazão realiza a medição do diâmetro interno do furo no bloco e um robô cartesiano realiza a seleção do melhor eixo para aquele bloco.
3. **Medição e seleção de pistões:** nesta estação um dispositivo pneumático de vazão mede o diâmetro do furo do pistão e um robô cartesiano realiza a seleção do pistão para aquele bloco;
4. **Grampeamento automático:** nesta estação o olhal maior é grampeado automaticamente no conjunto olhal-menor/pistão;
5. **Selecionamento da junta e montagem da placa válvula:** nesta estação um robô cartesiano seleciona a junta e monta a placa válvula no kit;
6. **Montagem do rotor:** o rotor do motor é previamente aquecido para se encaixar no eixo, sendo em seguida resfriado;
7. **Alimentação do corpo:** a partir desta estação começa uma nova fase na linha de montagem, pois até agora só foi montando o kit interno do compressor. Nesta estação ocorre

a primeira troca de pallet. Em outro pallet é colocado o corpo externo do compressor. Um dispositivo retira o kit interno de um pallet e o coloca dentro do corpo. Aqui aparece a primeira diferença básica entre as duas linhas de montagem. Na linha 1 o corpo do compressor simplesmente é colocado em um pallet que depois receberá o kit interno. Já na linha 2 o corpo também é alimentado em outro pallet só que agora o tubo passador de descarga que encontra-se no corpo do compressor sofrerá, dependendo do modelo, uma dobra que é realizada por um robô.

8. **Brasagem:** o tubo de descarga é encaixado manualmente no kit e é colocado um anel de prata na junta de encaixe, que será brasada;
9. **Primeiro teste de desempenho:** nesta estação o conjunto já montado sofre o primeiro teste de funcionamento.
10. **Recuperação:** Caso o compressor apresente alguma falha registrado no teste anterior, o compressor sai da linha principal de montagem e vai para uma estação de recuperação retornando, após, para um reteste;
11. **Segunda troca de pallet e colocação de tampa:** nesta estação ocorre a segunda troca de pallet. O compressor sem tampa é colocado no pallet de soldagem e logo em seguida o compressor é tampado.
12. **Soldagem:** nestas estações ocorre a soldagem do compressor. O processo de soldagem é realizado por robôs manipuladores com seis graus de liberdade. A solda usada é a solda MIG/MAG. A adição de material ocorre por curto-circuito e por spray num processo misto. Após a soldagem do compressor aparece outra diferença entre linha 1 e linha 2, é que na

linha 2 para tornar-se mais flexível foi colocado um robô que executara a dobra dos tubos-passadores de sucção.

13. Teste de estanqueidade da linha 1: este é o segundo teste realizado no processo de montagem. Após a soldagem o compressor já está praticamente pronto faltando apenas a pintura. Este teste consiste em pressurizar o compressor a uma pressão de 18 bar com uma mistura de gás hélio e ar comprimido seco. O compressor é colocado numa câmara de vácuo onde é verificada a estanqueidade do compressor através de um espectrometro de massa que detecta a quantidade de gás hélio que escapou.

14. Teste de estanqueidade da linha 2: na linha dois este teste é realizado de forma mais simples. O compressor é pressurizado a uma pressão de 15 bar. Este é submerso num tanque d'água a temperatura de 40 graus Celsius e visualmente é detectado qualquer tipo de vazamento.

15. Marcação de placa base: após a aprovação no teste de estanqueidade o compressor recebe um código binário na sua base que vai indentificar o modelo, data e turno de fabricação;

16. Pintura: o processo de pintura dos compressores ocorre por imersão. Os compressores são pendurados manualmente numa "gancheira" e encaminhados para o banho de imersão. A pintura realizada é a pintura eletroforetica.

17. Etiquetadora: após a pintura os compressores são retirados manualmente da gancheira e recolocados em pallets na linha de montagem. Um leitor automático identifica qual o código binário do compressor que então recebe uma etiqueta com as informações referentes àquele código.

18. **Segundo teste de desempenho:** antes de ser despachado todos os compressores sofrem um teste para verificar seu funcionamento e segurança. Uma voltagem de 1800 Volts é colocada no compressor e é verificada sua fuga de corrente. Este teste é realizado para garantir segurança ao cliente contra eventuais choques.

Capítulo VI- O Processo de Conformação de Tubos-Passadores

O processo de conformação ou dobra dos tubos-passadores existe para satisfazer os muitos modelos de refrigeradores e "freezers" que os compressores **Embraco** equipam.

Com a solicitação por parte dos clientes de novos ângulos para os tubos-passadores, a **Embraco** resolveu implantar na própria linha de montagem robôs para efetuar tal tarefa.

Os compressores **Embraco** da família **EM** usam dois tipos de metais em seus tubos-passadores, o aço e o cobre. Os compressores com tubos-passadores de aço não apresentam grandes variações em seus ângulos, porque o aço é de difícil conformação, em compensação, os compressores com tubos-passadores de cobre permitem vários ângulos, devido a maior maleabilidade do cobre.

O processo de dobra dos tubos-passadores de aço, é realizado na unidade de Corpo e Tampa por um dispositivo pneumático, enquanto que a dobra dos tubos-passadores de cobre, que antes era realizada pelo mesmo dispositivo, passou a ser feita por robôs na linha de montagem. A utilização desses robôs é para flexibilizar o processo, com a intenção de atender as solicitações de seus clientes.

6.1 - Robôs ABB - Linha de Montagem

Foi implantado na linha de montagem da Fábrica II, robôs manipuladores para realizar a operação de dobra de tubos-passadores. Os robôs adquiridos são robôs articulados

- um fly-by-point ou ponto-de-flutuação, isto é, num trajeto fechado do robô as posições intermediárias não são pontos de parada e sim pontos de flutuação onde o robô apenas se aproxima deste pontos sem parar nestes (figura 13).

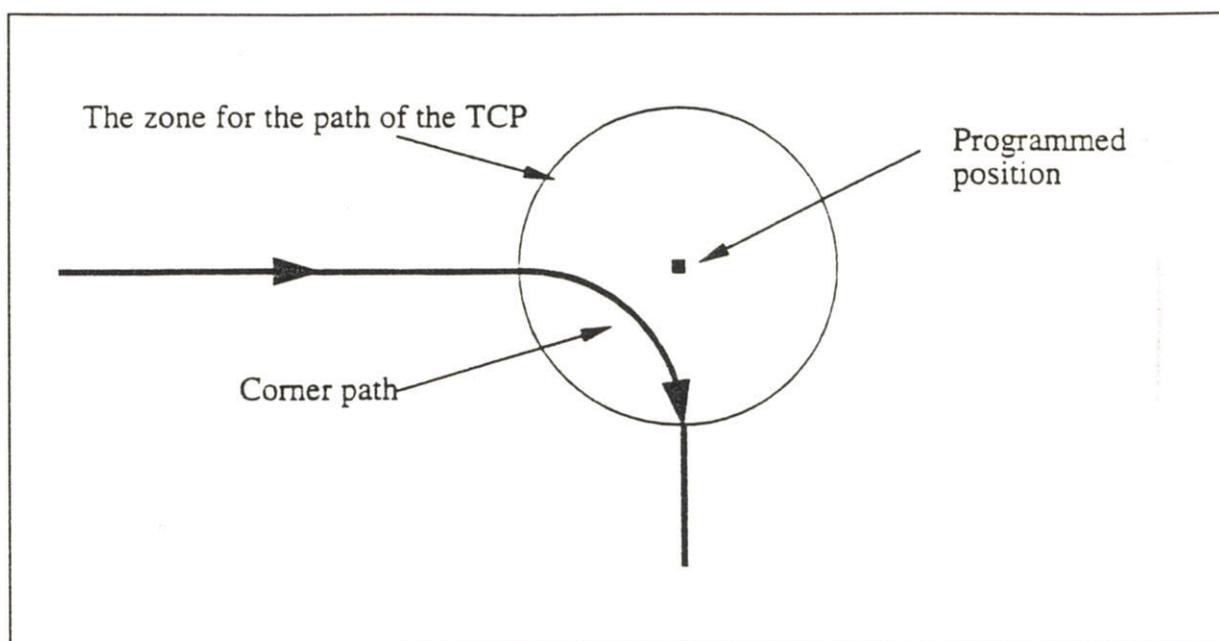


figura 13

6.1.3 - Definição de Ferramenta do Robô

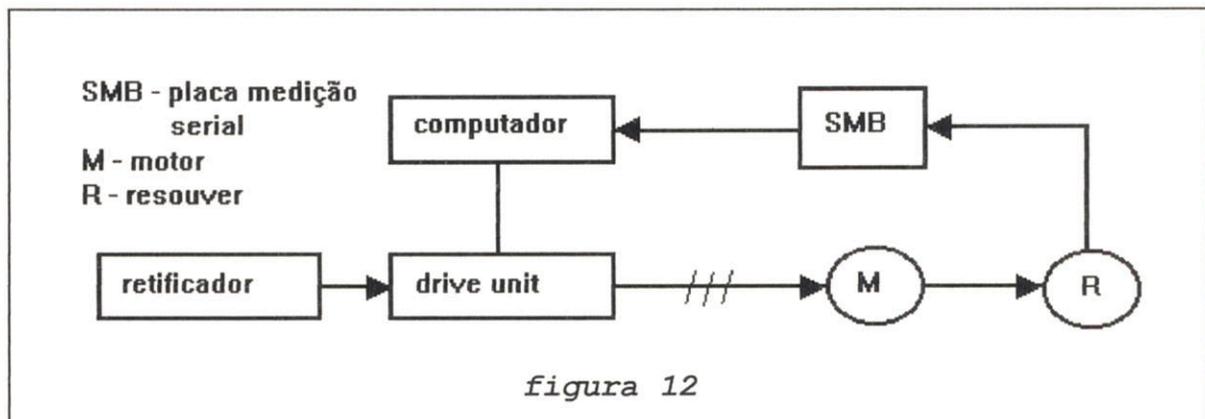
As posições do robô e seus movimentos são sempre relacionados com um sistema de coordenadas de ferramenta, isto é, um **TCP** (*tool coordinates parameters*).

Para obter um melhor desempenho, é importante definir o sistema de coordenadas da ferramenta o mais preciso possível.

O sistema de coordenadas da ferramenta pode ser definido diretamente via software ou indiretamente, com o auxílio do robô (usando o *joystick*). A definição direta pode ser usada se todos os dados dimensionais referentes a ferramenta são precisos.

Regulação

Este sistema contém um algoritmo adaptativo que calcula continuamente os parâmetros ótimos do regulador p/ compensar a gravidade, o momento de inércia e a interação entre os eixos, realizando um controle adaptativo digital. Durante o movimento, novos dados das posições dos eixos do robô são, continuamente, coletados por meio de uma porta serial (SMB). Estes dados de entrada do regulador de posição são comparados com os dados de referência de posição (figura 12). Após estes terem sido amplificados e comparados, novas referências são calculadas para a posição e velocidade do robô.



6.1.2 - Programando Movimentos

Uma seqüência de movimentos é programada por um número de pontos intermediários entre as posições inicial e final. As posições são dadas com o joystick do robô. A posição do robô pode ser especificada como:

- um ponto de parada: o robô para exatamente nesta posição ou;

com 6 graus de liberdade (figura 11). Os robôs são da **ABB-Asea Brow Boverly Robotics Products**, da Suécia.

6.1.1 - O Sistema Servo de Controle de Posição e Velocidade dos Robôs ABB

Os motores usados para realizar os movimentos são motores de corrente alternada que utilizam "resolvers" para efetuar o controle de posição e velocidade. São manipuladores de grande porte que ocupam um volume de trabalho de até $(1509 \times 2957 \times 2957) \text{ mm}^3$.

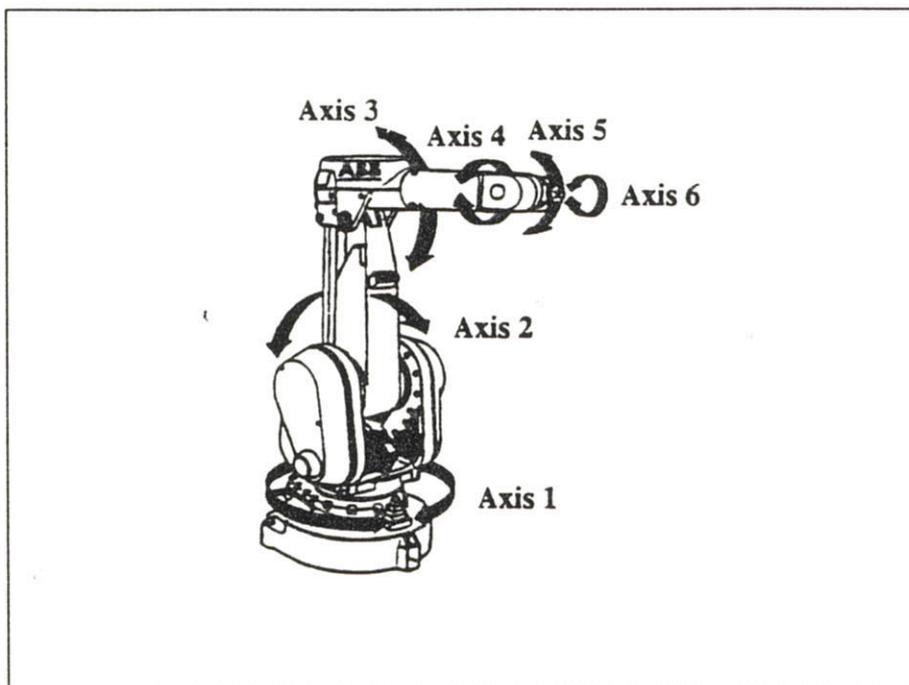


figura 11

O sistema servo é um sistema complexo que compreende várias unidades diferentes interagindo entre si como o software e o hardware. A função compreende:

- Regulação digital de posição e velocidade dos eixos do robô;
- Operação de sincronização AC dos eixos do robôs.

6.1.3.1 - Método Indireto para Definição de TCP

Para definir um TCP de uma ferramenta, você precisa de um ponto fixo no espaço de trabalho do robô e 3 posições, sobre este ponto fixo, com diferentes orientações, conforme figura 14.

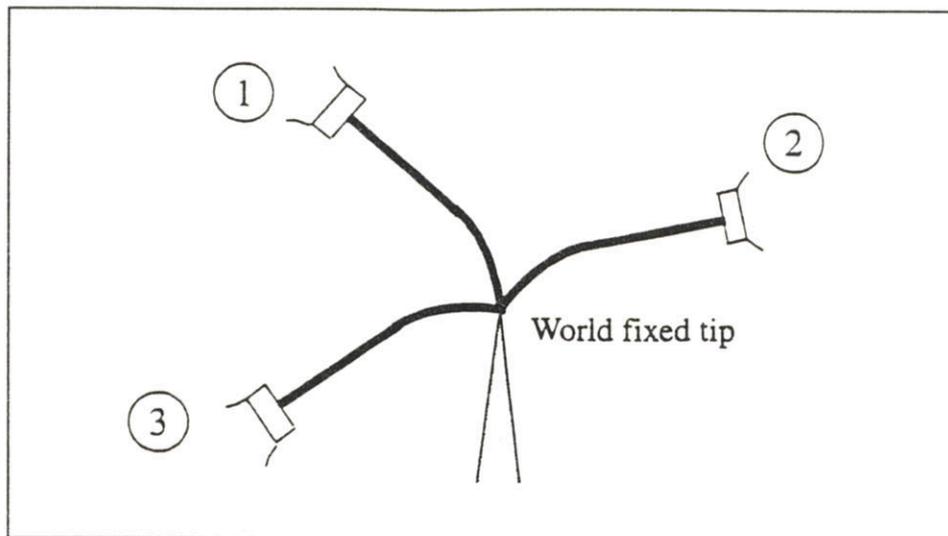


figura 14

Estas posições são chamadas de pontos aproximados. Para definir uma completa orientação da ferramenta é necessário posicionar o robô num ponto do eixo Z e , opcionalmente, num ponto do eixo X. Estas posições são chamadas de pontos de alongação (figura 15). Existem 3 métodos para a definição de um TCP. Estes métodos são explicados no manual do Robô ABB.

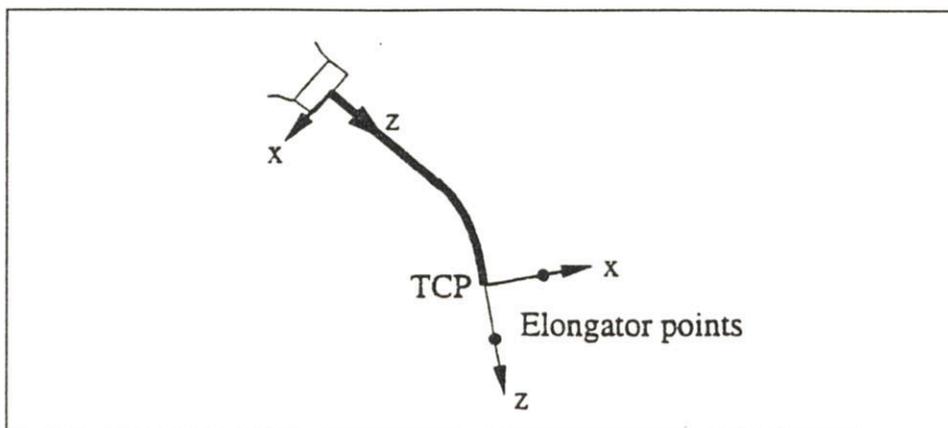


figura 15

6.2 - Descrição do Processo de Dobra com Robôs

Quando um pallet contendo um corpo vazio chega a estação de dobra este é parado. Um dispositivo pneumático ergue o pallet para que o compressor fique na posição correta e não sofra a interferência da esteira que conduz o pallet. Nesta posição uma garra pneumática segura o passador de descarga e um dispositivo, também pneumático é acionado avançando para pré-ajustar e conformar no diâmetro desejado deixando-o na posição correta para a dobra. Após esta operação o pallet é então abaixado e transportado para posição seguinte. Na nova posição o pallet é novamente levantado para que o compressor fique em posição, uma outra garra pneumática prende o passador deixando-o firme para a dobra (figura 16).

Um robô manipulador posiciona-se para realizar a dobra (figura 17). Ele introduz uma ferramenta dentro do passador e em seguida movimenta-se concluindo a operação de conformação (figura 18). Após a dobra o robô retorna o posição de espera (figura 19). Com este processo, pretende-se flexibilizar a operação de conformação, pois o robô poderá realizar diversos ângulos e medidas para os mais variados modelos.

Nos anexos encontram-se a listagem dos programas para dobra de tubos-passadores dos robôs ABB-S4.

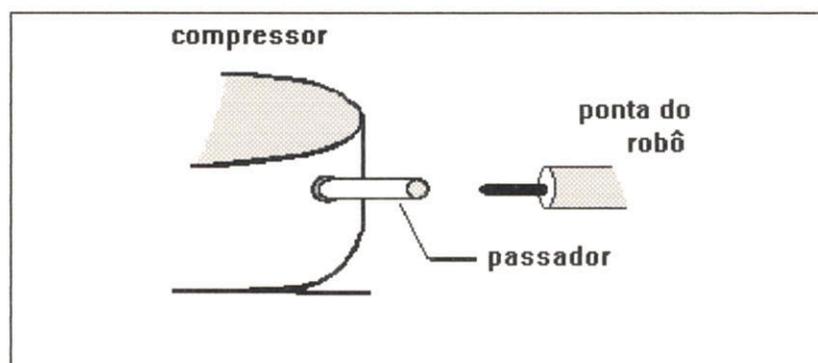


figura 16

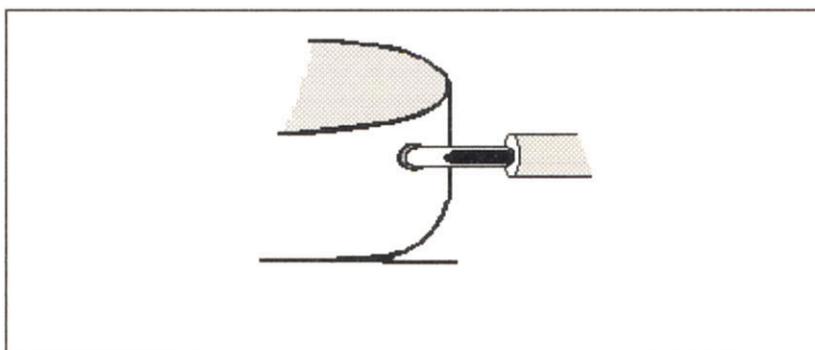


figura 17

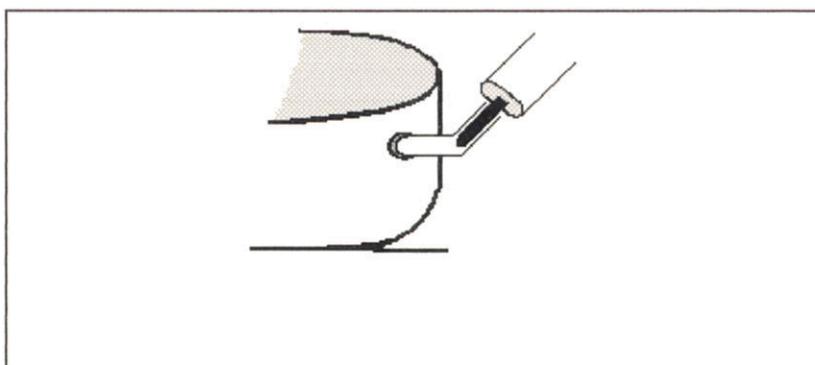


figura 18

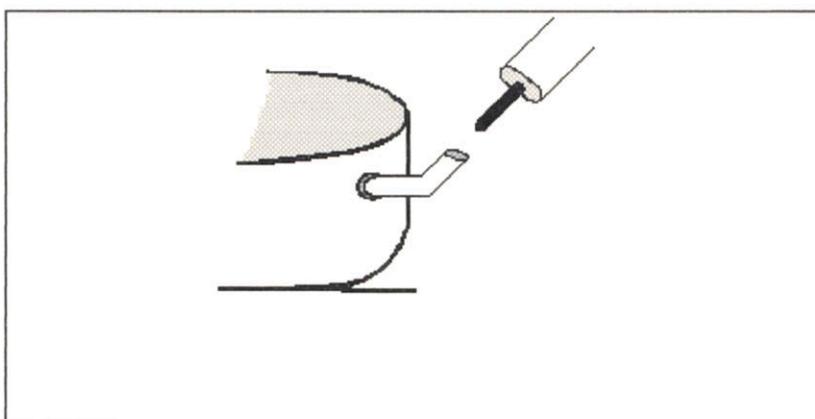


figura 19

6.3 - Alteração no *Layout* da Linha de Montagem

O *layout* da linha de montagem Gefit-II não é o mais adequado quando se pensa em usar robôs para realizar dobras de tubos-passadores (figura 20). A sugestão de alteração no

layout da linha de montagem Gefit-II é para facilitar e simplificar o processo de dobra de tubos-passadores.

A primeira sugestão de alteração é retirar da pré-montagem todos os robôs ABB (R1, R2 e R3 da figura 21), passando estes para a montagem final logo após as cabines de soldagem. Esta alteração reduz o número de robôs da linha passando de 6 para 5 robôs. Atualmente, para realizar a dobra são utilizados dois robôs, um que realiza a dobra do passador de sucção (R1) e outro que faz a dobra do passador de descarga (R4), sendo que o tubo-passador de processo é dobrado manualmente, pois o robô R2 responsável por esta dobra não está sendo utilizado. Esta alteração possibilita a venda do robô R3, que não será mais usado, além de permitir que todos os tubos-passadores sejam conformados automaticamente. Esta alteração não muda em nada o processo, pois mantém a dobra dos tubos-passadores antes do teste de estanqueidade, garantindo portanto a mesma qualidade no produto.

A segunda sugestão de alteração é mais audaciosa (figura 22), porque a dobra dos tubos-passadores passa a ocorrer depois do teste de estanqueidade, ou seja os robôs (R1, R2 e R4) passam para o fim da linha de montagem após a pintura. Esta alteração permite a eliminação dos robôs R3, R5 e R6. O único problema de se implantar tal modificação, é que a dobra desses tubos pode ocasionar problemas de vazamentos na solda entre os tubos-passadores e o compressor, que não seriam detectados pelo teste de estanqueidade. Porém, uma das vantagens desta modificação, é que seria possível instalar na linha Gefit-I ou em qualquer outra linha robôs de dobra, permitindo um aumento na flexibilidade destas linhas.

Como sugestão, seria interessante realizar um estudo mais detalhado sobre este problema, para saber se realmente a dobragem realizada por robôs pode causar este tipo de vazamento.

Resumindo, as principais vantagens dessas mudanças seriam:

- possibilidade de aumento na **flexibilidade** de linhas de montagem;
- redução do esforço de programação dos robôs;
- melhor organização do *layout*, pois o processo de dobra de tubos-passadores estaria localizado apenas numa única estação localizada na montagem final;
- economia de mais de **US\$ 100.000,00** (cem mil dolares) com a venda dos robôs ABB ociosos, caso estes não fossem usados na flexibilização de qualquer linha.

Na figura 20 é mostrado o *layout* atual simplificado.

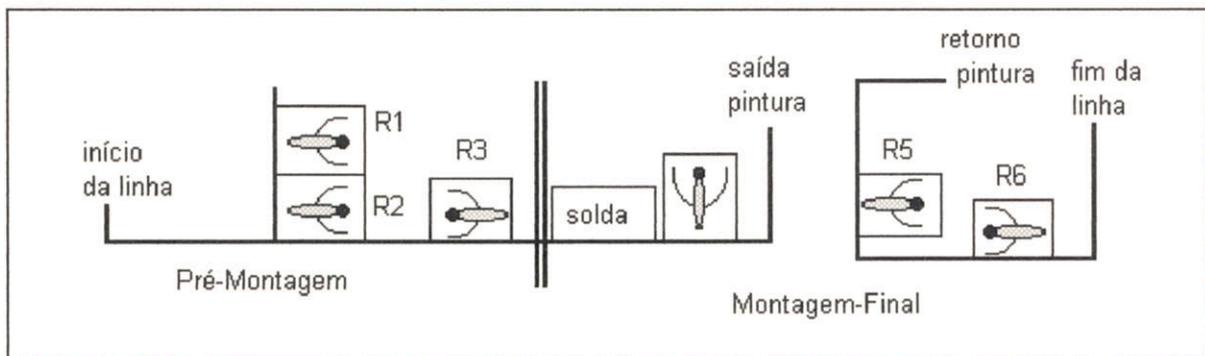


figura 20

A figura 21 mostra um *layout* simplificado da linha, com a primeira modificação, utilizando apenas 5 robôs em vez de 6 robôs e a figura 22 mostra a linha com apenas 3 robôs.

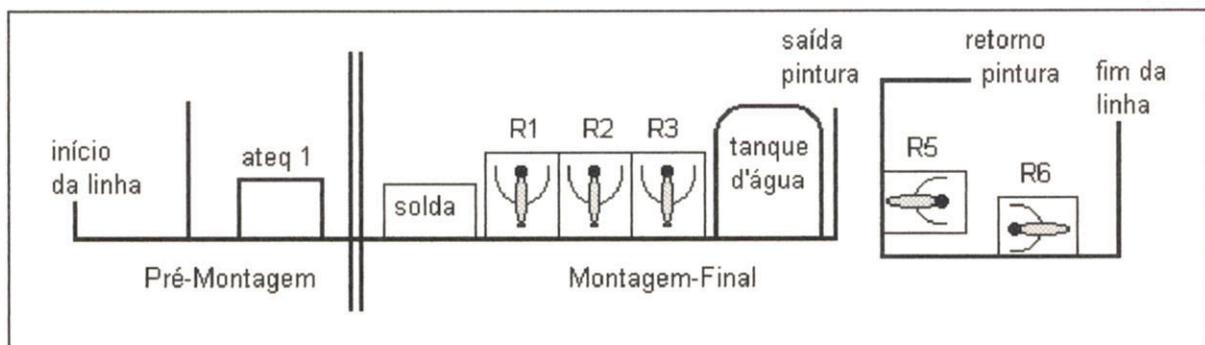


figura 21

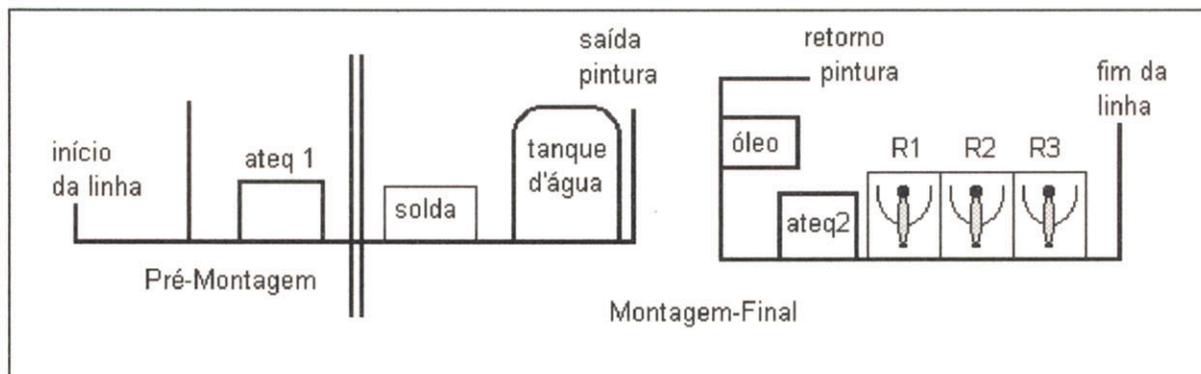


figura 22

Capítulo VII - Outras Atividades Desempenhadas

7.1 Melhorias na Linha de Vácuo

Após o processo de pintura, o compressor passa por uma linha de vácuo responsável por sua desumidificação (retirada da umidade). Isto é necessário porque nos compressores não pode existir umidade. A umidade interna pode causar corrosão, diminuindo, assim, a vida útil do compressor.

Como nesta linha ocorreu alguns acidentes de trabalho resolveu-se, então, revisar o projeto de segurança da linha. Foi estudado a lógica de programação para verificar a possibilidade de se incluir novos equipamentos de segurança. A verificação concluiu que era possível incluir tais equipamentos. Foi feita uma reunião com o fornecedor do equipamento, solicitando as seguintes modificações:

- inclusão de 16 válvulas retentoras de vazão unidirecionais para impedir que os cilindros pneumáticos, quando acionado o botão de emergência, se movimentem;
- travas mecânicas para segurar os elevadoras impedindo sua decida quando a linha e despressurizada.

7.2 Melhorias na Injeção de Nitrogênio

Após o segundo teste de desempenho (ver item 5.1-19 do capítulo V) o compressor recebe tampões de borracha nos tubos-passadores para impedir a entrada de umidade dentro do compressor.

Uma das causas de retorno do compressor por parte do cliente é devido a pressão interna de Nitrogênio estar fora de especificação.

O processo de injeção de Nitrogênio ocorre da seguinte forma: após todos os tubos-passadores tiverem sido tampados, o operador fura, com uma agulha, um dos passadores injetando o gás. Porém, frequentemente, a quantidade de Nitrogênio injetada não fornece a pressão desejada de 0,5 bar.

Para resolver este problema foi apresentado diversas propostas como:

1. aumentar o tempo de injeção de injeção para garantir a quantidade certa de Nitrogênio dentro do compressor. Porém, aumentando-se o tempo de injeção aumentasse o tempo de produção (descartada);
2. aumentar o diâmetro da agulha para diminuir a restrição a passagem do Nitrogênio. Porém, esta solução não foi muito eficaz, pois o aumento do diâmetro também aumentou o furo no tampão, ocasionando vazamentos posteriores;
3. a solução final foi adotar uma idéia já usada na Fábrica I, onde foi diminuído o tamanho do reservatório de Nitrogênio aumentando assim sua pressão e a instalação de um temporizador extra, que coleta a informação de pressão no regime estacionário.

Para garantir uma maior confiabilidade da proposta 3, o painel elétrico responsável por esta operação, será substituído por uma rotina de programação no CLP 7 da própria linha de montagem.

Capítulo VIII - Conclusões e Perspectivas

Inicialmente o trabalho estava direcionado na otimização do processo de conformação de tubos de cobre, sendo que este processo envolve o conhecimento: sobre robôs, sobre o processo de fabricação e sobre a mão-de-obra envolvida. Devido a abrangência do tema optou-se pela reorientação do trabalho no sentido de acompanhar a implantação deste processo, totalmente desconhecido até aquele momento.

8.1 - Conclusões

O atual processo de conformação de tubos de cobre feito por robôs, é um processo muito mais flexível que o antigo processo de dobra que utilizava um dispositivo pneumático rígido.

O uso desses robôs garante uma grande **uniformidade e rapidez**, além de possibilitar uma maior flexibilidade quando comparados com dispositivos dedicados. Alguns problemas foram encontrados ao longo da implantação deste processo como o excesso de atrito no processo de dobra que levava o robô a um estado não previsto gerando a necessidade de reinicializar o robô. Este problema foi resolvido com a utilização de um dispositivo que goteja óleo na ferramenta de expansão e calibração do diâmetro interno do tubo-passador.

Resumindo as principais conclusões do uso de robôs para conformação são:

- Grande repetibilidade de operação garantindo portanto qualidade do produto;
- Confiabilidade de processo;
- Maior flexibilidade quando comparada com dispositivos dedicados.

Já existem sete ângulos diferentes de dobra nos compressores EM, o que mostra que o uso de robôs para conformação esta apenas começando.

8.2 - Perspectivas

Nos dias de hoje é fundamental um planejamento a respeito de investimentos tecnológicos como forma de garantir a sobrevivencia no mercado. A opção da **Embraco** em comprar robôs para realizar trabalhos até mesmo simples, vem de encontro com a política empreendedora de investimentos em tecnologia de ponta.

Na Fábrica II existe um leque muito grande de trabalhos a serem realizados. Além do trabalho de observação sobre vazamentos (ver item 6.3 - pág. 35), outros trabalhos poderiam ser realizados nesta mesma linha. Com relação aos robôs ABB um trabalho importante é o treinamento dos operadores diretos para realizarem pequenos ajustes de programação, e que estes saibam diferenciar problemas graves ou não.

Bibliografia

- [1] Popular guidace on hermétic compressors - Apostila Danfoss.
- [2] Compressores herméticos - Apostila Embraco.
- [3] Manual de Programação S4 dos Robôs ABB.
- [4] Falconi, Vicente - "Controle de Qualidade Total TQC", Ed. Fundação Cristiano Otoni
- [5] Schonberger, R. J. - "Fabricação classe Universal", Ed. Pioneira - São Paulo, 1988.
- [6] Apostila de Programação em Step 5 - Siemens

modelo M2

M2_FUORI:=[[999.11,205.14,142.06],[0.195276,-0.663305,0.69238,-0.206165],[0,-2,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

M2_IMBOCCA:=[[966.62,196.93,108.89],[0.000183,0.515861,-0.85667,0.002016],[0,-1,-1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

M2_FUO_ING:=[[1024.93,164.84,109.12],[2.6E-05,0.516219,-0.856454,0.002127],[0,-1,-1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

M2_USCITA:=[[983.08,211.92,126.33],[0.170802,-0.652109,0.706568,-0.215274],[0,-2,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

M2_FINE_PIEG:=[[949.28,206.13,108.93],[0.195234,-0.663573,0.692138,-0.206154],[0,-2,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

M2_INIZ_PIEG:=[[949.39,206.00999,108.85],[0.000206,0.515763,-0.856729,0.001999],[0,-1,-1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

modelo M3

M3_FUORI:=[[999.11,205.14,142.06],[0.195276,-0.663305,0.69238,-0.206165],[0,-2,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

M3_IMBOCCA:=[[966.62,196.93,108.89],[0.000183,0.515861,-0.85667,0.002016],[0,-1,-1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

M3_FUO_ING:=[[1024.93,164.84,109.12],[2.6E-05,0.516219,-0.856454,0.002127],[0,-1,-1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

M3_USCITA:=[[983.08,211.92,126.33],[0.170802,-0.652109,0.706568,-0.215274],[0,-2,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

M3_FINE_PIEG:=[[949.28,206.13,108.93],[0.195234,-0.663573,0.692138,-0.206154],[0,-2,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

M3_INIZ_PIEG:=[[949.39,206.00999,108.85],[0.000206,0.515763,-0.856729,0.001999],[0,-1,-1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

modelo M4

M4_FUORI:=[[999.11,205.14,142.06],[0.195276,-0.663305,0.69238,-0.206165],[0,-2,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

M4_IMBOCCA:=[[966.62,196.93,108.89],[0.000183,0.515861,-0.85667,0.002016],[0,-1,-1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

M4_FUO_ING:=[[1024.93,164.84,109.12],[2.6E-05,0.516219,-0.856454,0.002127],[0,-1,-1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

M4_USCITA:=[[983.08,211.92,126.33],[0.170802,-0.652109,0.706568,-0.215274],[0,-2,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

M4_FINE_PIEG:=[[949.28,206.13,108.93],[0.195234,-0.663573,0.692138,-0.206154],[0,-2,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

M4_INIZ_PIEG:=[[949.39,206.00999,108.85],[0.000206,0.515763,-0.856729,0.001999],[0,-1,-1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

modelo M5

M5_FUORI:=[[999.11,205.14,142.06],[0.195276,-0.663305,0.69238,-0.206165],[0,-2,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

M5_IMBOCCA:=[[966.62,196.93,108.89],[0.000183,0.515861,-0.85667,0.002016],[0,-1,-1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

M5_FUO_ING:=[[1024.93,164.84,109.12],[2.6E-05,0.516219,-0.856454,0.002127],[0,-1,-1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

M5_USCITA:=[[983.08,211.92,126.33],[0.170802,-0.652109,0.706568,-0.215274],[0,-2,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

M5_FINE_PIEG:=[[949.28,206.13,108.93],[0.195234,-0.663573,0.692138,-0.206154],[0,-2,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

M5_INIZ_PIEG:=[[949.39,206.00999,108.85],[0.000206,0.515763,-0.856729,0.001999],[0,-1,-1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

modelo M6

M6_FUORI:=[[999.11,205.14,142.06],[0.195276,-0.663305,0.69238,-0.206165],[0,-2,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

M6_IMBOCCA:=[[966.62,196.93,108.89],[0.000183,0.515861,-0.85667,0.002016],[0,-1,-1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

M6_FUO_ING:=[[1024.93,164.84,109.12],[2.6E-05,0.516219,-0.856454,0.002127],[0,-1,-1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

M6_USCITA:=[[983.08,211.92,126.33],[0.170802,-0.652109,0.706568,-0.215274],[0,-2,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

M6_FINE_PIEG:=[[949.28,206.13,108.93],[0.195234,-0.663573,0.692138,-0.206154],[0,-2,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

M6_INIZ_PIEG:=[[949.39,206.00999,108.85],[0.000206,0.515763,-0.856729,0.001999],[0,-1,-1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

modelo M7

M7_FUORI:=[[999.11,205.14,142.06],[0.195276,-0.663305,0.69238,-0.206165],[0,-2,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

M7_IMBOCCA:=[[966.62,196.93,108.89],[0.000183,0.515861,-0.85667,0.002016],[0,-1,-1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

M7_FUO_ING:=[[1024.93,164.84,109.12],[2.6E-05,0.516219,-0.856454,0.002127],[0,-1,-1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

M7_USCITA:=[[983.08,211.92,126.33],[0.170802,-0.652109,0.706568,-0.215274],[0,-2,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

M7_FINE_PIEG:=[[949.28,206.13,108.93],[0.195234,-0.663573,0.692138,-0.206154],[0,-2,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

M7_INIZ_PIEG:=[[949.39,206.00999,108.85],[0.000206,0.515763,-0.856729,0.001999],[0,-1,-1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

modelo M8

M8_FUORI:=[[999.11,205.14,142.06],[0.195276,-0.663305,0.69238,-0.206165],[0,-2,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

M8_IMBOCCA:=[[966.62,196.93,108.89],[0.000183,0.515861,-0.85667,0.002016],[0,-1,-1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

M8_FUO_ING:=[[1024.93,164.84,109.12],[2.6E-05,0.516219,-0.856454,0.002127],[0,-1,-1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

M8_USCITA:=[[983.08,211.92,126.33],[0.170802,-0.652109,0.706568,-0.215274],[0,-2,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

M8_FINE_PIEG:=[[949.28,206.13,108.93],[0.195234,-0.663573,0.692138,-0.206154],[0,-2,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

M8_INIZ_PIEG:=[[949.39,206.00999,108.85],[0.000206,0.515763,-0.856729,0.001999],[0,-1,-1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

modelo M9

M9_FUORI:=[[999.11,205.14,142.06],[0.195276,-0.663305,0.69238,-0.206165],[0,-2,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

M9_IMBOCCA:=[[966.62,196.93,108.89],[0.000183,0.515861,-0.85667,0.002016],[0,-1,-1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

M9_FUO_ING:=[[1024.93,164.84,109.12],[2.6E-05,0.516219,-0.856454,0.002127],[0,-1,-1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

M9_USCITA:=[[983.08,211.92,126.33],[0.170802,-0.652109,0.706568,-0.215274],[0,-2,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

```
M9_FINE_PIEG:=[[949.28,206.13,108.93],[0.195234,-0.663573,0.692138,-0.206154],[0,-2,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
```

```
M9_INIZ_PIEG:=[[949.39,206.00999,108.85],[0.000206,0.515763,-0.856729,0.001999],[0,-1,-1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
```

modelo M24

```
M24_IMBOCCA:=[[967.61,196.54,109.16],[0.000287,0.515326,-0.856992,0.001906],[0,-1,-1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
```

```
M24_FUO_ING:=[[1022,167.68,109.33],[0.000288,0.515315,-0.856999,0.001897],[0,-1,-1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
```

```
M24_INIZ_PIEG:=[[948.57,206.8,109.15],[0.000351,0.515092,-0.857133,0.001825],[0,-1,-1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
```

```
M24_USCITA:=[[998.68,204.93,107.9],[0.001766,0.709709,-0.704489,-0.002418],[0,0,-1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
```

```
M24_FINE_PIEG:=[[948.44,206.95,109.31],[0.000982,0.705589,-0.70862,0.00148],[0,-1,-1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
```

```
M24_FUORI:=[[983.79,207.48,109.39],[0.001069,0.705375,-0.708832,0.001387],[0,-1,-1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
```

modelo M90

```
M90_IMBOCCA:=[[966.96,196.00999,107.98],[0.001985,0.539033,-0.842281,-0.001759],[0,0,-1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
```

```
M90_FUO_ING:=[[1029.79,167.04,107.87],[0.000592,0.542159,-0.840276,-0.000668],[0,0,-1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
```

```
M90_INIZ_PIEG:=[[948.59,204.54,108.17],[0.002175,0.538558,-0.842584,-0.001916],[0,0,-1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
```

```
M90_USCITA:=[[954.33,201.76,157.91],[0.226695,-0.196466,-0.676831,0.672243],[0,-1,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
```

```
M90_FINE_PIEG:=[[952.3,202.82,105.37],[0.226703,-0.196397,-0.676866,0.672226],[0,-1,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
```

```
M90_FUORI:=[[1037.91,204.18,240.38],[0.226748,-0.196775,-0.676621,0.672346],[0,-1,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
```

Variável persistente - Dados da ferramenta - TCP

PERS tooldata

```
t_piega:=[TRUE,[[9.39917,183.923,12.3631],[1,0,0,0]],[1,[0,0,0],[1,0,0,0],0,0,0]];
```

Frases para informação no display do teach-pendant

```
CONST string ATT_CONSENSO:="*** ATTESA SELEZIONE CONSENSO LAVORO ";
CONST string ATTESA_COD:="*** ATTESA CODICE PEZZO DA LAVORARE ";
CONST string RISPOSTA1:="*** ATTESA CONFERMA CAMBIO MODELLO";
CONST string RISPOSTA2:="*** ASPETTA INPUT23 (DI.5 CART.2)";
CONST string FINE_CIC:="*** ROBOT IN FINE CICLO ";
CONST string FINE_PIEG1:="*** ATTESA RESET OK PIEGATURA A ROBOT";
CONST string FINE_PIEG2:="*** ASPETTA RESET INPUT11";
CONST string FINE_CICLO:="***** FINE PIEGATURA *****      *** ATTESA START CICLO
*****";
CONST string INTESTA:="***** E M B R A C O ***** ROUTINE PER
ALLARMI *****";
CONST string VUOTO:="          ";
CONST string RISERVA:="*** MESSAGGIO NON CODIFICATO ***";
```

Variáveis globais

```

VAR num reg6:=0;
VAR num reg8:=0;
VAR iodev iodev2;
VAR num r_codice:=1;
VAR iodev iodev1;
VAR num NUM_ERROR:=0;

```

PROC RIPOSO()

```

MoveJ P_HOME,v1500,z10,t_piega; (movimento de junta com velocidade de 1500mm/s)

```

```

WaitTime 0.2;

```

```

Set do13;

```

```

ENDPROC

```

PROC CAMBIO_MODELLO() (rotina de troca de modelo)

```

TPEraser;

```

```

aa:

```

```

Set do11;

```

```

WHILE DInput(di20)=0 DO

```

```

  IF DInput(di20)=0 THEN

```

```

    reg6:=6;

```

```

    GEST_ERRORI reg6;

```

```

  ENDIF

```

```

ENDWHILE

```

```

r_codice:=GInput(CODICE_IN);

```

```

IF r_codice>0 GOTO bb;

```

```

IF (r_codice=0) THEN

```

```

  reg8:=1;

```

```

  GOTO bb;

```

```

ENDIF

```

```

GOTO aa;

```

```

bb:

```

```

Reset do11;

```

```

SetGO CODICE_OUT,r_codice;

```

```

WHILE DInput(di23)=0 DO

```

```

  IF DInput(di23)=0 THEN

```

```

    reg6:=3;

```

```

    GEST_ERRORI reg6;

```

```

  ENDIF

```

```

ENDWHILE

```

```

IF (r_codice=0) THEN

```

```

  RETURN;

```

```

ENDIF

```

```

TEST r_codice

```

```

CASE 1:

```

```

  GENER_FUO_ING:=M1_FUO_ING;

```

```

  GENER_IMBOCCA:=M1_IMBOCCA;

```

```

  GENER_INIZ_PIEG:=M1_INIZ_PIEG;

```

```

  GENER_FINE_PIEG:=M1_FINE_PIEG;

```

```

  GENER_USCITA:=M1_USCITA;

```

```

  GENER_FUORI:=M1_FUORI;

```

```

CASE 2:

```

```

  GENER_FUO_ING:=M1_FUO_ING;

```

```

  GENER_IMBOCCA:=M1_IMBOCCA;

```

```

  GENER_INIZ_PIEG:=M1_INIZ_PIEG;

```

```

  GENER_FINE_PIEG:=M1_FINE_PIEG;

```

```
GENER_USCITA:=M1_USCITA;
GENER_FUORI:=M1_FUORI;
CASE 3:
GENER_FUO_ING:=M3_FUO_ING;
GENER_IMBOCCA:=M3_IMBOCCA;
GENER_INIZ_PIEG:=M3_INIZ_PIEG;
GENER_FINE_PIEG:=M3_FINE_PIEG;
GENER_USCITA:=M3_USCITA;
GENER_FUORI:=M3_FUORI;
CASE 4:
GENER_FUO_ING:=M4_FUO_ING;
GENER_IMBOCCA:=M4_IMBOCCA;
GENER_INIZ_PIEG:=M4_INIZ_PIEG;
GENER_FINE_PIEG:=M4_FINE_PIEG;
GENER_USCITA:=M4_USCITA;
GENER_FUORI:=M4_FUORI;
CASE 5:
GENER_FUO_ING:=M5_FUO_ING;
GENER_IMBOCCA:=M5_IMBOCCA;
GENER_INIZ_PIEG:=M5_INIZ_PIEG;
GENER_FINE_PIEG:=M5_FINE_PIEG;
GENER_USCITA:=M5_USCITA;
GENER_FUORI:=M5_FUORI;
CASE 6:
GENER_FUO_ING:=M24_FUO_ING;
GENER_IMBOCCA:=M24_IMBOCCA;
GENER_INIZ_PIEG:=M24_INIZ_PIEG;
GENER_FINE_PIEG:=M24_FINE_PIEG;
GENER_USCITA:=M24_USCITA;
GENER_FUORI:=M24_FUORI;
CASE 7:
GENER_FUO_ING:=M90_FUO_ING;
GENER_IMBOCCA:=M90_IMBOCCA;
GENER_INIZ_PIEG:=M90_INIZ_PIEG;
GENER_FINE_PIEG:=M90_FINE_PIEG;
GENER_USCITA:=M90_USCITA;
GENER_FUORI:=M90_FUORI;
CASE 8:
GENER_FUO_ING:=M6_FUO_ING;
GENER_IMBOCCA:=M6_IMBOCCA;
GENER_INIZ_PIEG:=M6_INIZ_PIEG;
GENER_FINE_PIEG:=M6_FINE_PIEG;
GENER_USCITA:=M6_USCITA;
GENER_FUORI:=M6_FUORI;
CASE 9:
GENER_FUO_ING:=M7_FUO_ING;
GENER_IMBOCCA:=M7_IMBOCCA;
GENER_INIZ_PIEG:=M7_INIZ_PIEG;
GENER_FINE_PIEG:=M7_FINE_PIEG;
GENER_USCITA:=M7_USCITA;
GENER_FUORI:=M7_FUORI;
CASE 10:
GENER_FUO_ING:=M8_FUO_ING;
GENER_IMBOCCA:=M8_IMBOCCA;
GENER_INIZ_PIEG:=M8_INIZ_PIEG;
GENER_FINE_PIEG:=M8_FINE_PIEG;
GENER_USCITA:=M8_USCITA;
```

```
    GENER_FUORI:=M8_FUORI;
CASE 11:
    GENER_FUO_ING:=M9_FUO_ING;
    GENER_IMBOCCA:=M9_IMBOCCA;
    GENER_INIZ_PIEG:=M9_INIZ_PIEG;
    GENER_FINE_PIEG:=M9_FINE_PIEG;
    GENER_USCITA:=M9_USCITA;
    GENER_FUORI:=M9_FUORI;
ENDTEST
ENDPROC
```

PROC GEST_ERRORI(

VAR num NUM_ERROR) - *rotina para mensagem no display do teach-pendant*

```
TPerase;
TPWrite INTESTA;
TPWrite VUOTO;
TPWrite VUOTO;
TEST NUM_ERROR
CASE 1:
    TPWrite FINE_CICLO;
    WaitTime 0.2;
CASE 2:
    TPWrite FINE_PIEG1;
    TPWrite FINE_PIEG2;
    WaitTime 0.2;
CASE 3:
    TPWrite RISPOSTA1;
    TPWrite RISPOSTA2;
    WaitTime 0.2;
CASE 4:
    TPWrite FINE_CIC;
    WaitTime 0.2;
CASE 5:
    TPWrite ATT_CONSENSO;
    WaitTime 0.2;
CASE 6:
    TPWrite ATTESA_COD;
    WaitTime 0.2;
CASE 7:
    TPWrite RISERVA;
    WaitTime 0.2;
CASE 8:
    TPWrite RISERVA;
    WaitTime 0.2;
CASE 9:
    TPWrite RISERVA;
    WaitTime 0.2;
CASE 10:
    TPWrite RISERVA;
    WaitTime 0.2;
ENDTEST
TPerase;
ENDPROC
```

PROC RESET_OUT() - rotina de reset de saídas

```

Reset do11;
Reset do12;
Reset do13;
Reset do14;
Reset do15;
Reset do16;
Reset do17;
Reset do18;
Reset do19;
Reset do20;
Reset do21;
Reset do22;
Reset do23;
r_codice:=0;
SetGO CODICE_OUT,0;
ENDPROC

```

PROC PIEGA_TUBO()- rotina de inicio da dobra do tubo-passador

```

TPerase;
Reset do17;
Reset do12;
Reset do13;
Set do14;
MoveL GENER_FUO_ING,v500,z1,t_piega;
MoveL GENER_IMBOCCA,v500,z1,t_piega;
MoveL GENER_INIZ_PIEG,v500,z1,t_piega;
MoveL GENER_FINE_PIEG,v500,fine,t_piega;
MoveL GENER_FUORI,v500,fine,t_piega;
Reset do14;
AA:
Set do13;
Set do17;
IF DInput(di11)=1 THEN
  Reset do14;
  reg6:=3;
  GEST_ERRORI reg6;
  GOTO AA;
ENDIF
MoveL GENER_FUO_ING,v1000,z10,t_piega;
RETURN;
ENDPROC

```

PROC PUNTI() - rotina especial p/ teste de novos pontos e modelos

```

MoveL M1_FUO_ING,v500,z10,t_piega;
MoveL M1_IMBOCCA,v500,z10,t_piega;
MoveL M1_INIZ_PIEG,v500,z10,t_piega;
MoveL M1_FINE_PIEG,v800,z10,t_piega;
MoveL M1_FUORI,v500,z10,t_piega;
Set do13;
MoveL M2_FUO_ING,v500,z10,t_piega;
MoveL M2_IMBOCCA,v500,z10,t_piega;
MoveL M2_INIZ_PIEG,v500,z10,t_piega;
MoveL M2_FINE_PIEG,v800,z10,t_piega;
MoveL M2_FUORI,v500,z10,t_piega;
Set do13;
MoveL M3_FUO_ING,v500,z10,t_piega;

```

```
MoveL M3_IMBOCCA,v500,z10,t_piega;
MoveL M3_INIZ_PIEG,v500,z10,t_piega;
MoveL M3_FINE_PIEG,v800,z10,t_piega;
MoveL M3_FUORI,v500,z10,t_piega;
Set do13;
MoveL M4_FUO_ING,v500,z10,t_piega;
MoveL M4_IMBOCCA,v500,z10,t_piega;
MoveL M4_INIZ_PIEG,v500,z10,t_piega;
MoveL M4_FINE_PIEG,v800,z10,t_piega;
MoveL M4_FUORI,v500,z10,t_piega;
Set do13;
MoveL M5_FUO_ING,v500,z10,t_piega;
MoveL M5_IMBOCCA,v500,z10,t_piega;
MoveL M5_INIZ_PIEG,v500,z10,t_piega;
MoveL M5_FINE_PIEG,v800,z10,t_piega;
MoveL M5_FUORI,v500,z10,t_piega;
Set do13;
MoveL M24_FUO_ING,v500,z10,t_piega;
MoveL M24_IMBOCCA,v500,z10,t_piega;
MoveL M24_INIZ_PIEG,v500,z10,t_piega;
MoveL M24_FINE_PIEG,v800,z10,t_piega;
MoveL M24_FUORI,v500,z10,t_piega;
MoveL M24_FUO_ING,v500,z10,t_piega;
WaitTime 10;
Set do13;
MoveL M90_FUO_ING,v500,z10,t_piega;
MoveL M90_IMBOCCA,v500,z10,t_piega;
MoveL M90_INIZ_PIEG,v500,z10,t_piega;
MoveL M90_FINE_PIEG,v800,z10,t_piega;
MoveL M90_FUORI,v500,z10,t_piega;
Set do13;
MoveL M6_FUO_ING,v500,z10,t_piega;
MoveL M6_IMBOCCA,v500,z10,t_piega;
MoveL M6_INIZ_PIEG,v500,z10,t_piega;
MoveL M6_FINE_PIEG,v800,z10,t_piega;
MoveL M6_FUORI,v500,z10,t_piega;
Set do13;
MoveL M7_FUO_ING,v500,z10,t_piega;
MoveL M7_IMBOCCA,v500,z10,t_piega;
MoveL M7_INIZ_PIEG,v500,z10,t_piega;
MoveL M7_FINE_PIEG,v800,z10,t_piega;
MoveL M7_FUORI,v500,z10,t_piega;
Set do13;
MoveL M8_FUO_ING,v500,z10,t_piega;
MoveL M8_IMBOCCA,v500,z10,t_piega;
MoveL M8_INIZ_PIEG,v500,z10,t_piega;
MoveL M8_FINE_PIEG,v800,z10,t_piega;
MoveL M8_FUORI,v500,z10,t_piega;
Set do13;
MoveL M9_FUO_ING,v500,z10,t_piega;
MoveL M9_IMBOCCA,v500,z10,t_piega;
MoveL M9_INIZ_PIEG,v500,z10,t_piega;
MoveL M9_FINE_PIEG,v800,z10,t_piega;
MoveL M9_FUORI,v500,z10,t_piega;
Set do13;
ENDPROC
```

PROC ROB_FINE_CIC() - rotina de fim da dobra do tubo-passador

```
TPerase;
MoveJ P_HOME,v2000,z20,t_piega;
MoveJ TRANSITO,v2000,z20,t_piega;
MoveJ FIN_CIC,v2000,z20,t_piega;
Set do12;
IF DInput(di21)=1 THEN
  WHILE DInput(di21)=0 DO
    reg6:=4;
    GEST_ERRORI reg6;
  ENDWHILE
ENDIF
MoveJ FIN_CIC,v2000,z20,t_piega;
MoveJ TRANSITO,v2000,z20,t_piega;
MoveJ P_HOME,v2000,z20,t_piega;
Reset do12;
Set do13;
RETURN;
ENDPROC
```

PROC ESCLUSO() - rotina de exclusão do robô

```
TPerase;
MoveJ P_HOME,v2000,z20,t_piega;
MoveJ TRANSITO,v2000,z20,t_piega;
MoveJ FIN_CIC,v2000,z20,t_piega;
Set do13;
reg8:=0;
RETURN;
ENDPROC
```

PROC main() - rotina principal

```
TPerase;
RESET_OUT;
RIPOSO;
LOOP:
IF DInput(di21)=1 THEN
  ROB_FINE_CIC;
  RETURN;
ENDIF
IF DInput(di23)=0 THEN
  CAMBIO_MODELLO;
  GOTO LOOP;
ENDIF
IF (reg8=1) THEN
  ESCLUSO;
  reg8:=0;
  GOTO LOOP;
ENDIF
IF DInput(di11)=1 THEN
  PIEGA_TUBO;
  GOTO LOOP;
ENDIF
reg6:=5;
GEST_ERRORI reg6;
GOTO LOOP;
ENDPROC
ENDMODULE
```

Anexo II

Programa de dobra de tubos-passadores de sucção

%%%

VERSION:1

LANGUAGE:ENGLISH

%%%

MODULE PIEG 329

Variáveis persistentes - Dados das ferramentas - TCP

PERS tooldata

```
tool2:=[TRUE,[[0.066986,151.5,12.6176],[1,0,0,0]],[1,[0,0,0],[1,0,0,0],0,0,0]];
PIEGA_2:=[TRUE,[[1.13037,181.379,12.1421],[1,0,0,0]],[1,[0,0,0],[1,0,0,0],0,0,0]];
MIKI:=[TRUE,[[0,0,150.676],[1,0,0,0]],[1,[0,0,0],[1,0,0,0],0,0,0]];
t_piega:=[TRUE,[[0.066986,184.461,12.6176],[1,0,0,0]],[1,[0,0,0],[1,0,0,0],0,0,0]];

```

Pontos de repouso

CONST robtarg

```
FIN_CIC:=[[644.54,349.62,1437.47],[0.007411,0.707688,-0.706476,0.003811],[0,-1,-1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
P_HOME:=[[976.47,349.61,508.46],[0.007358,0.707776,-0.706388,0.003871],[0,-1,-1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
TRANSITO:=[[976.47,349.61,508.46],[0.007358,0.707776,-0.706388,0.003871],[0,-1,-1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

```

Pontos variáveis

VAR robtarg

```
GENER_FUO_ING:=[[999.3,359.6,239.62],[0.188088,-0.689685,0.678289,-0.169948],[0,-1,-1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
GENER_IMBOCCA:=[[930.63,358.9,201.02],[0.188092,-0.689796,0.678175,-0.169951],[0,-2,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
GENER_INIZ_PIEG:=[[915.67,358.77,192.64],[0.188084,-0.689608,0.678357,-0.169994],[0,-2,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
GENER_FINE_PIEG:=[[949.77,360.21,213.08],[0.014542,-0.714587,0.699395,-0.000865],[0,0,-1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
GENER_USCITA:=[[947.47,204.64,108.67],[0.046379,-0.529949,0.846417,0.024113],[0,0,-1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
GENER_FUORI:=[[1021.66,361.74,214],[0.014598,-0.714747,0.69923,-0.000943],[0,0,-1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

```

Pontos fixos de modelos de dobra

CONST robtarg

modelo M1

```
M1_FUORI:=[[1003.75,359.95,206.45],[0.001861,-0.712342,0.701702,0.013449],[0,0,-1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

```

M1_IMBOCCA:=[[961.13,359.05,218.34],[0.187893,-0.68802,0.680023,-0.169984],[0,-2,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

M1_FUO_ING:=[[987.6,359.25,233.26],[0.187826,-0.687889,0.680186,-0.169935],[0,-1,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

M1_USCITA:=[[947.47,204.64,108.67],[0.046379,-0.529949,0.846417,0.024113],[0,0,-1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

M1_FINE_PIEG:=[[941.39,359,207.43],[0.001901,-0.71246,0.701582,0.013414],[0,0,-1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

M1_INIZ_PIEG:=[[942.21,359.12,207.88],[0.187952,-0.686995,0.681,-0.17015],[0,-2,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

modelo M2

M2_FUORI:=[[1045.16,362.77,211.33],[0.000691,-0.713826,0.700135,0.016249],[0,2,-3,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

M2_IMBOCCA:=[[994.3,361.23,237.78],[0.193265,-0.687475,0.678214,-0.173361],[0,1,-2,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

M2_FUO_ING:=[[1073.23,361.76,283.5],[0.19334,-0.687337,0.678367,-0.173223],[0,1,-3,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

M2_USCITA:=[[947.47,204.64,108.67],[0.046379,-0.529949,0.846417,0.024113],[0,0,-1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

M2_FINE_PIEG:=[[951.94,360.92,213.36],[0.000667,-0.713877,0.700083,0.016251],[0,2,-3,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

M2_INIZ_PIEG:=[[951.94,360.92,213.35],[0.193232,-0.687322,0.67842,-0.173193],[0,0,-2,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

modelo M3

M3_FUORI:=[[972.55,362.23,220.75],[0.007884,0.711174,-0.702971,0.001238],[0,-1,-1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

M3_IMBOCCA:=[[959.88,362.05,231.72],[0.182541,-0.688603,0.676212,-0.187727],[0,-2,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

M3_FUO_ING:=[[1010.59,363.14,261.44],[0.182528,-0.688518,0.676303,-0.187726],[0,-1,-1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

M3_USCITA:=[[947.47,204.64,108.67],[0.046379,-0.529949,0.846417,0.024113],[0,0,-1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

M3_FINE_PIEG:=[[941.84,361.67,221.3],[0.007093,0.712003,-0.70214,0.001152],[0,-1,-1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

M3_INIZ_PIEG:=[[941.92,361.65,221.22],[0.182529,-0.688482,0.676332,-0.187752],[0,-2,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

modelo M4

M4_FUORI:=[[972.55,362.23,220.75],[0.007884,0.711174,-0.702971,0.001238],[0,-1,-1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

M4_IMBOCCA:=[[959.88,362.05,231.72],[0.182541,-0.688603,0.676212,-0.187727],[0,-2,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

M4_FUO_ING:=[[1010.59,363.14,261.44],[0.182528,-0.688518,0.676303,-0.187726],[0,-1,-1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

M4_USCITA:=[[947.47,204.64,108.67],[0.046379,-0.529949,0.846417,0.024113],[0,0,-1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

M4_FINE_PIEG:=[[941.84,361.67,221.3],[0.007093,0.712003,-0.70214,0.001152],[0,-1,-1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

M4_INIZ_PIEG:=[[941.92,361.65,221.22],[0.182529,-0.688482,0.676332,-0.187752],[0,-2,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

modelo M5

```

M5_FUORI:=[[990.72,358.14,209.07],[0.009407,-0.702467,0.711502,0.014734],[0,0,-
1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
M5_IMBOCCA:=[[959.35,359.22,217.16],[0.188087,-0.689754,0.67822,-0.169945],[0,-
2,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
M5_FUO_ING:=[[1041.68,360.06,263.44],[0.188072,-0.689675,0.678307,-0.169933],[0,-1,-
1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
M5_USCITA:=[[947.47,204.64,108.67],[0.046379,-0.529949,0.846417,0.024113],[0,0,-
1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
M5_FINE_PIEG:=[[945.3,359.04,209.32],[0.005978,-0.703043,0.711035,0.011161],[0,0,-
1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
M5_INIZ_PIEG:=[[947.64,359.06,210.61],[0.188078,-0.689399,0.678565,-0.170018],[0,-
2,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

```

modelo M24

```

M24_FUORI:=[[990.72,358.14,209.07],[0.009407,-0.702467,0.711502,0.014734],[0,0,-
1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
M24_IMBOCCA:=[[959.35,359.22,217.16],[0.188087,-0.689754,0.67822,-0.169945],[0,-
2,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
M24_FUO_ING:=[[1041.68,360.06,263.44],[0.188072,-0.689675,0.678307,-0.169933],[0,-1,-
1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
M24_USCITA:=[[947.47,204.64,108.67],[0.046379,-0.529949,0.846417,0.024113],[0,0,-
1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
M24_FINE_PIEG:=[[945.3,359.04,209.32],[0.005978,-0.703043,0.711035,0.011161],[0,0,-
1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
M24_INIZ_PIEG:=[[947.64,359.06,210.61],[0.188078,-0.689399,0.678565,-0.170018],[0,-
2,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

```

modelo M90

```

M90_FUORI:=[[972.55,362.23,220.75],[0.007884,0.711174,-0.702971,0.001238],[0,-1,-
1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
M90_IMBOCCA:=[[959.88,362.05,231.72],[0.182541,-0.688603,0.676212,-0.187727],[0,-
2,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
M90_FUO_ING:=[[1010.59,363.14,261.44],[0.182528,-0.688518,0.676303,-0.187726],[0,-1,-
1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
M90_USCITA:=[[947.47,204.64,108.67],[0.046379,-0.529949,0.846417,0.024113],[0,0,-
1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
M90_FINE_PIEG:=[[941.84,361.67,221.3],[0.007093,0.712003,-0.70214,0.001152],[0,-1,-
1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
M90_INIZ_PIEG:=[[941.92,361.65,221.22],[0.182529,-0.688482,0.676332,-0.187752],[0,-
2,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

```

Frases para informação no display do teach-pendant

```

CONST string ATT_CONSENSO:="*** ATTESA SELEZIONE CONSENSO LAVORO ";
CONST string ATTESA_COD:="*** ATTESA CODICE PEZZO DA LAVORARE ";
CONST string RISPOSTA1:="*** ATTESA CONFERMA CAMBIO MODELLO";
CONST string RISPOSTA2:="*** ASPETTA INPUT23 (DI.5 CART.2)";
CONST string FINE_CIC:="*** ROBOT IN FINE CICLO ";
CONST string FINE_PIEG1:="*** ATTESA RESET OK PIEGATURA A ROBOT";
CONST string FINE_PIEG2:="*** ASPETTA RESET INPUT11";
CONST string FINE_CICLO:="***** FINE PIEGATURA *****      *** ATTESA START CICLO ****";

```

```

CONST string INTESTA:="***** E M B R A C O ***** ROUTINE PER ALLARMI
*****";
CONST string VUOTO:="";
CONST string RISERVA:="*** MESSAGGIO NON CODIFICATO ***";

```

Variáveis globais

```

VAR num reg6:=0;
VAR num reg8:=0;
VAR iodev iodev2;
VAR num r_codice:=1;
VAR iodev iodev1;
VAR num NUM_ERROR:=0;

```

PROC RIPOSO()

MoveJ P_HOME,v1500,z10,t_piega; (movimento de junta para a posição de repouso com velocidade de 1500mm/s)

```

WaitTime 0.2;
Set do13;
ENDPROC

```

PROC CAMBIO_MODELLO()*(rotina de troca de modelo. Conforme o dado mandado pelo CLP ao ROBÔ os pontos genéricos assumem os pontos do modelo)*

```

TPERase;
aa:
Set do11;
WHILE DInput(di20)=0 DO
  IF DInput(di20)=0 THEN
    reg6:=6;
    GEST_ERRORI reg6;
  ENDIF
ENDWHILE
r_codice:=GInput(CODICE_IN);
IF r_codice>0 GOTO bb;
IF (r_codice=0) THEN
  reg8:=1;
  GOTO bb;
ENDIF
GOTO aa;
bb:
Reset do11;
SetGO CODICE_OUT,r_codice;
WHILE DInput(di23)=0 DO
  IF DInput(di23)=0 THEN
    reg6:=3;
    GEST_ERRORI reg6;
  ENDIF
ENDWHILE
IF (r_codice=0) THEN
  RETURN;
ENDIF

```

```
TEST r_codice CASE 1:
  GENER_FUO_ING:=M1_FUO_ING;
  GENER_IMBOCCA:=M1_IMBOCCA;
  GENER_INIZ_PIEG:=M1_INIZ_PIEG;
  GENER_FINE_PIEG:=M1_FINE_PIEG;
  GENER_USCITA:=M1_USCITA;
  GENER_FUORI:=M1_FUORI;
CASE 2:
  GENER_FUO_ING:=M1_FUO_ING;
  GENER_IMBOCCA:=M1_IMBOCCA;
  GENER_INIZ_PIEG:=M1_INIZ_PIEG;
  GENER_FINE_PIEG:=M1_FINE_PIEG;
  GENER_USCITA:=M1_USCITA;
  GENER_FUORI:=M1_FUORI;
CASE 3:
  GENER_FUO_ING:=M3_FUO_ING;
  GENER_IMBOCCA:=M3_IMBOCCA;
  GENER_INIZ_PIEG:=M3_INIZ_PIEG;
  GENER_FINE_PIEG:=M3_FINE_PIEG;
  GENER_USCITA:=M3_USCITA;
  GENER_FUORI:=M3_FUORI;
CASE 4:
  GENER_FUO_ING:=M4_FUO_ING;
  GENER_IMBOCCA:=M4_IMBOCCA;
  GENER_INIZ_PIEG:=M4_INIZ_PIEG;
  GENER_FINE_PIEG:=M4_FINE_PIEG;
  GENER_USCITA:=M4_USCITA;
  GENER_FUORI:=M4_FUORI;
CASE 5:
  GENER_FUO_ING:=M5_FUO_ING;
  GENER_IMBOCCA:=M5_IMBOCCA;
  GENER_INIZ_PIEG:=M5_INIZ_PIEG;
  GENER_FINE_PIEG:=M5_FINE_PIEG;
  GENER_USCITA:=M5_USCITA;
  GENER_FUORI:=M5_FUORI;
CASE 6:
  GENER_FUO_ING:=M24_FUO_ING;
  GENER_IMBOCCA:=M24_IMBOCCA;
  GENER_INIZ_PIEG:=M24_INIZ_PIEG;
  GENER_FINE_PIEG:=M24_FINE_PIEG;
  GENER_USCITA:=M24_USCITA;
  GENER_FUORI:=M24_FUORI;
CASE 7:
  GENER_FUO_ING:=M90_FUO_ING;
  GENER_IMBOCCA:=M90_IMBOCCA;
  GENER_INIZ_PIEG:=M90_INIZ_PIEG;
  GENER_FINE_PIEG:=M90_FINE_PIEG;
  GENER_USCITA:=M90_USCITA;
  GENER_FUORI:=M90_FUORI;
CASE 20:
  GENER_FUO_ING:=M2_FUO_ING;
  GENER_IMBOCCA:=M2_IMBOCCA;
  GENER_INIZ_PIEG:=M2_INIZ_PIEG;
```

```
GENER_FINE_PIEG:=M2_FINE_PIEG;  
GENER_USCITA:=M2_USCITA;  
GENER_FUORI:=M2_FUORI;  
ENDTEST  
ENDPROC
```

```
PROC GEST_ERRORI(  
VAR num NUM_ERROR) - rotina mensagem no display
```

```
TPerase;  
TPWrite INTESTA;  
TPWrite VUOTO;  
TPWrite VUOTO;  
TEST NUM_ERROR  
CASE 1:  
  TPWrite FINE_CICLO;  
  WaitTime 0.2;  
CASE 2:  
  TPWrite FINE_PIEG1;  
  TPWrite FINE_PIEG2;  
  WaitTime 0.2;  
CASE 3:  
  TPWrite RISPOSTA1;  
  TPWrite RISPOSTA2;  
  WaitTime 0.2;  
CASE 4:  
  TPWrite FINE_CIC;  
  WaitTime 0.2;  
CASE 5:  
  TPWrite ATT_CONSENSO;  
  WaitTime 0.2;  
CASE 6:  
  TPWrite ATTESA_COD;  
  WaitTime 0.2;  
CASE 7:  
  TPWrite RISERVA;  
  WaitTime 0.2;  
CASE 8:  
  TPWrite RISERVA;  
  WaitTime 0.2;  
CASE 9:  
  TPWrite RISERVA;  
  WaitTime 0.2;  
CASE 10:  
  TPWrite RISERVA;  
  WaitTime 0.2;  
ENDTEST  
TPerase;  
ENDPROC
```

```
PROC RESET_OUT() - rotina de reset de todas as saídas
```

```
Reset do11;  
Reset do12;
```

```
Reset do13;
Reset do14;
Reset do15;
Reset do16;
Reset do17;
Reset do18;
Reset do19;
Reset do20;
Reset do21;
Reset do22;
Reset do23;
r_codice:=0;
SetGO CODICE_OUT,0;
ENDPROC
```

PROC PIEGA_TUBO() - *rotina de dobra*

```
TPERase;
Reset do17;
Reset do12;
Reset do13;
Set do14;
MoveL GENER_FUO_ING,v500,z1,t_piega; (movimento linear com velocidade de
                                         500mm/s)

MoveL GENER_IMBOCCA,v500,z1,t_piega;
MoveL GENER_INIZ_PIEG,v500,z1,t_piega;
MoveL GENER_FINE_PIEG,v500,fine,t_piega;
MoveL GENER_FUORI,v500,fine,t_piega;
Reset do14;
AA:
Set do13;
Set do17;
IF DInput(di11)=1 THEN
  Reset do14;
  reg6:=3;
  GEST_ERRORI reg6;
  GOTO AA;
ENDIF
MoveL GENER_FUO_ING,v1000,z10,t_piega;
RETURN;
ENDPROC
```

PROC PUNTI() - *rotina especial para teste de novos pontos e modelos*

```
MoveL M1_FUO_ING,v500,z10,t_piega;
MoveL M1_IMBOCCA,v500,z10,t_piega;
MoveL M1_INIZ_PIEG,v500,z10,t_piega;
MoveL M1_FINE_PIEG,v800,z10,t_piega;
MoveL M1_FUORI,v500,z10,t_piega;
Set do13;
MoveL M2_FUO_ING,v500,z10,t_piega;
MoveL M2_IMBOCCA,v500,z10,t_piega;
MoveL M2_INIZ_PIEG,v500,z10,t_piega;
MoveL M2_FINE_PIEG,v800,z10,t_piega;
MoveL M2_FUORI,v500,z10,t_piega;
```

```
Set do13;
MoveL M3_FUO_ING,v500,z10,t_piega;
MoveL M3_IMBOCCA,v500,z10,t_piega;
MoveL M3_INIZ_PIEG,v500,z10,t_piega;
MoveL M3_FINE_PIEG,v800,z10,t_piega;
MoveL M3_FUORI,v500,z10,t_piega;
Set do13;
MoveL M4_FUO_ING,v500,z10,t_piega;
MoveL M4_IMBOCCA,v500,z10,t_piega;
MoveL M4_INIZ_PIEG,v500,z10,t_piega;
MoveL M4_FINE_PIEG,v800,z10,t_piega;
MoveL M4_FUORI,v500,z10,t_piega;
Set do13;
MoveL M5_FUO_ING,v500,z10,t_piega;
MoveL M5_IMBOCCA,v500,z10,t_piega;
MoveL M5_INIZ_PIEG,v500,z10,t_piega;
MoveL M5_FINE_PIEG,v800,z10,t_piega;
MoveL M5_FUORI,v500,z10,t_piega;
Set do13;
MoveL M24_FUO_ING,v500,z10,t_piega;
MoveL M24_IMBOCCA,v500,z10,t_piega;
MoveL M24_INIZ_PIEG,v500,z10,t_piega;
MoveL M24_FINE_PIEG,v800,z10,t_piega;
MoveL M24_FUORI,v500,z10,t_piega;
MoveL M24_FUO_ING,v500,z10,t_piega;
WaitTime 10;
Set do13;
MoveL M90_FUO_ING,v500,z10,t_piega;
MoveL M90_IMBOCCA,v500,z10,t_piega;
MoveL M90_INIZ_PIEG,v500,z10,t_piega;
MoveL M90_FINE_PIEG,v800,z10,t_piega;
MoveL M90_FUORI,v500,z10,t_piega;
Set do13;
ENDPROC

PROC ROB_FINE_CIC()- rotina robô no fim do ciclo de dobra
  TPerase;
  MoveJ P_HOME,v2000,z20,t_piega;
  MoveJ TRANSITO,v2000,z20,t_piega;
  MoveJ FIN_CIC,v2000,z20,t_piega;
  Set do12;
  IF DInput(di21)=1 THEN
    WHILE DInput(di21)=0 DO
      reg6:=4;
      GEST_ERRORI reg6;
    ENDWHILE
  ENDIF
  MoveJ FIN_CIC,v2000,z20,t_piega;
  MoveJ TRANSITO,v2000,z20,t_piega;
  MoveJ P_HOME,v2000,z20,t_piega;
  Reset do12;
  Set do13;
  RETURN;
```

ENDPROC

PROC ESCLUSO() - *rotina para excluir a estação*

```
TPERASE;  
MoveJ P_HOME,v2000,z20,t_piega;  
MoveJ TRANSITO,v2000,z20,t_piega;  
MoveJ FIN_CIC,v2000,z20,t_piega;  
Set do13;  
reg8:=0;  
RETURN;  
ENDPROC
```

PROC main() - *rotina principal*

```
TPERASE;  
RESET_OUT;  
RIPOSO;  
LOOP:  
IF DInput(di21)=1 THEN  
  ROB_FINE_CIC;  
  RETURN;  
ENDIF  
IF DInput(di23)=0 THEN  
  CAMBIO_MODELLO;  
  GOTO LOOP;  
ENDIF  
IF (reg8=1) THEN  
  ESCLUSO;  
  reg8:=0;  
  GOTO LOOP;  
ENDIF  
IF DInput(di11)=1 THEN  
  PIEGA_TUBO;  
  GOTO LOOP;  
ENDIF  
reg6:=5;  
GEST_ERRORI reg6;  
GOTO LOOP;  
ENDPROC
```