

Desenvolvimento de um Supervisório Modular para uma Célula Flexível de Manufatura

Aluno: Hugo Gaspar Santos

Orientador: João Carlos E. Ferreira, Ph D

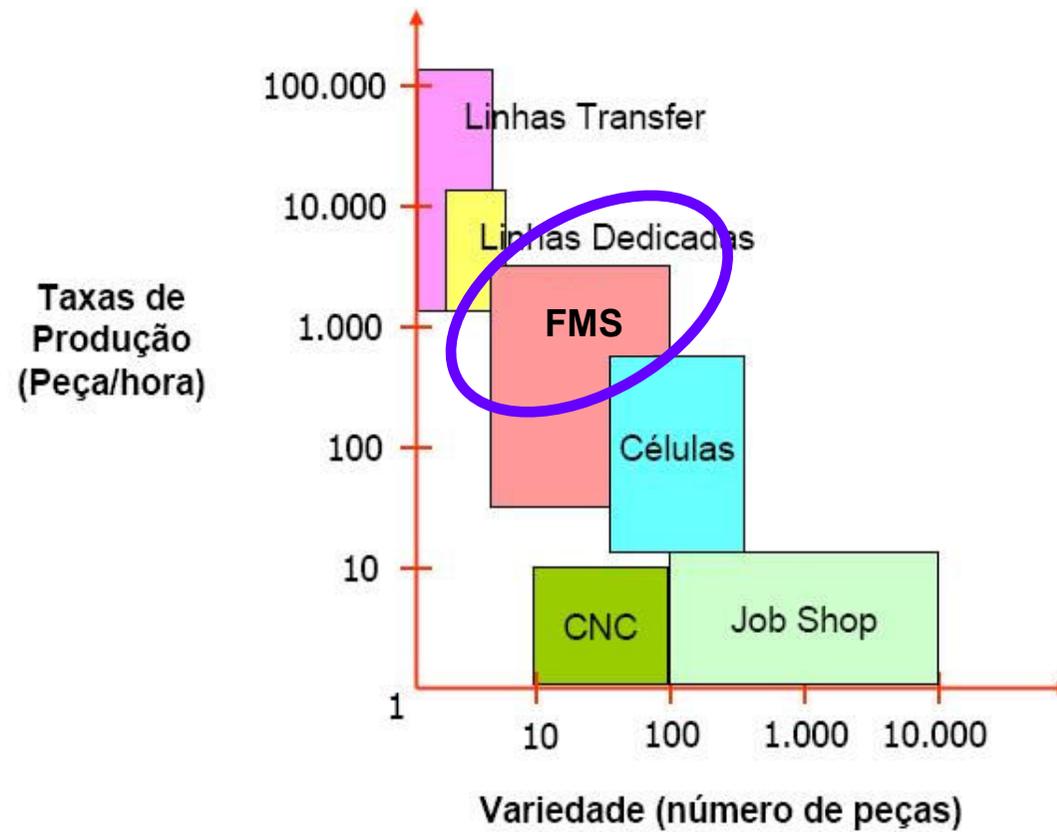
Co-Orientador: Marcelo Teixeira dos Santos, Dr Eng



Introdução



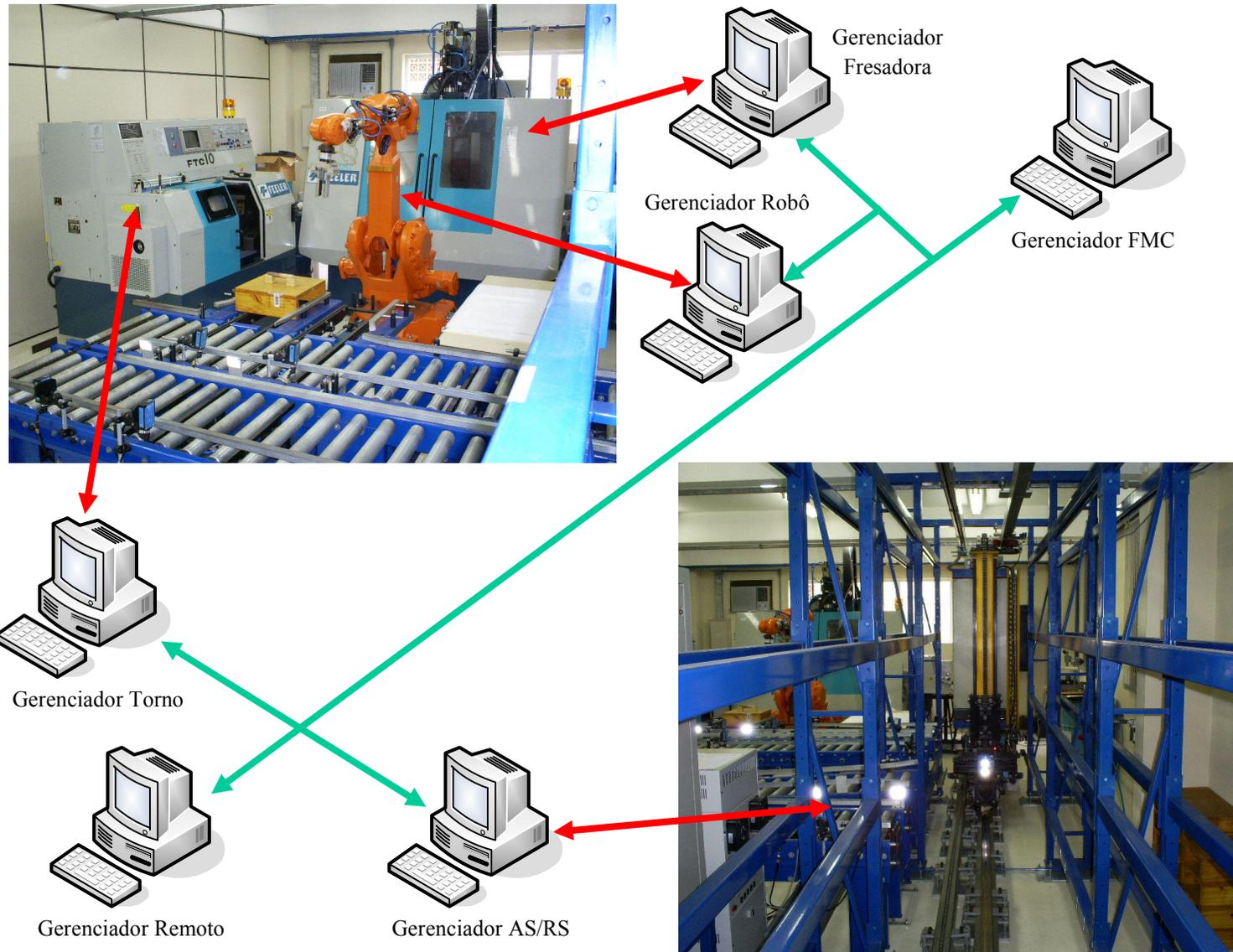
- *Um desafio e uma necessidade para as empresas de manufatura é produzir peças diferentes, com elevada qualidade e em lotes pequenos ou médios*





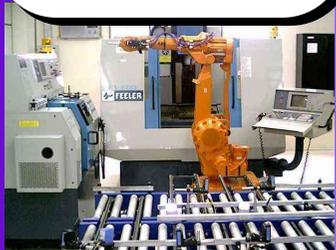
➤ *Integrar os diversos equipamentos do laboratório da SOCIESC para a formação de uma FMC*

Objetivos





Objetivos

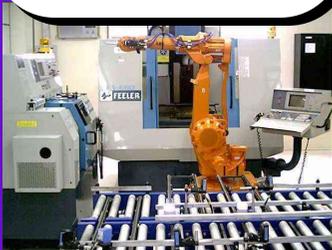


Roteiro de trabalho

- *Definir um conjunto mínimo de interfaces*
- *Modelar a célula utilizando Redes de Petri Interpretadas (RdPI)*
- *Construir Gerenciadores para cada equipamento da célula, utilizando um sistema SCADA (“Supervisory Control And Data Acquisition”)*
- *Integração Horizontal: Integrar cada Gerenciador a seu equipamento por meio de CLPs*
- *Integração Vertical: Integrar os Gerenciadores utilizando o padrão de comunicação OPC*

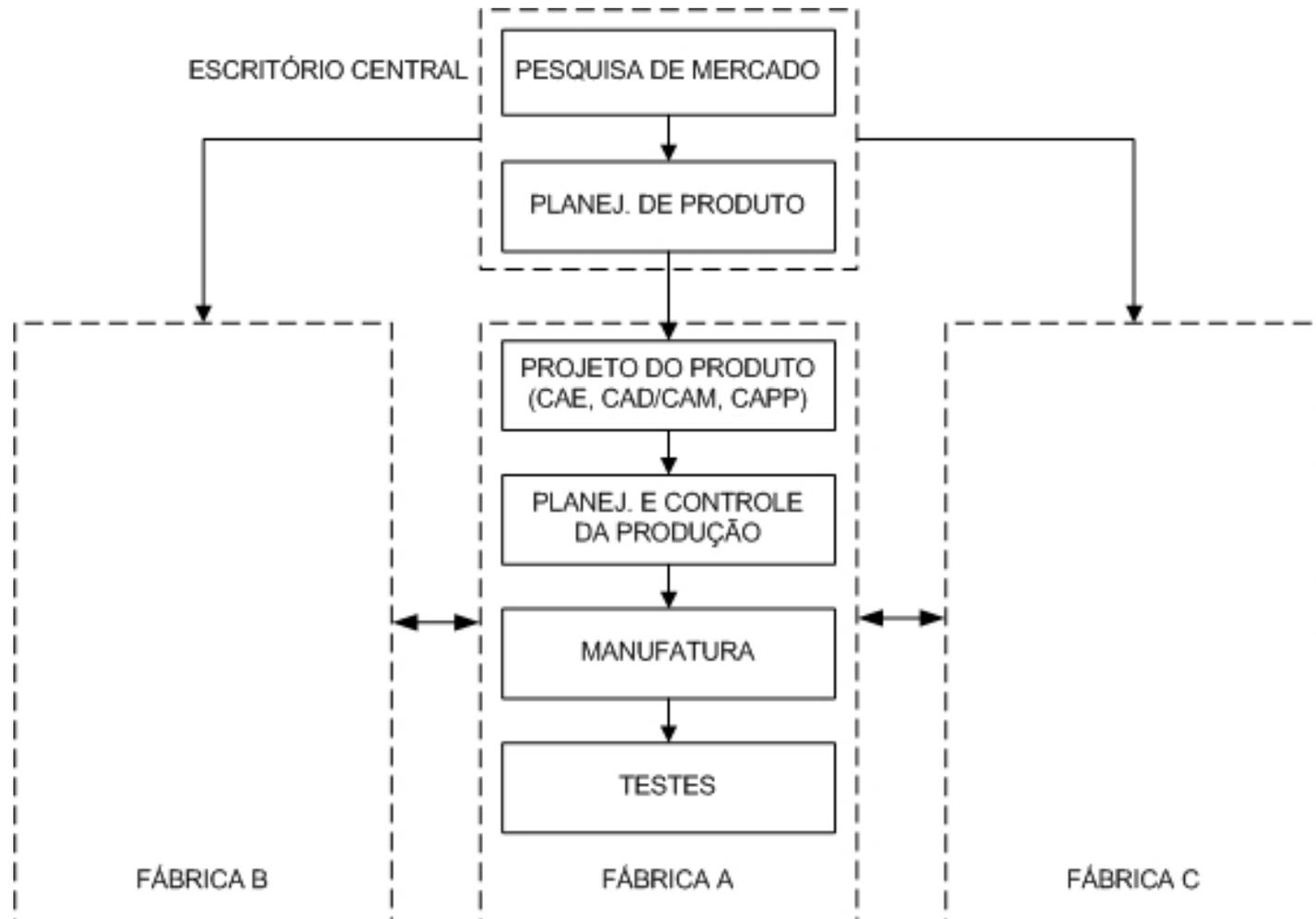


Objetivos



GRIMA - Grupo de Integração da Manufatura

CIM

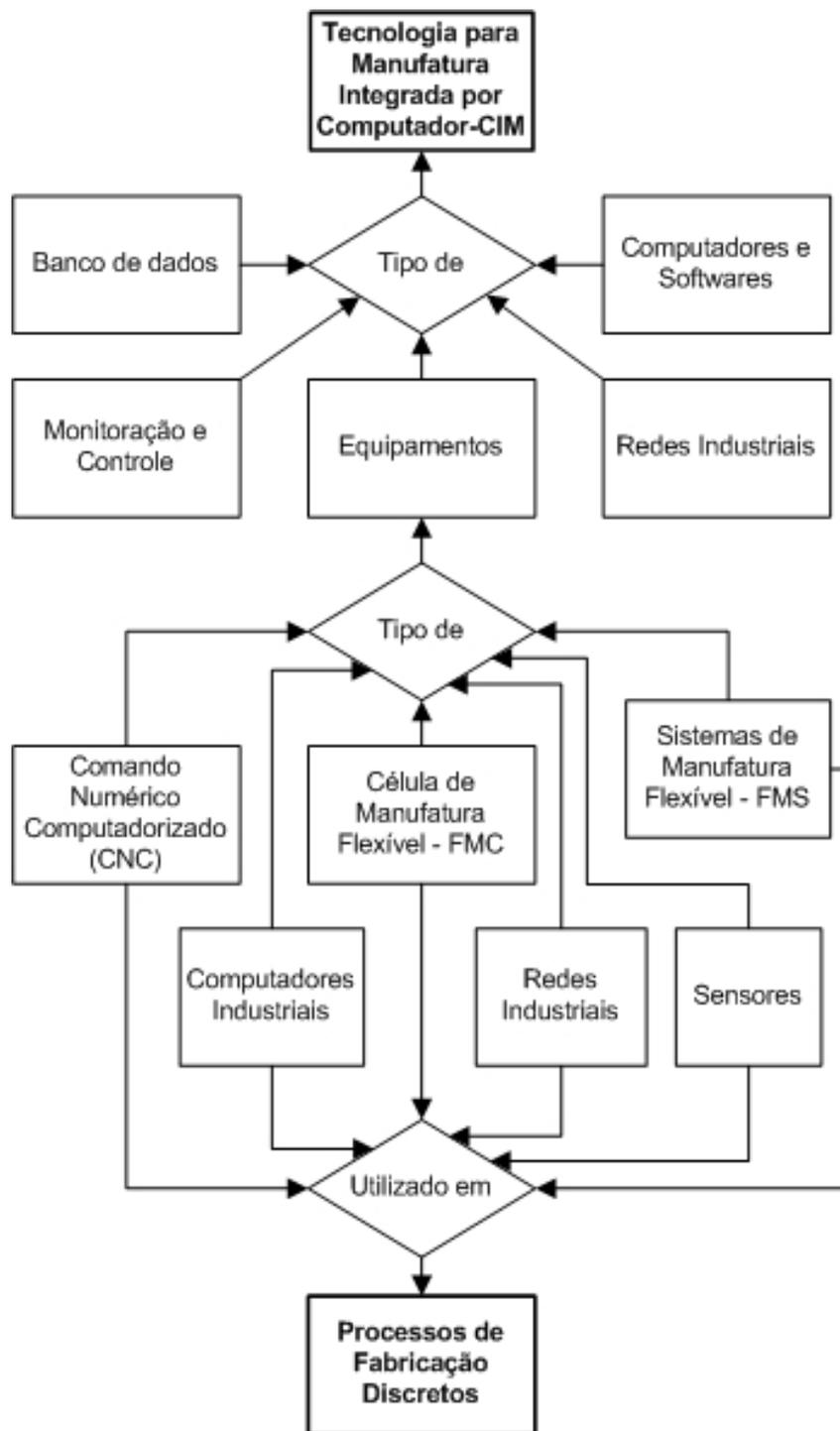
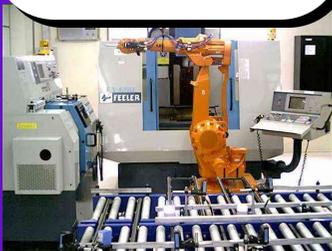


Funcionamento de um sistema CIM

(Fonte: adaptado de BATOCCHIO e FIORONI, 2006)



Objetivos



de Integração da Manufatura

CIM

*Diagrama entidade/relacionamento da tecnologia do CIM
(Fonte: adaptado de De Negri, 2004)*



*Revisão
FMS e FMC*



FMS e FMC - Definições

➤ *“Sistemas de Manufatura Flexível são sistemas de produção altamente automatizados, capacitados a produzir uma grande variedade de diferentes peças e produtos, usando o mesmo equipamento e o mesmo sistema de controle” (Kaltwasser, in Severiano Filho, 1995)*

- ✓ *Alto nível de automação*
- ✓ *A fabricação é feita normalmente por centros de usinagem CNC*
- ✓ *A transferência entre as máquinas é realizada por AGVs ou esteiras automatizadas*
- ✓ *A manipulação e posicionamento das peças é feita por robôs*
- ✓ *Matéria-prima e peças são armazenadas em um AS/RS*
- ✓ *Todos os componentes estão ligados a um sistema computacional que coordena todas as ações do sistema*



*Revisão
Redes de Petri*



Redes de Petri

“A RdP é uma ferramenta matemática e gráfica que oferece um ambiente uniforme para modelagem, análise e projeto de Sistemas a Eventos Discretos”

(Zhou e Venkatesh, 2000)

Algumas vantagens das RdP para implementação de sistemas automatizados de manufatura:

- ✓ facilidade para modelar as características de complexos sistemas industriais*
- ✓ excelente visualização das relações de dependência entre os recursos produtivos*
- ✓ facilidade para gerar códigos de controle supervisorio diretamente da representação gráfica oferecida pela RdP*



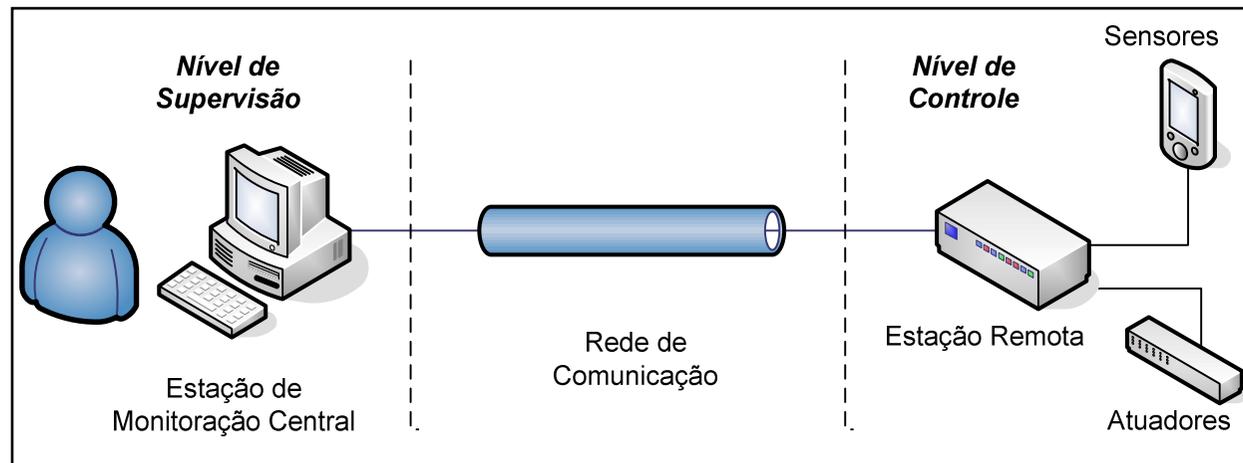
*Revisão
SCADA*



Sistemas SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition)

Os sistemas de supervisão e controle, ou supervisórios, são desenvolvidos para funcionar como:

- *Interface Homem-Máquina (IHM)*
- *Estações locais de supervisão de processos industriais*
- *Estações concentradoras de dados em processos distribuídos*



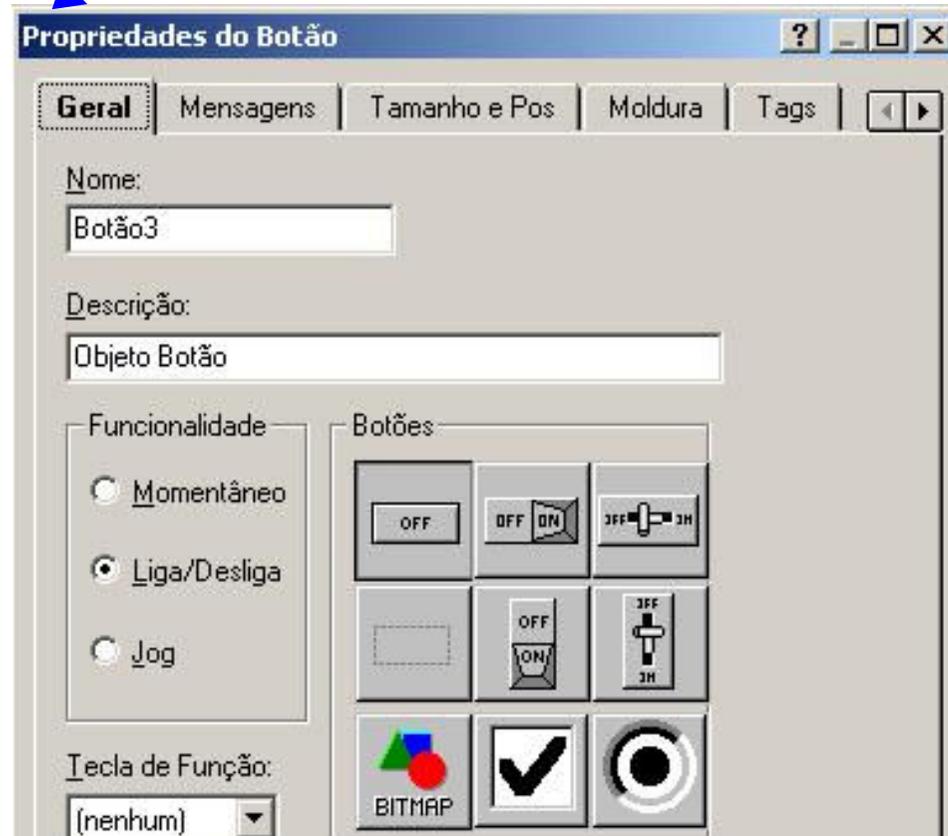
Sistemas SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition)



*Revisão
SCADA*



*Barra de
tarefas e
propriedades
do objeto
botão*





*Revisão
SCADA*



GRIMA - Grupo de Integração da Manufatura

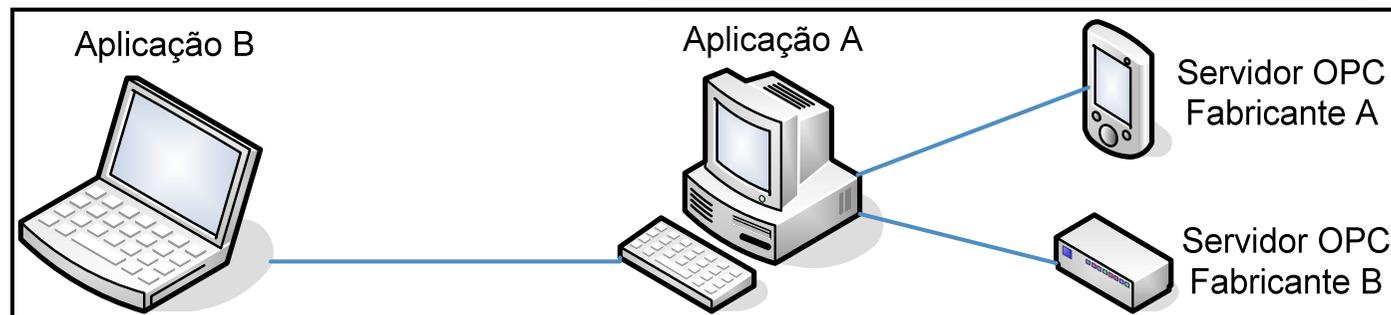
Sistemas SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition)

*Organizer e
tipos de tags
do Elipse
SCADA*



Padrão de comunicação OPC (OLE for Process Control)

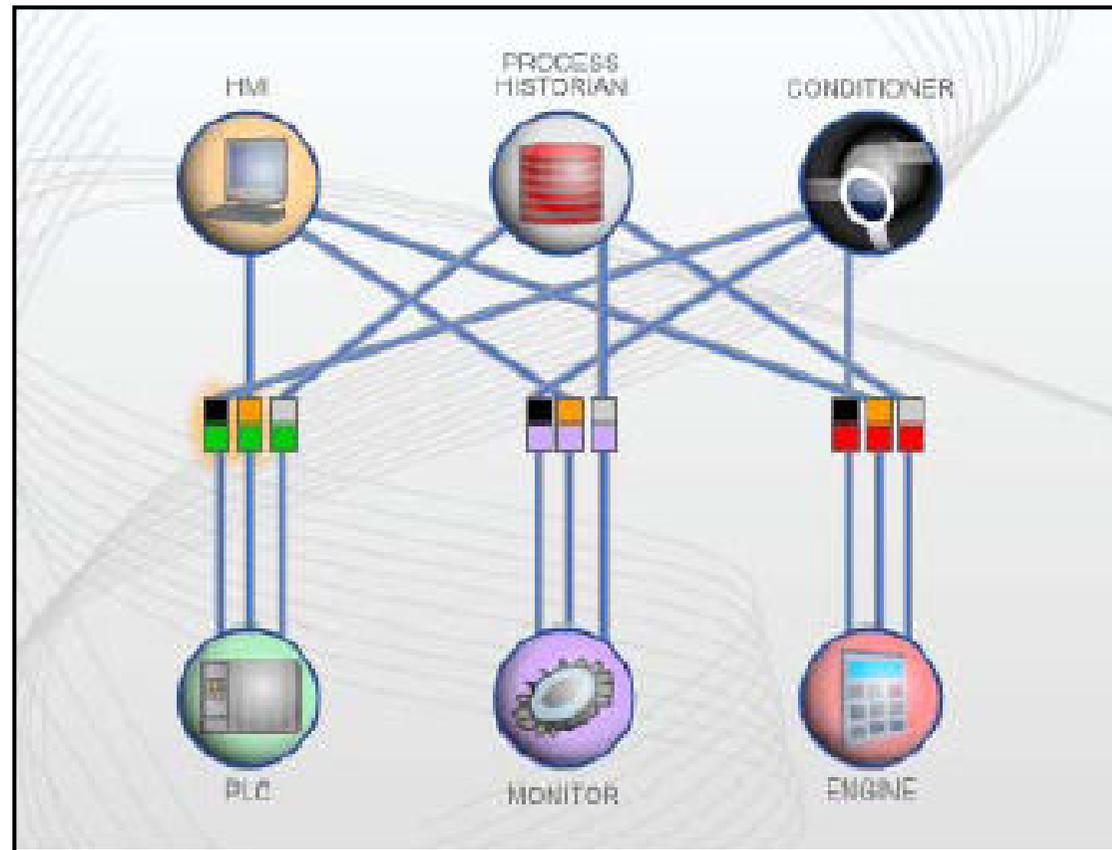
- OPC é composto por um conjunto de especificações para comunicação no ambiente industrial
- Foi desenvolvido por grandes fornecedores de hardware e software, em conjunto com a Microsoft
- Definiu padrões de objetos, interfaces e métodos para uso em controle de processos e aplicações de automação da manufatura
- Cria um meio comum para que aplicativos de diferentes camadas troquem dados entre si de forma mais simples e aberta - **INTEROPERABILIDADE**



Revisão
OPC



Padrão de comunicação OPC



Cada aplicação comunicaria com cada fonte de dados usando sua própria interface (ou driver).

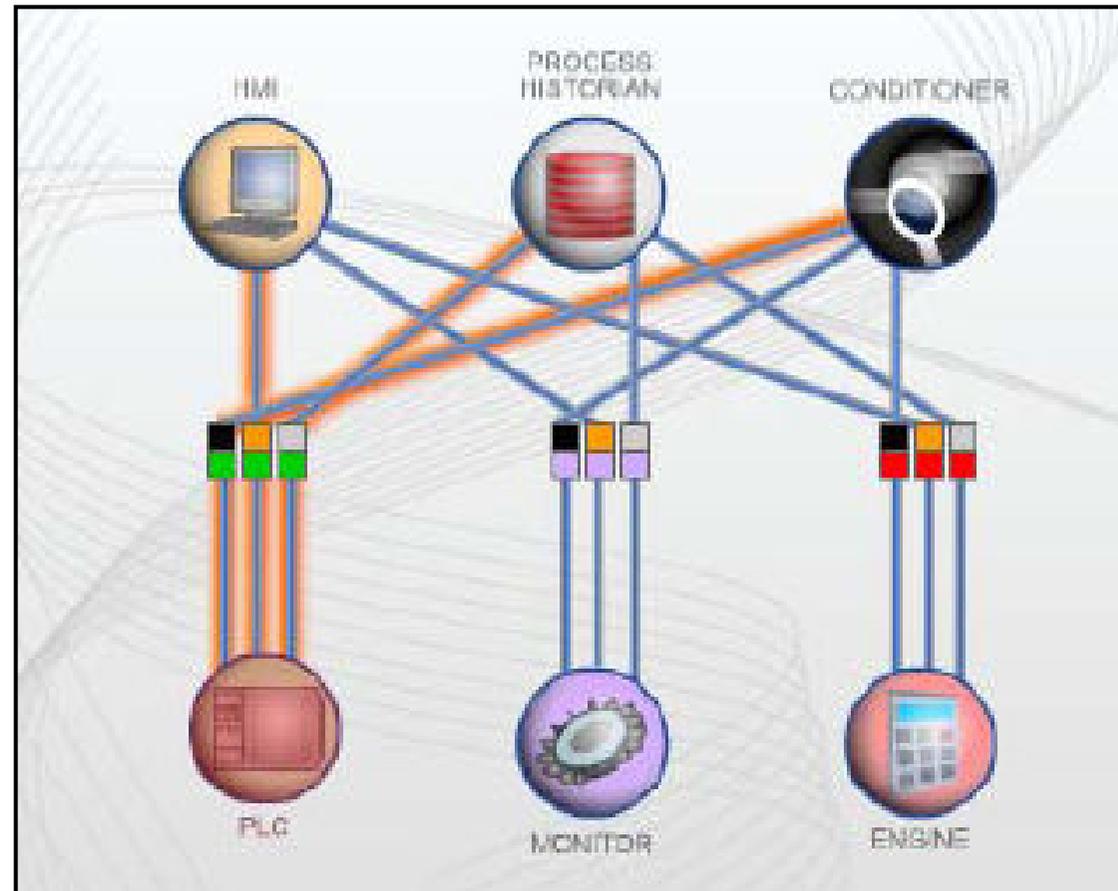
O HMI necessitou de 3 drivers para se comunicar com cada uma das fontes de dados. Um para comunicar com o PLC usando o protocolo TSAA, um segundo para recuperar dados do sistema de supervisão de vibrações, que usa Modbus, e um terceiro para recuperar os cálculos preconfigurados do dispositivo de cálculo que usa DDE. As outras aplicações necessitariam de 3 drivers também.



*Revisão
OPC*



Padrão de comunicação OPC



Note que cada fonte de dados teria que fornecer os mesmos dados 3 vezes (de 3 maneiras diferentes): uma vez para cada aplicação e seu driver → isto criaria uma tremenda carga em cada fonte de dados devido a um número excessivo de demandas de dados.



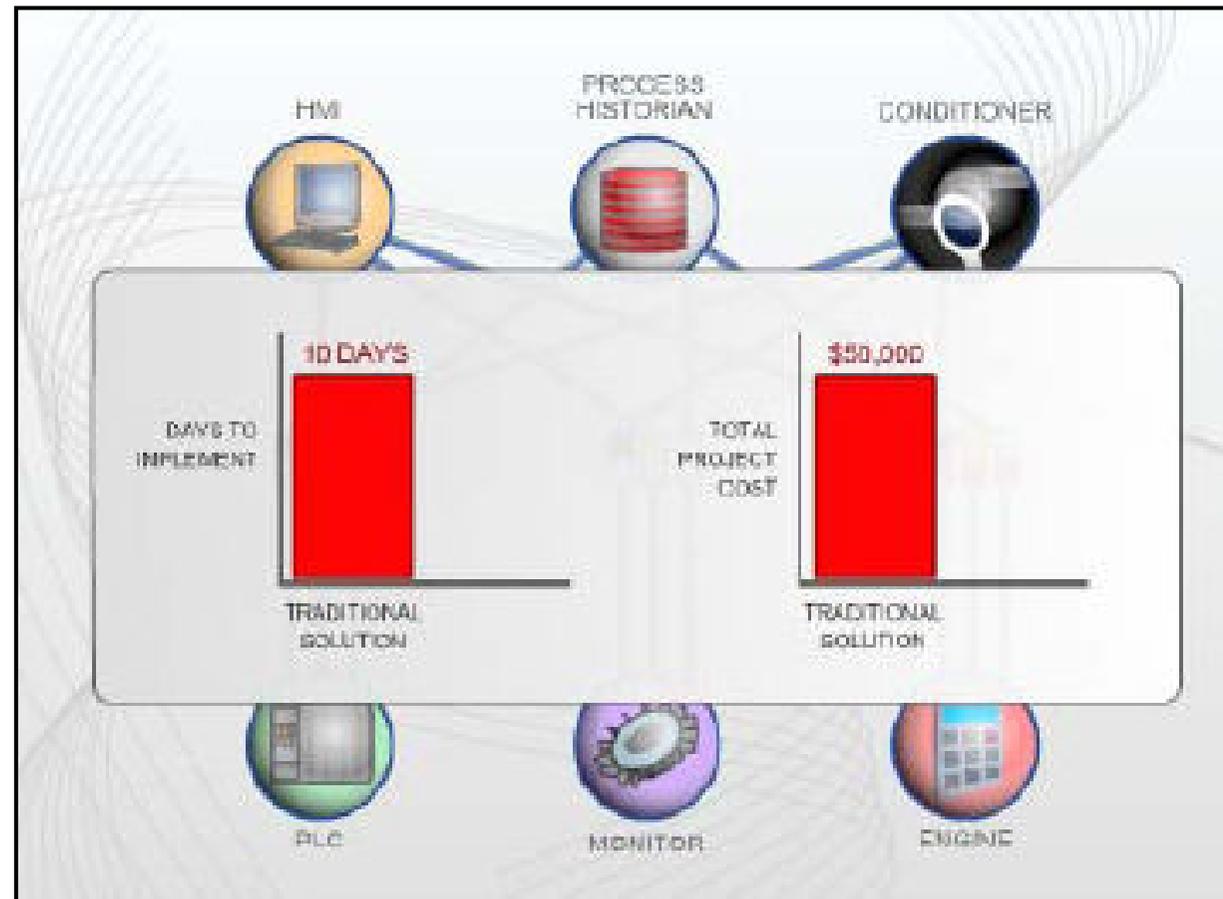
*Revisão
OPC*



Padrão de comunicação OPC



*Revisão
OPC*

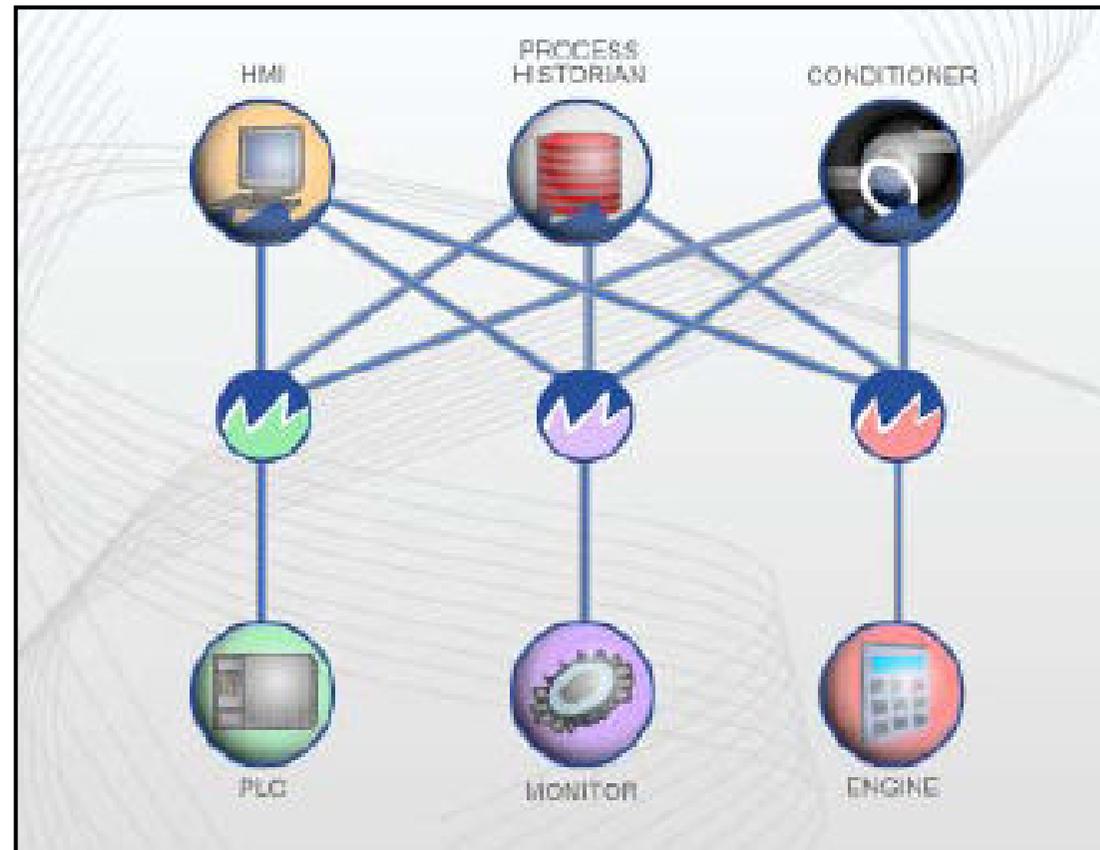


Estimou-se que seriam necessários cerca de 10 dias para completar a instalação, a um custo superior a US\$ 50.000 pelo software e respectivo serviço de instalação e treinamento.

Padrão de comunicação OPC

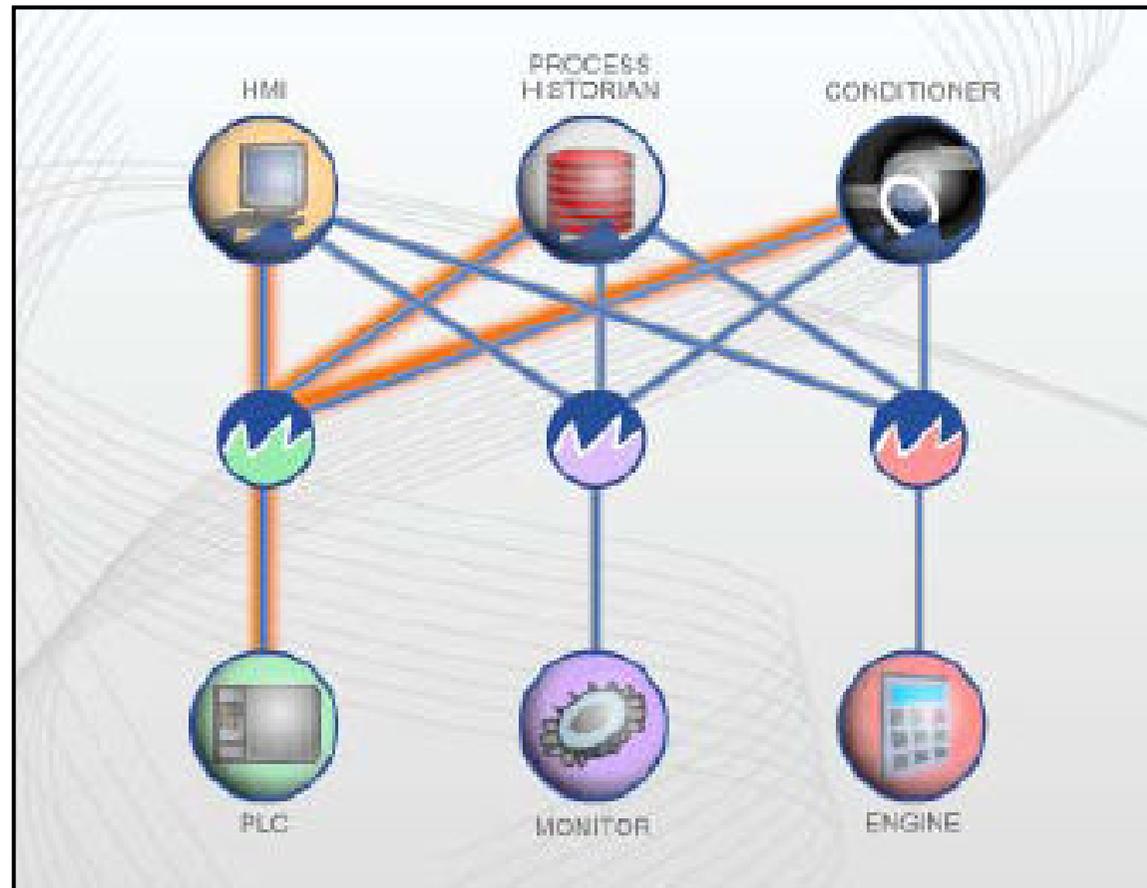


*Revisão
OPC*



A solução OPC, usando as mesmas fontes de dados e aplicações de software: neste caso, usa-se um servidor de OPC para o PLC, um para o sistema de supervisão de vibrações, e um para o dispositivo de cálculo. Como o HMI, o Historiador do Processo, e o Supervisor das Condições da Máquina já trabalham com OPC, necessita-se somente de 3 interfaces (isto é, 1/3 do total anterior). Como OPC é um padrão popular de comunicação, as interfaces estão disponíveis imediatamente, portanto não há necessidade de desenvolver software personalizado.

Padrão de comunicação OPC



Há somente 1 conexão entre cada servidor de OPC e sua fonte de dados correspondente → quando um servidor de OPC recebe 3 demandas de dados para o mesmo ponto, ele tem que enviar somente 1 demanda a sua fonte de dados. Isto reduz drasticamente as cargas de requisitos de dados em cada fonte de dados, a 1/3 do método proprietário tradicional, e aumentando significativamente o desempenho para protocolos de série lentos como Modbus.



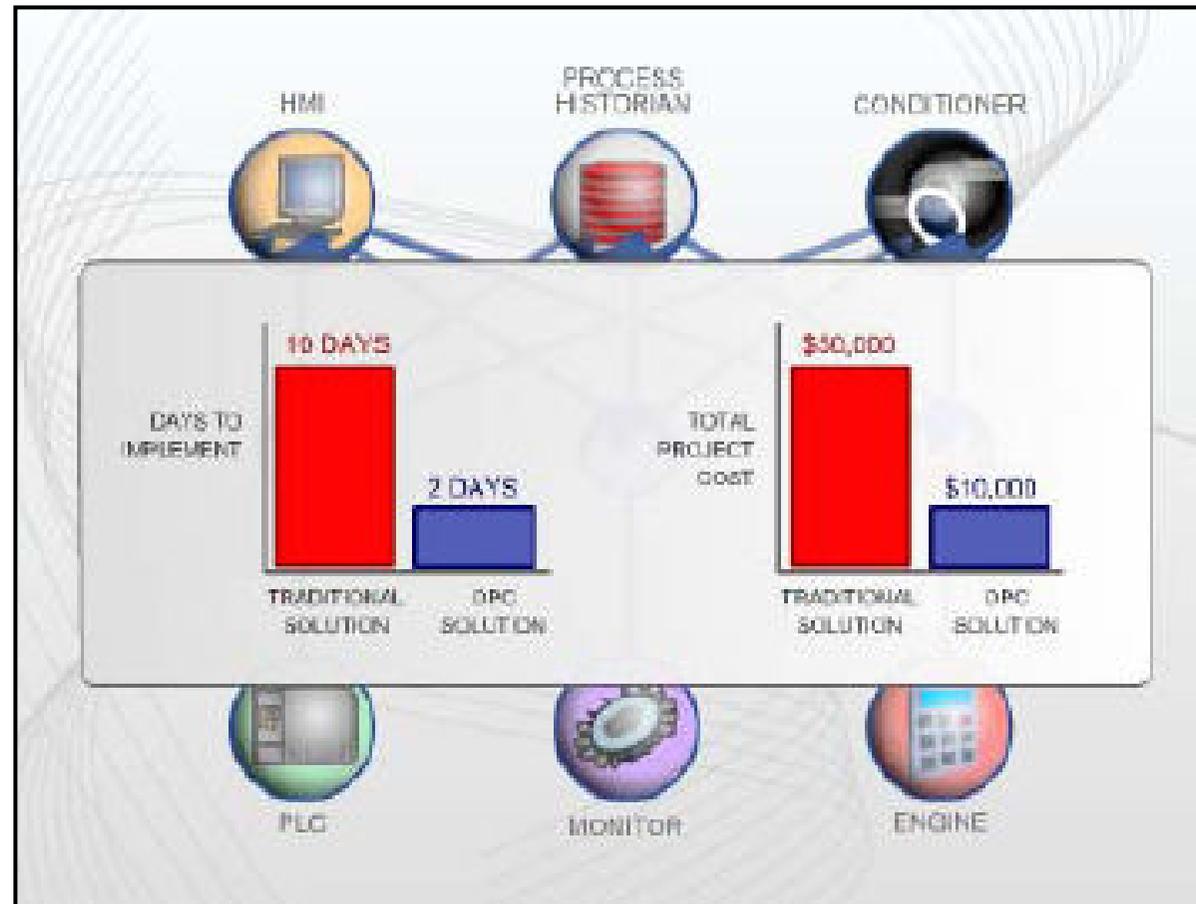
*Revisão
OPC*



Padrão de comunicação OPC



*Revisão
OPC*

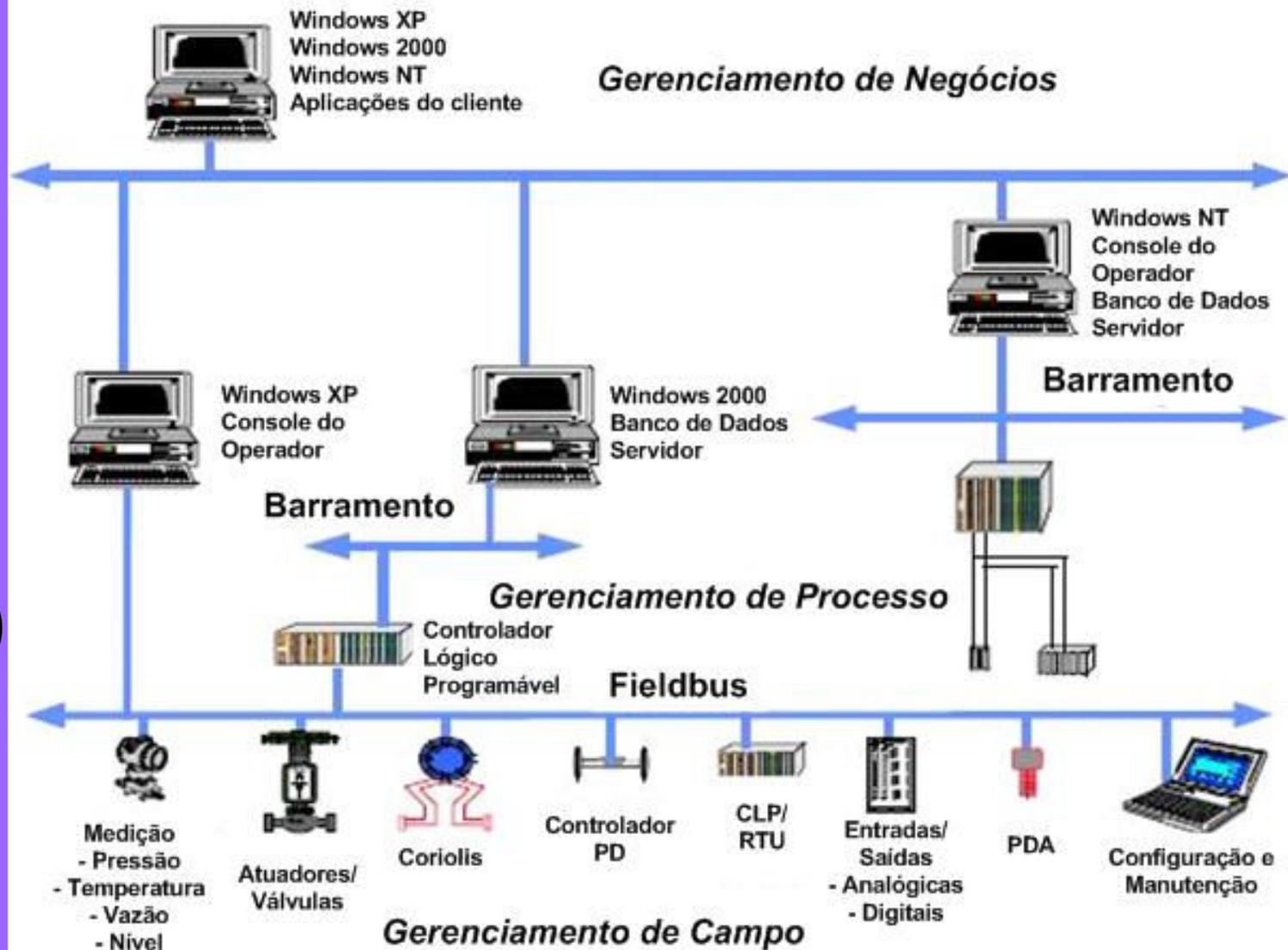


Foram necessários somente 2 dias para instalar a solução OPC, a um custo de menos de US\$ 10.000 para o software e os serviços associados.

A solução OPC ajudou a fábrica a satisfazer todos os seus requisitos. Reduziu as cargas dos dados em cada dispositivo, minimizou o tempo de aplicação, e reduziu os custos de aquisição de software. Tudo isto se alcançou com o software comercial disponível.



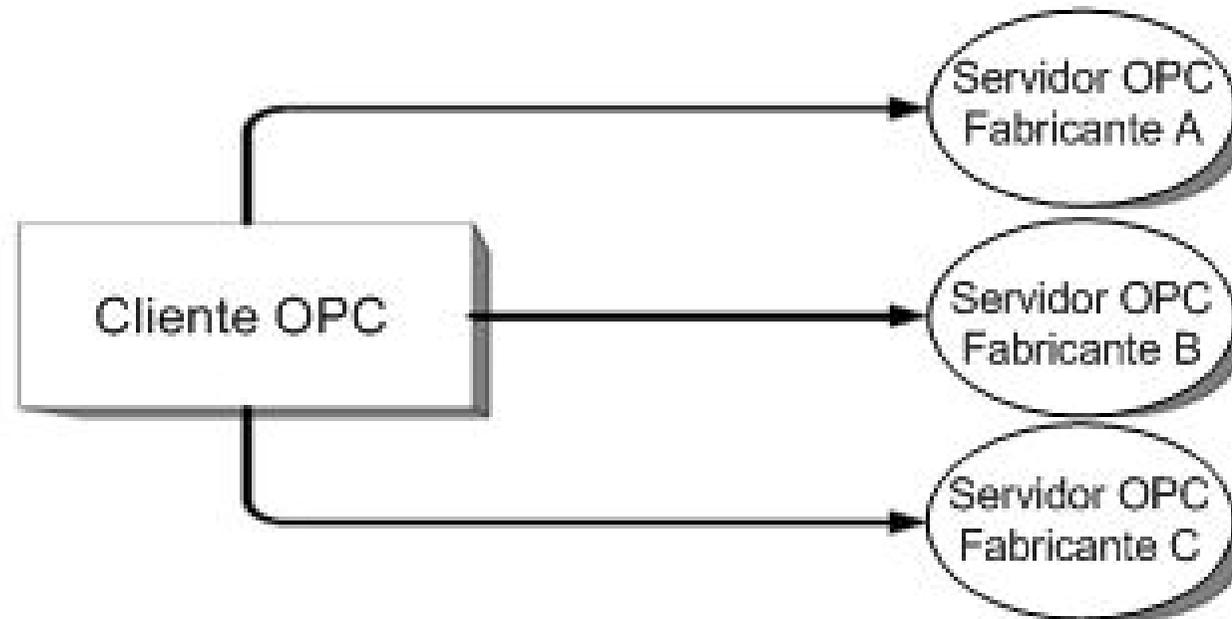
*Revisão
OPC*



Camadas de informação englobadas pela tecnologia OPC (Fonte: Adaptado de OPC Foundation, 1998) – <http://www.opcfoundation.org>



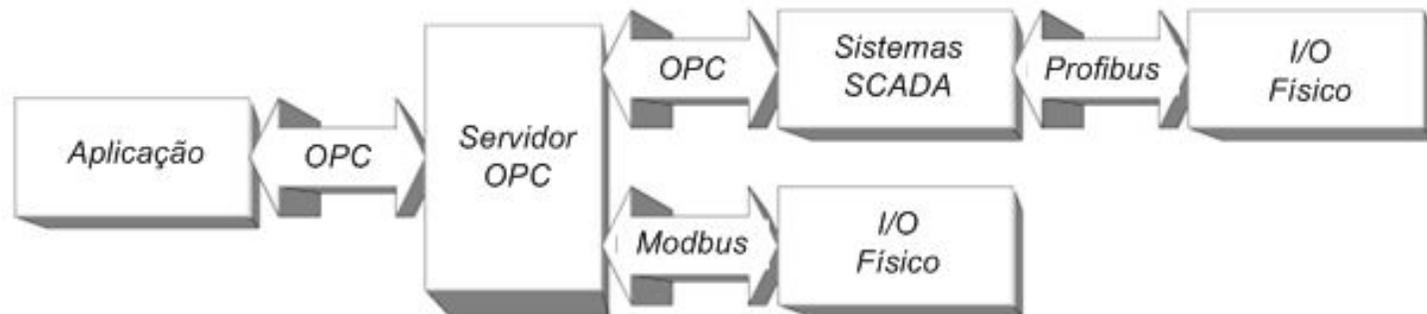
*Revisão
OPC*



*Arquitetura entre Cliente OPC e diversos Servidores OPC
(Fonte: Adaptado de OPC Foundation, 1998) –
<http://www.opcfoundation.org>*



*Revisão
OPC*



Exemplo de relacionamento entre Servidores e Clientes OPC (Fonte: Adaptado de OPC Foundation, 1998) – <http://www.opcfoundation.org>



*Revisão
OPC*



Servidores OPC

Seleção abaixo um servidor de OPC local ou da rede:

- \GARCIA
- \HELIOPRI-4CB6C6
- \HERA
- \HERCULES
- \WFM02
- \WFM03
- OPC ElipseSCADA.OPCSvr.1
- OPC Elipse.OPCSvr.1
- \WFM04
- \JUPITER01
- \LABSEC
- \LELORGA
- \M7P
- \MAGNIIIS

Opções de busca dos servidores OPC

- Tentar enumerador padrão ou registro (recomendado)
- Tentar apenas enumerador padrão (OPCENUM)
- Tentar apenas pesquisa no registro

Nome: Server

Descrição: OPC Server Connection

Manter conexão ativa BlockMode

Endereço na rede: \\WFM03 ID do Servidor: ElipseSCADA.OPCSvr.1

Informações do fabricante: Elipse SCADA 2.28 (c) Elipse Software Ltda.

Configuração do Servidor

- Verificar servidor OPC a cada 10 segundos
- Recuperar conexões perdidas a cada 50 segundos

Leituras de fundo

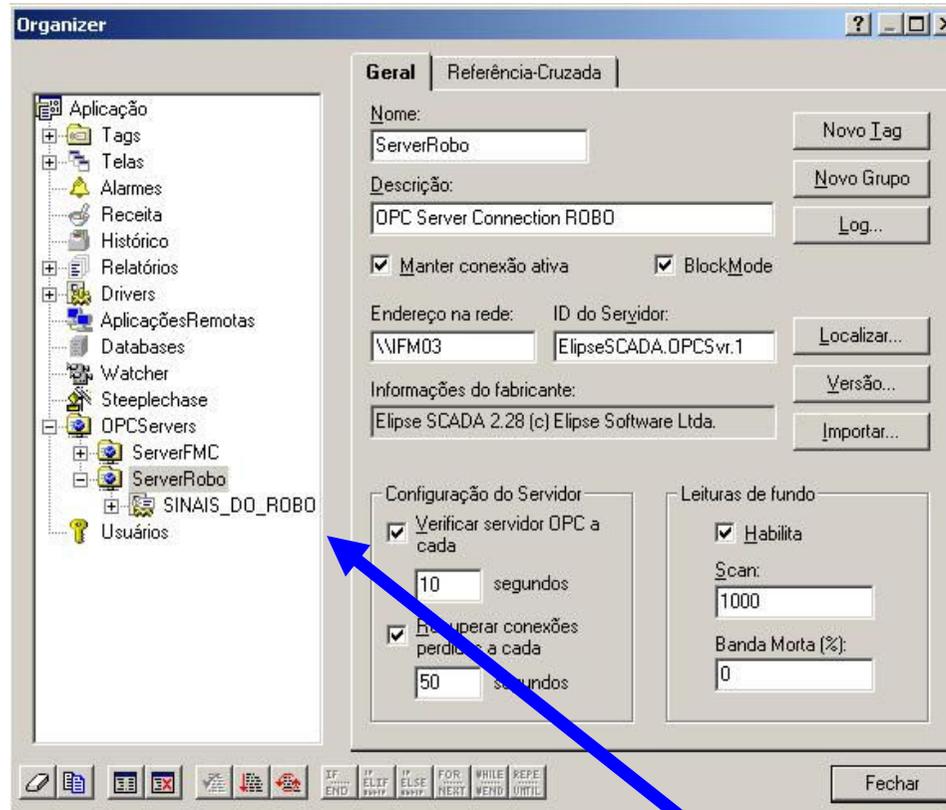
- Habilita
- Scan: 1000
- Banda Morta (%): 0

OK Cancelar

Lista de servidores OPC e configuração



*Revisão
OPC*



Importação de uma tag do servidor OPC



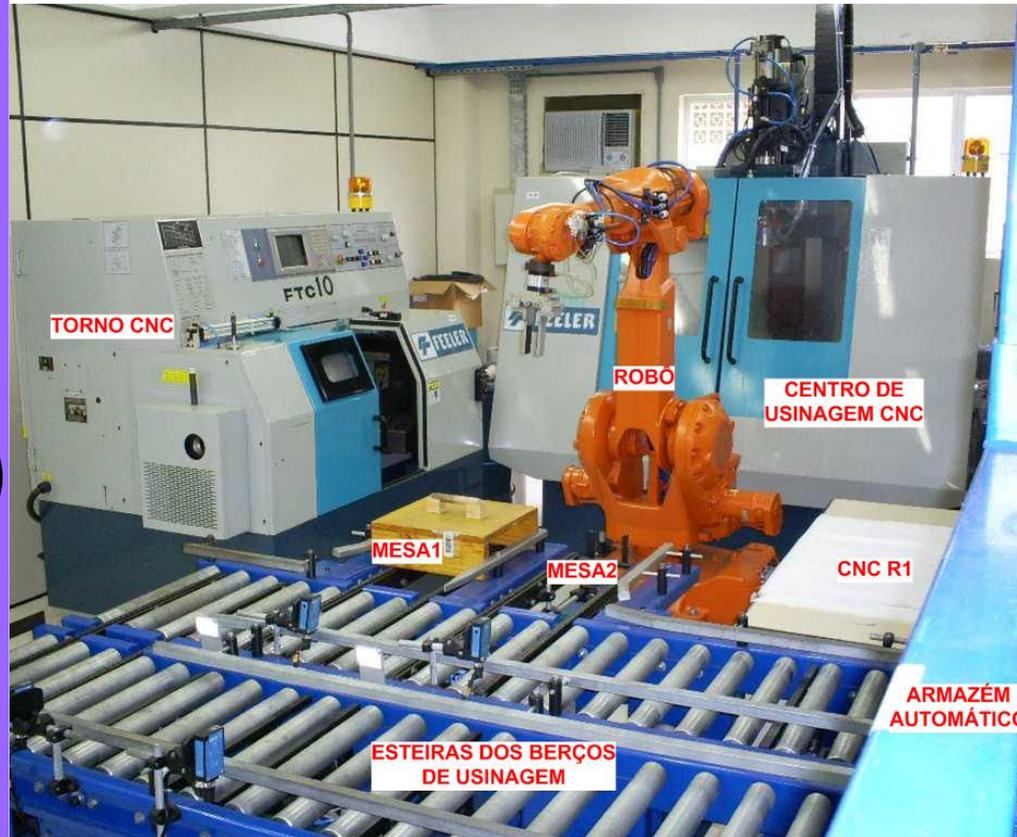
*Revisão
OPC*



Célula Flexível de Manufatura



*Revisão
OPC*



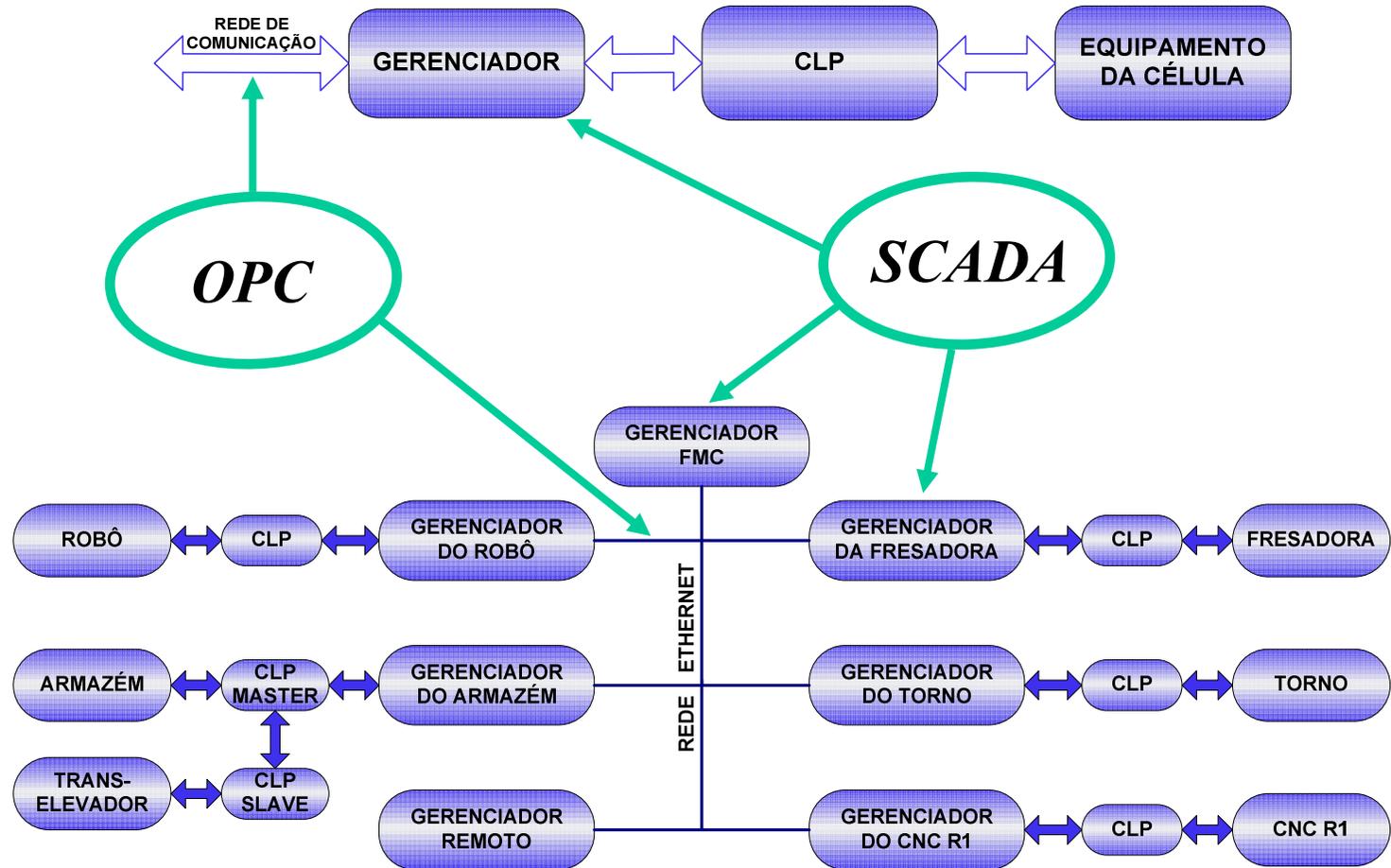
Célula Flexível de Manufatura



*Revisão
Proposta*



Arquitetura para integração da célula



SCADA – Supervisory Control and Data Acquisition

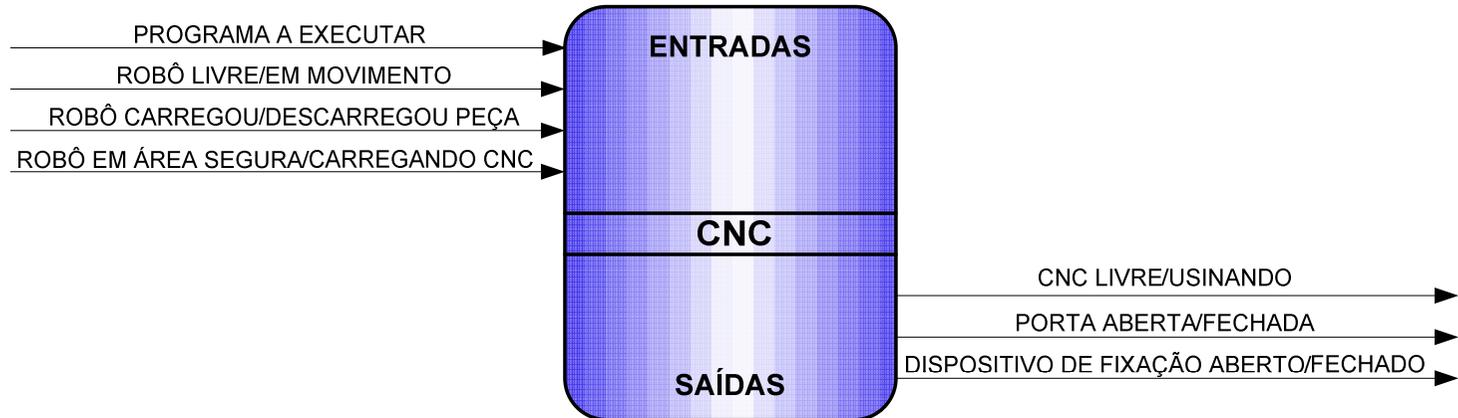
OPC – OLE for Process Control



Interfaces



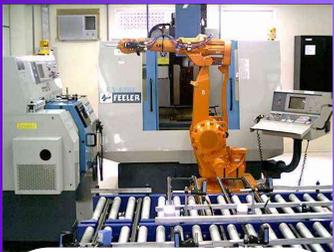
Interfaces dos equipamentos CNC



INTERFACES PARA O TORNO	Tags PARA O TORNO
PROGRAMA A EXECUTAR	ProgUsinagem
ROBÔ LIVRE/EM MOVIMENTO	ROBO_PHOME
ROBÔ CARREGOU/DESCARREGOU PEÇA	ROBO_PECA_NA_CASTANHA
ROBÔ EM ÁREA SEGURA/CARREGANDO CNC	ROBO_AREA_SEGURA
CNC LIVRE/USINANDO	TORNO_OK
PORTA ABERTA/FECHADA	TORNO_PORTA
DISPOSITIVO DE FIXAÇÃO ABERTO/FECHADO	TORNO_CASTANHA



Interfaces do Robô



Interfaces



- PROGRAMA A SER EXECUTADO
- PRESENÇA DE PALLET NA MESA2
- PRESENÇA DE PALLET NA MESA1
- DISP. DE FIX. DO CNC R1 ABERTO/FECHADO
- PORTA DO CNC R1 ABERTA/FECHADA
- CNC R1 LIVRE/USINANDO
- MORSA DA FRESADORA ABERTA/FECHADA
- PORTA DA FRESADORA ABERTA/FECHADA
- FRESADORA LIVRE/USINANDO
- CASTANHA DO TORNO ABERTA/FECHADA
- PORTA DO TORNO ABERTA/FECHADA
- TORNO LIVRE/USINANDO



ENTRADAS

ROBÔ

SAÍDAS



- ROBÔ LIVRE/EM MOVIMENTO
- ROBÔ NA CASTANHA DO TORNO
- ROBÔ NA MORSA DA FRESADORA
- ROBÔ NA MESA1 DO ARMAZÉM
- ROBÔ NA MESA2 DO ARMAZÉM
- ROBÔ NO DISP. DE FIX. DO CNC R1
- ROBÔ EM ÁREA SEGURA
- ROBÔ EM EMERGÊNCIA



Interfaces



INTERFACES DO ROBÔ	Tags DO ROBÔ
ROBÔ LIVRE/EM MOVIMENTO	ROBO_PHOME
ROBÔ NA CASTANHA DO TORNO	ROBO_PECA_NA_CASTANHA
ROBÔ NA MORSA DA FRESADORA	ROBO_PECA_NA_MORSA
ROBÔ NO DISP. DE FIX. DO CNC R1	ROBO_PECA_NA_R1
ROBÔ NA MESA1 DO ARMAZÉM	ROBO_M1
ROBÔ NA MESA2 DO ARMAZÉM	ROBO_M2
ROBÔ EM ÁREA SEGURA	ROBO_AREA_SEGURA
PROGRAMA A SER EXECUTADO	ProgUsinagem
PRESENÇA DE <i>PALLET</i> NA MESA1	ASAR_M1
PRESENÇA DE <i>PALLET</i> NA MESA2	ASAR_M2
DISP. FIX. DE R1 ABERTO/FECHADO	R1_DISP_FIX
PORTA DE R1 ABERTA/FECHADA	R1_PORTA
CNC R1 LIVRE/USINANDO	R1_OK
MORSA DA FRESADORA ABERTA/FECHADA	FRESA_MORSA
PORTA DA FREADORA ABERTA/FECHADA	FRESA_PORTA
FRESADORA LIVRE/USINANDO	FRESA_OK
CASTANHA DO TORNO ABERTA/FECHADA	TORNO_CASTANHA
PORTA DA TORNO ABERTA/FECHADA	TORNO_PORTA
TORNO LIVRE/USINANDO	TORNO_OK



Interfaces



Interfaces do AS/RS e da FMC



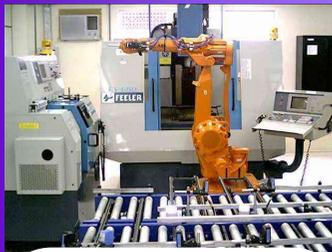


Interfaces



Interfaces e tags do AS/RS e da FMC

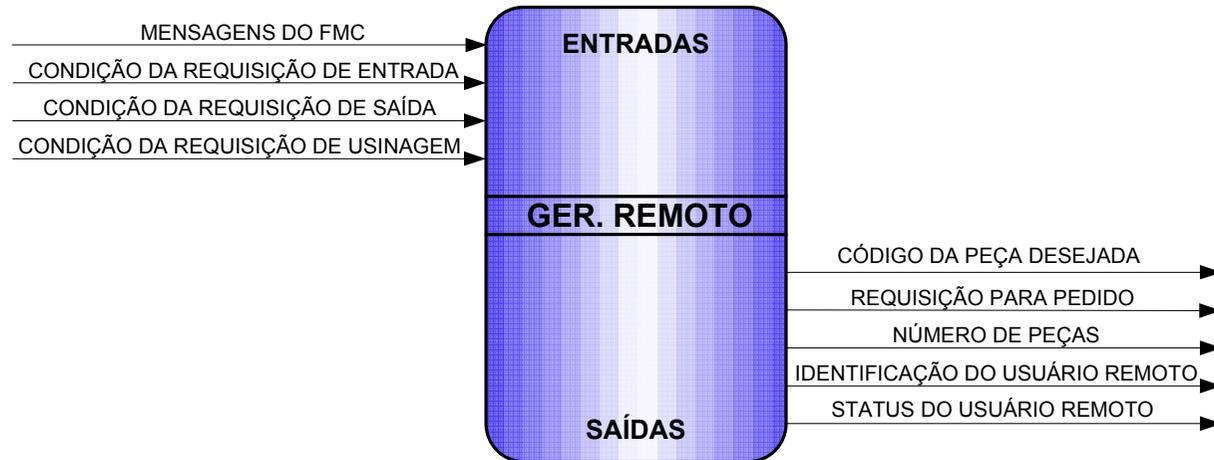
INTERFACES DA FMC E DO AS/RS	Tags FMC e AS/RS
ROBÔ LIVRE/EM MOVIMENTO	ROBO_PHOME
ROBÔ EM ÁREA SEGURA	ROBO_AREA_SEGURA
FRESADORA LIVRE/USINANDO	FRESA_OK
TORNO LIVRE/USINANDO	TORNO_OK
CNC R1 LIVRE/USINANDO	R1_OK
MENSAGENS DOS ESTADOS DO ARMAZÉM	Mensagem
<i>PALLET</i> CHEGOU NA MESA1	presença_mesa1
<i>PALLET</i> CHEGOU NA MESA2	presença_mesa2
ESCOLHA DO PROGRAMA	ProgUsinagem
PEÇA A USINAR	MovPeca
QUANTIDADE DE PEÇAS A USINAR	MovUnidades
ARMAZENA/RETIRA PEÇA USINADA	MovRetSaida
ESTRATÉGIA DE MOVIMENTAÇÃO	Estrategia1, 2 e 3
ROBÔ DEVOLVEU PEÇA PARA M1	ROBÔ_M1
ROBÔ DEVOLVEU PEÇA PARA M2	ROBÔ_M2



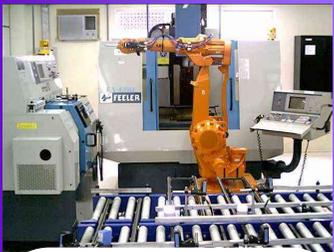
Interfaces



Interfaces do Gerenciador Remoto



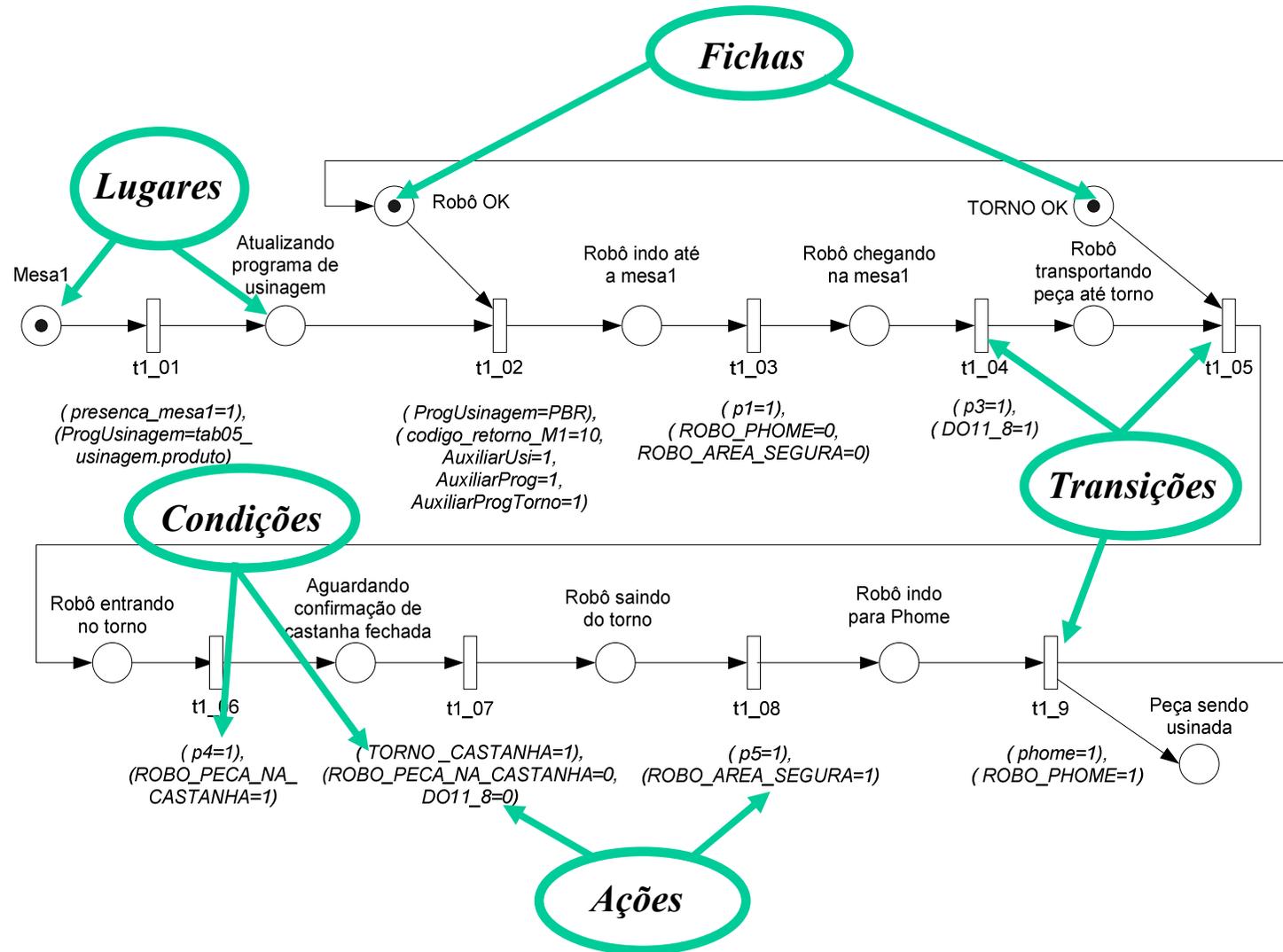
INTERFACES DO GERENCIADOR REMOTO	Tags
MENSAGENS DO FMC	Mensagem
CONDIÇÃO DA REQUISIÇÃO DE ENTRADA NO FMC	MovEntrada
CONDIÇÃO DA REQUISIÇÃO DE SAÍDA NO FMC	MovSaída
CONDIÇÃO DA REQUISIÇÃO DE USINAGEM NO FMC	MovUsinagem
CÓDIGO DA PEÇA DESEJADA	RemotoPeca
NÚMERO DE PEÇAS	RemotoUnit
IDENTIFICAÇÃO DO USUÁRIO REMOTO	RemotoUser
STATUS DO USUÁRIO REMOTO	StatusRemoto1
REQUISIÇÃO PARA PEDIDO	RemotoReq



Modelagem



Modelagem da célula em RdPI



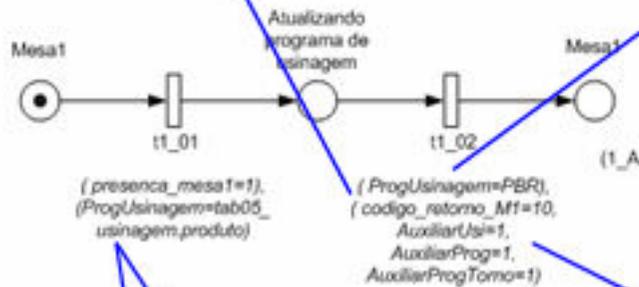


Modelagem



```
Scripts disponíveis: Novo... Remover
|: OnValueChanged
Ações: Procurar... Substituir

//Atualiza a tag codigo_retorno_M1 (torno=10, fresa=20 e z1=30)
IF (ProgUsinagem == "PBR" OR ProgUsinagem == "PPR" OR ProgUsinagem == "CPR")
  codigo_retorno_M1=10
ELSEIF (ProgUsinagem == "CBR" OR ProgUsinagem == "CPR")
  codigo_retorno_M1=20
ELSEIF (ProgUsinagem == "MIRI")
  codigo_retorno_M1=30
ENDIF
```



(presenca_mesal=1),
(ProgUsinagem=tab05_usinagem.produto)

(ProgUsinagem=PBR),
(codigo_retorno_M1=10,
AuxiliarUsi=1,
AuxiliarProg=1,
AuxiliarProgTorno=1)

Gerenciador do Robô

```
Scripts disponíveis: Novo... Remover
|: OnValueChanged
Ações: Procurar... Substituir

IF ProgUsinagem==*
  AuxiliarUsi=0
  AuxiliarProg=0
ELSEIF ProgUsinagem=="PBR"
  AuxiliarUsi=1
  AuxiliarProg=1
ELSEIF ProgUsinagem=="TBR"
  AuxiliarUsi=2
  AuxiliarProg=7
```

Gerenciador do Torno

```
Scripts disponíveis: Novo... Remover
|: OnValueChanged
Ações: Procurar... Substituir

IF ProgUsinagem == *
  AuxiliarProgTorno=0
  Bit0=0
  Bit1=0
  Bit2=0
ELSEIF ProgUsinagem == "PBR"
  AuxiliarProgTorno=1
```

Gerenciador da FMC

```
Scripts disponíveis: Novo... Remover
|: OnValueChanged
Ações: Procurar... Substituir

Dim var_pal_rec_clp
Dim var_ber_rec_clp

IF presenca_mesal==1
  IF end_mesal==1//carga chegou mesal
    var_pal_rec_clp=Str(Nro_pallet_rec_clp)
    var_ber_rec_clp=Nro_bercousi_rec_clp

    //verifico se o pallet que chegou é o esperado
    IF (var_ber_rec_clp <> 1) And (var_pal_rec_clp <> pallet_mesal)
      MessageBox("Pallet não esperado na mesal!Verifique.")
      RETURN
    ELSE
      Nro_bercousi_rec_clp=0
      Nro_pallet_rec_clp=0
    ENDIF

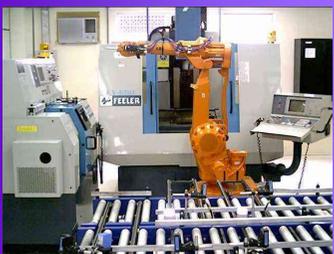
    tab05_usinagem.Requery()
    tab05_usinagem.SQLQuery(".*")

    IF tab05_usinagem.Find("pk_nuapallet=" + Str(pallet_mesal))
      pallet_mesal=tab05_usinagem.pk_nuapallet
      IF tab05_usinagem.status==14
        IF tab05_usinagem.mesa==1
          tab05_usinagem.BeginTrans()
          tab05_usinagem.status=16
          tab05_usinagem.CommitTrans()

          //Atualiza a tag ProgUsinagem com o código de usinagem
          ProgUsinagem=tab05_usinagem.produto
```

ção da Manufatura

Conversão da RdPI para o Código de Controle

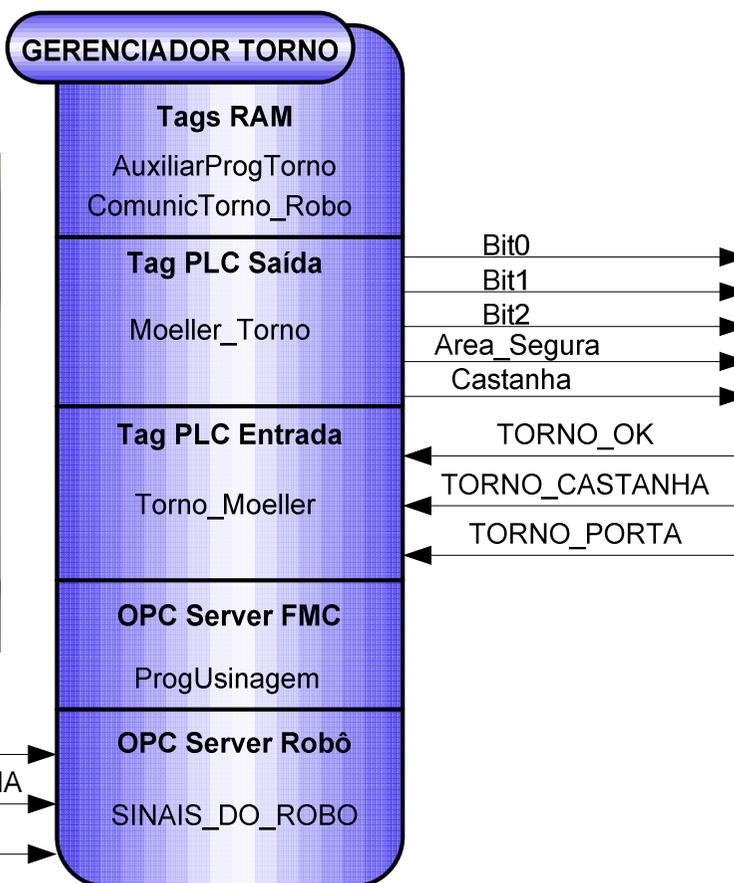


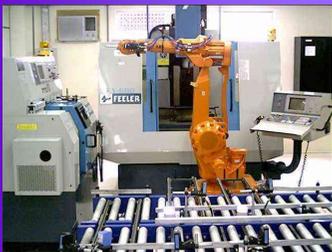
Integração

Estrutura do Gerenciador do Torno



ROBO_PHOME
ROBO_PECA_NA_CASTANHA
ROBO_AREA_SEGURA





Integração

GRIMA - Grupo de Integração da Manufatura

Programa do CLP Moeller

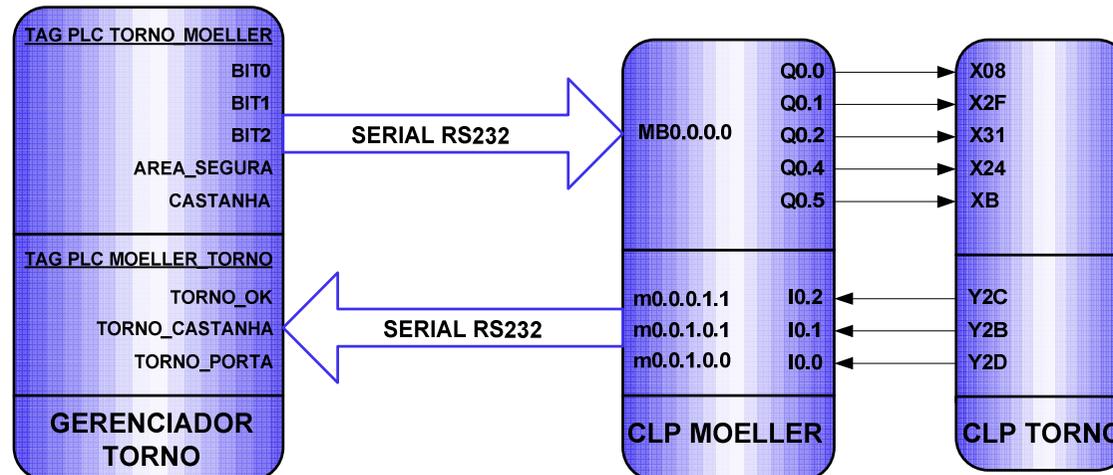
EDITOR de PDU - [PULGUS.poe - Programa]

Archivo Editar Visualización Insertar Online Extras Ventana Ayuda

LD LDN ST STN S R: ORL ORL C ORL CH F JMP JMP C JMP CH RET RET C RET CH

	Nombre	Tipo	Valor	Atributo	Dirección	Comentario
1	MEMORIA	BYTE	0		%MBO.0.0.0	Gerenciador escreve
2	SAIDA	BYTE	0		%QBO.0.0.0	CLP transfere p/torno
3	castanha	BOOL	0		%i0.0.0.0.0	status castanha
4	mem_cas	BOOL	0		%m0.0.1.0.0	
5	porta	BOOL	0		%i0.0.0.0.1	status porta/ok
6	mem_porta	BOOL	0		%m0.0.1.0.1	
7	livre	BOOL	0		%i0.0.0.1.0	status torno_OK
8	mem_livre	BOOL	0		%m0.0.0.1.1	

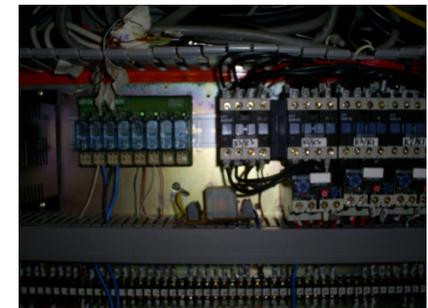
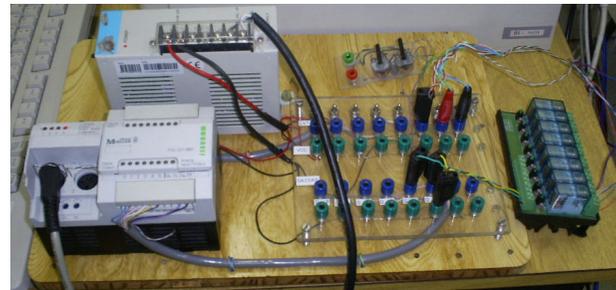
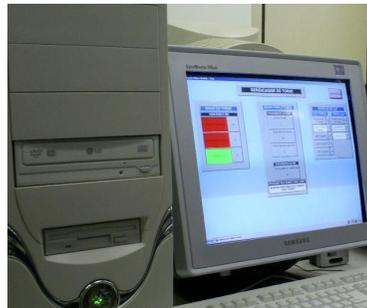
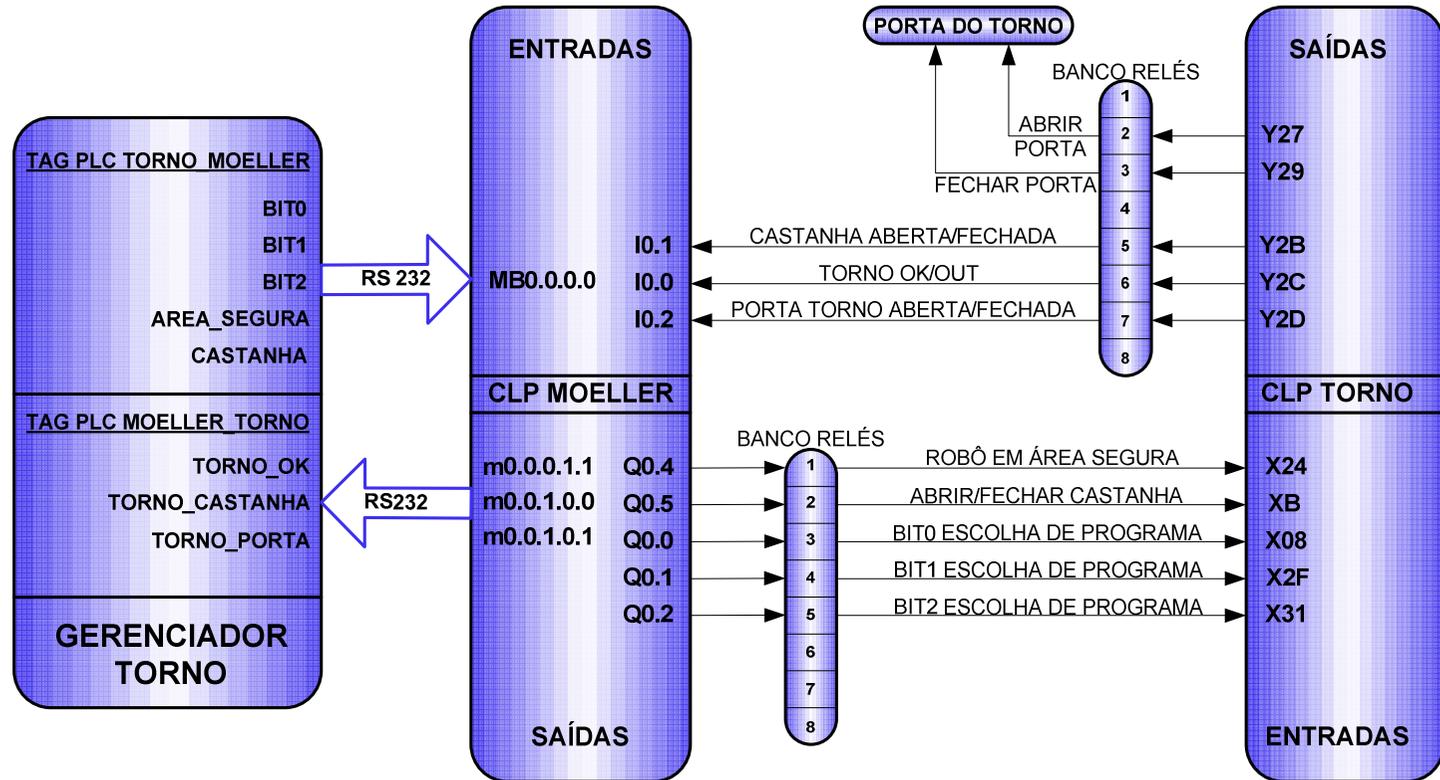
LD	MEMORIA
ST	SAIDA
LD	castanha
ST	mem_cas
LD	porta
ST	mem_porta
LD	livre
ST	mem_livre



Integração do gerenciador, CLP Moeller e Torno



Integração

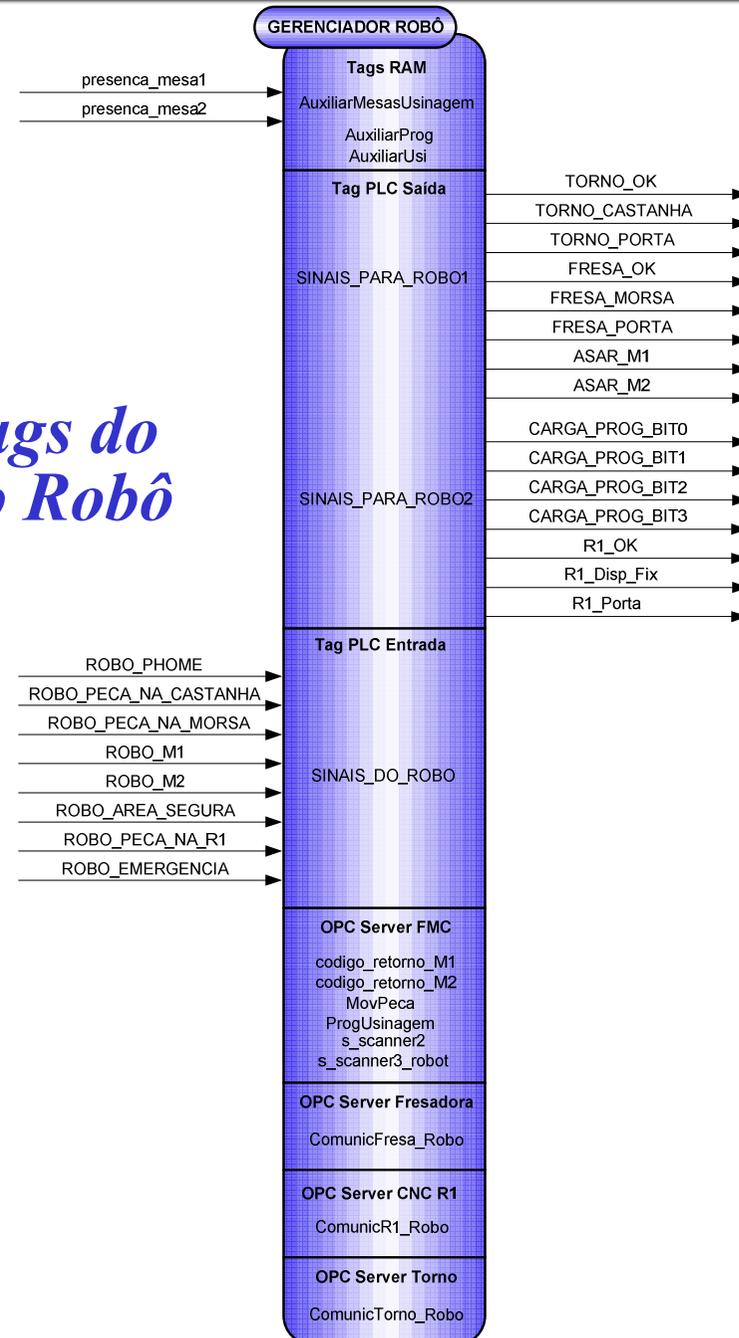




Integração

GRIMA - Grupo de Integração da Manufatura

Arquitetura das tags do Gerenciador do Robô

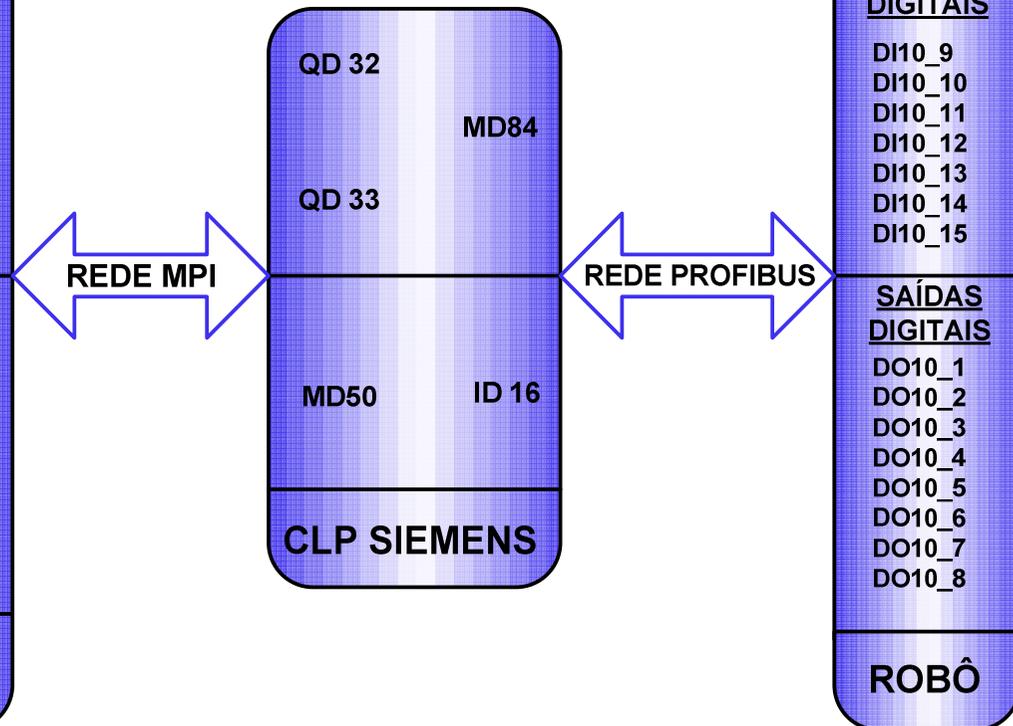
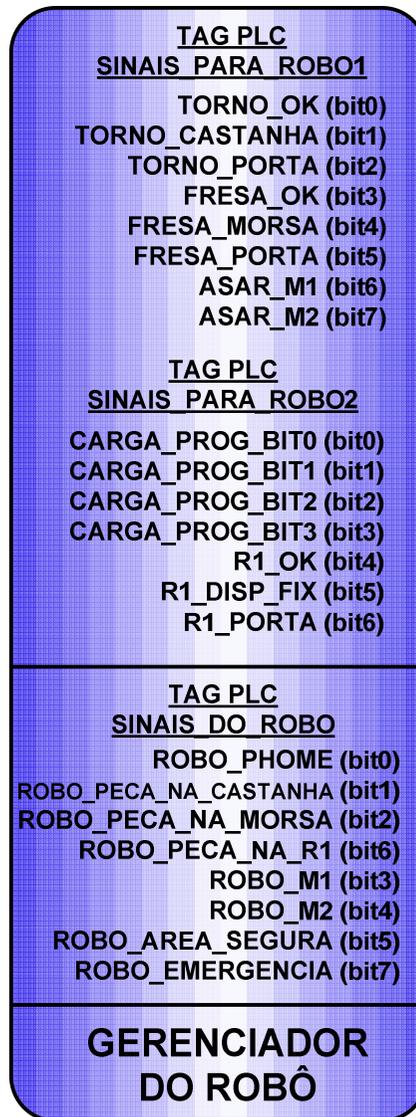




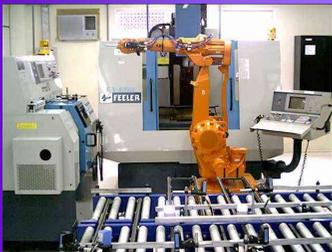
Conexão das tags PLC, CLP Siemens e I/O do Robô



Integração



Programa do Robô



Integração

PROC main()

inicio:

TEST

Comando

CASE 1:

m1t1;

CASE 2:

t1m1;

CASE 3:

m2t1;

CASE 4:

t1m2;

.

.

.

CASE 11:

m2r1;

CASE 12:

r1m2;

CASE 15:

emer;

CASE 0,13,14:

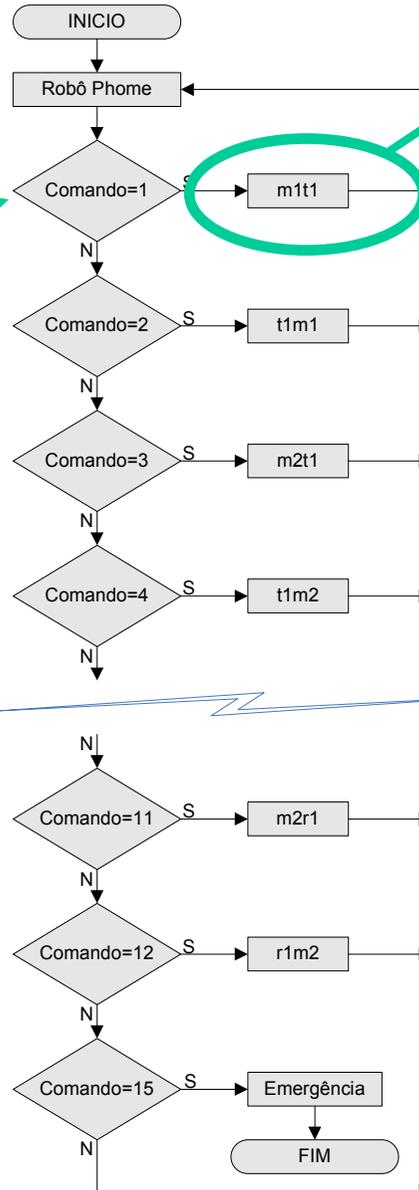
GOTO inicio;

ENDTEST

GOTO inicio;

ENDPROC

ENDMODULE



PROC m1t1()

!Verifica se o torno está OK

IF DI10_1=1 THEN

! inicio do programa mesa1-torno1

MoveAbsJ jposhome,v200,z80,tool0;

MoveJ p1,v200,z80,tool0;

! informa que robô está fora de Phome

Reset DO10_1;

MoveJ p2,v200,z80,tool0;

! informa que robô está fora de Área Segura

Reset DO10_6;

MoveL p3,v100,fine,tool0;

WaitTime 1;

! fecha a garra para pegar a peça na mesa1

Set DO11_8;

WaitTime 1;

MoveJ p2,v200,z80,tool0;

SingArea\Wrist;

MoveJ p16,v200,fine,tool0;

MoveL p5,v200,fine,tool0;

! espera sinal de confirmação da porta do torno aberta

WaitDI DI10_3,1;

! espera sinal de confirmação da castanha aberta

WaitDI DI10_2,0;

...

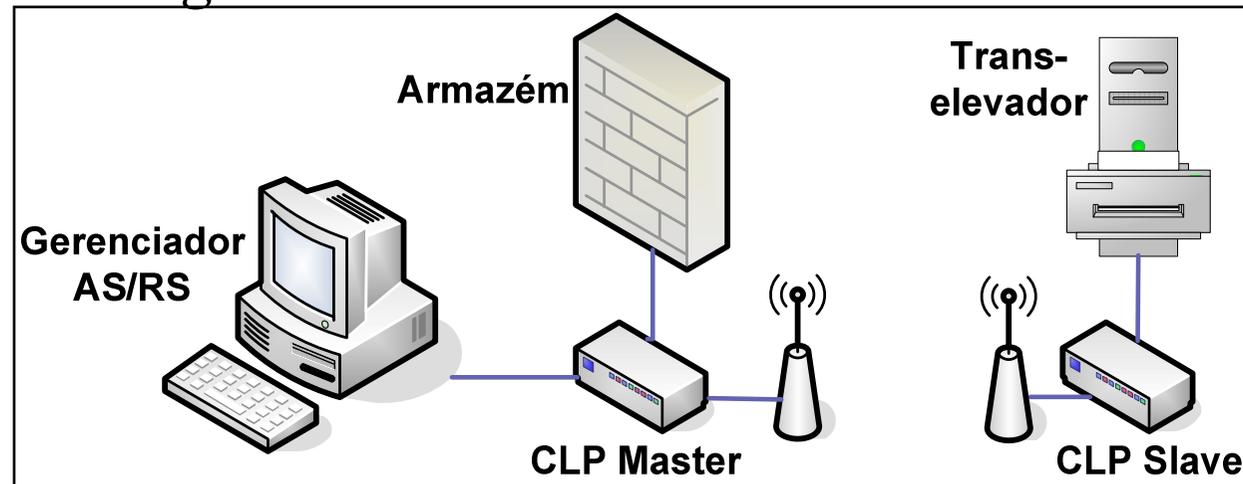


Integração

Gerenciador do Armazém Automático

O Gerenciador AS/RS é o responsável por todas as operações do armazém automático, entre as quais:

- *entrada e armazenamento de matéria-prima*
- *retirada de peças já processadas*
- *estratégia de movimentação de materiais*
- *encaminhamento de matéria-prima para as mesas de usinagem*





Integração

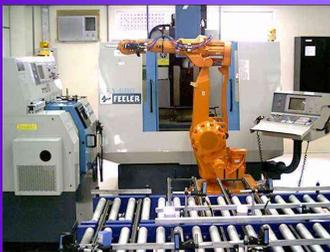
Gerenciador da FMC

O Gerenciador da FMC é a interface do operador com a célula e permite:

- *realizar pedidos de fabricação de peças*
- *cadastrar usuários, peças e processos de usinagem*
- *controlar e atualizar o banco de dados*
- *informar ao usuário os estados dos equipamentos da célula*
- *consultar matéria-prima, peças produzidas e peças em estoque*
- *emitir relatórios de produção e tarefas agendadas*

Gerenciador Remoto

O Gerenciador Remoto é a interface para que usuários fisicamente distantes possam inserir pedidos de fabricação na célula.



Integração

Aplicação Eipse SCADA - ReqUsinagem

GERENCIADOR DE PEDIDOS REMOTOS DE USINAGEM PARA PULGUS

REQUISIÇÃO DE PEÇAS E QUANTIDADES

Peça	Unidades	<div style="background-color: green; color: white; padding: 10px; font-weight: bold;">ENVIAR PEDIDO</div>	USUÁRIO
CBR	3		Remoto1
Mensagem de PULGUS			Status de PULGUS
0			1

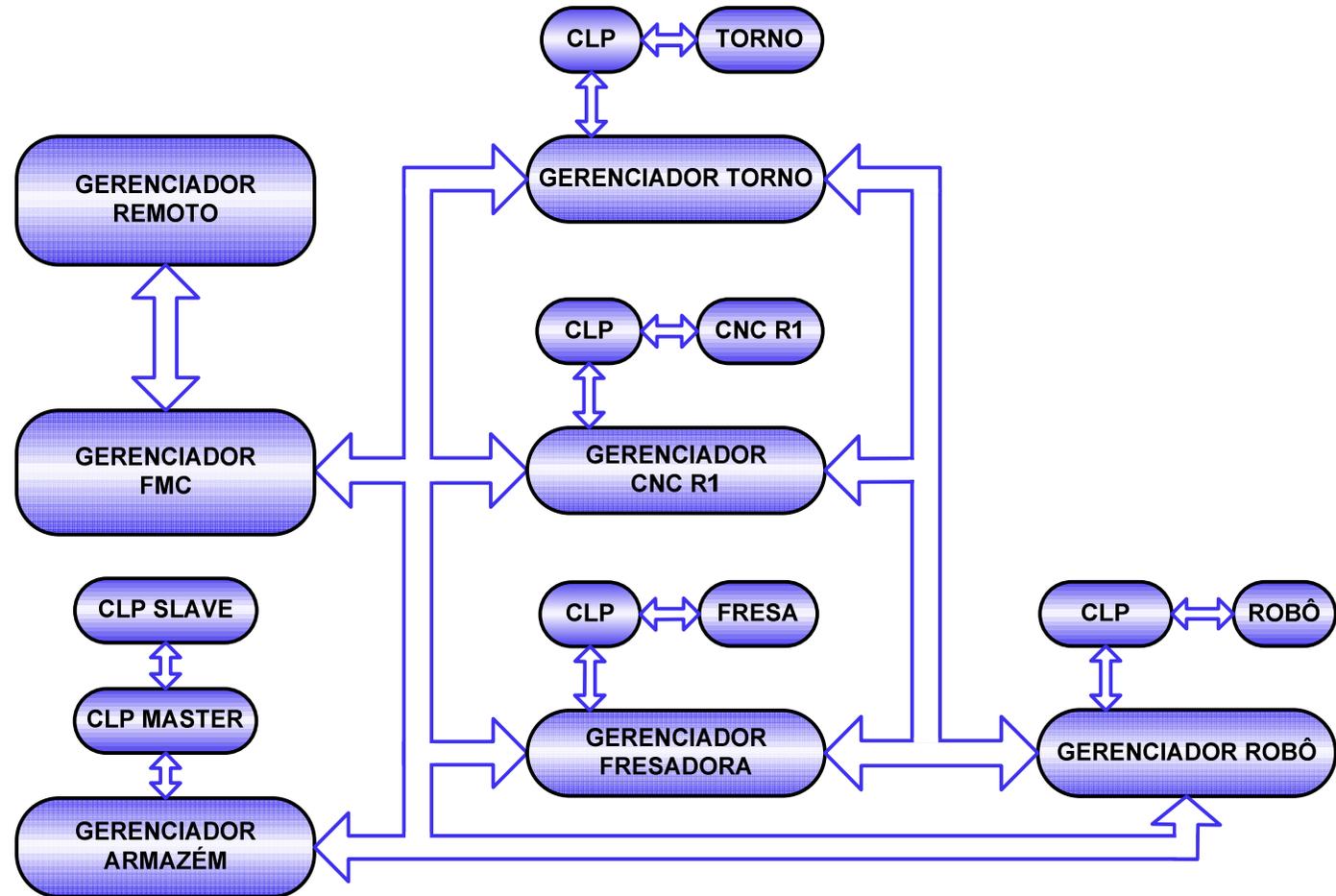
INFORMAÇÕES SOBRE PULGUS

Tempo de Conexão (s)	STATUS de PULGUS		
40	PULGUS habilitado para receber pedidos		
Tempo Restante (s)	PulguS Saida	PulguS Entrada	PulguS Usinagem
140	0	0	0



Integração

Integração Geral da célula





Conclusões

Conclusões

- *O roteiro inicialmente proposto para integração da FMC foi implementado com sucesso.*
- *A definição de um conjunto de interfaces para cada equipamento, e a modelagem da célula em RdPI, permitiram construir os códigos dos gerenciadores no software SCADA de forma direta.*
- *A utilização do padrão de comunicação OPC para integração dos gerenciadores simplifica a troca de dados entre aplicativos e permite a inserção de novos módulos na FMC de forma simplificada.*



Contribuições

Contribuições

- *Definição de um conjunto de interfaces*
- *Modelagem da FMC utilizando RdPI*
- *Construção de gerenciadores supervisórios (SCADA)*
- *Construção de programas de CLP*
- *Construção de programas de movimentação do robô*
- *Construção do Banco de Dados*
- *Implementação de um padrão de comunicação (OPC)*
- *Integração da FMC*