



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E  
INFORMÁTICA  
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA ELÉTRICA



# AUTOMAÇÃO DE UM TROCADOR DE CALOR TIPO CASCO-TUBOS UTILIZANDO UMA REDE DE SENSORES SEM FIO BASEADA NO PROTOCOLO WIRELESSHART

Aluno: Rafael Bezerra Correia Lima

Professor Orientador: Péricles Rezende Barros, PhD.

Campina Grande

Agosto, 2010

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E INFORMÁTICA  
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA ELÉTRICA

## RELATÓRIO DE ESTÁGIO

*Relatório de Estágio apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento parcial às exigências para obtenção do Grau de Engenheiro Eletricista.*

Campina Grande

Agosto, 2010

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E INFORMÁTICA  
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA ELÉTRICA

## RELATÓRIO DE ESTÁGIO

Data da defesa: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

BANCA EXAMINADORA

---

Péricles Rezende Barros, PhD.

UFCG

Orientador

---

Professor Convidado

UFCG

Avaliador

Campina Grande

Agosto, 2010

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus pela oportunidade de estar nesse mundo e por todas as graças concedidas ao longo de minha caminhada terrena.

Aos meus pais e irmãos pelo apoio e motivação nos momentos difíceis do curso, por suportarem os momentos de estresse e principalmente pelas oportunidades oferecidas.

Aos amigos e colegas de curso, companheiros de algumas noites em claro, de vários finais de semana de estudo e de incontáveis dias de aulas e provas.

Ao doutorando Moacy, que tanto me instruiu e auxiliou em diversas tarefas.

Por fim e não menos importante aos professores que contribuíram em minha formação acadêmica, principalmente, ao professor Péricles, que se dispôs em me orientar.

# SUMÁRIO

## Lista de Figuras

1. INTRODUÇÃO
2. O LABORATÓRIO DE INSTRUMENTAÇÃO ELETRÔNICA E CONTROLE (LIEC)
3. O PADRÃO WIRELESSHART
  - 3.1. DIFERENCIAL DO PADRÃO WIRELESSHART EM COMPARAÇÃO A OUTROS PADRÕES SEM FIO
  - 3.2. ELEMENTOS PRINCIPAIS DE UMA REDE WIRELESSHART
  - 3.3. CONFIABILIDADE
  - 3.4. SEGURANÇA
  - 3.5. GERENCIAMENTO ENERGÉTICO
4. O TROCADOR DE CALOR CASCO-TUBOS
  - 4.1. PLATAFORMA DE ESTUDOS
5. ESTRUTURA DO SISTEMA INSTRUMENTADO
  - 5.1. O PADRÃO OPC
  - 5.2. DESCRIÇÃO DO QUADRO DE COMANDO
  - 5.3. ESPECIFICAÇÃO DOS DISPOSITIVOS UTILIZADOS
    - 5.3.1. SMART WIRELESS GATEWAY
    - 5.3.2. ROSEMOUNT 648 WIRELESS TEMPERATURE TRANSMITTER
    - 5.3.3. ROSEMOUNT 3051SF DP FLOWMETERS
    - 5.3.4. CLP COMPACTLOGIX – ALLEN BRADLEY
    - 5.3.5. INVERSOR DE FREQUÊNCIA AJUSTÁVEL POWERFLEX 40 - ALLEN BRADLEY
    - 5.3.6. BOMBA HUDROBLOC P500T - KSB
    - 5.3.7 VÁLVULA BAUMANN NV ELECTRIC ACTUATOR
    - 5.3.8 RECIPIENTE DE AQUECIMENTO
6. SOFTWARES UTILIZADOS
7. RESULTADOS EXPERIMENTAIS
8. REFERÊNCIAS
9. ANEXOS

## LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1: Dispositivos WirelessHART.

Figura 3.2: Rede WirelessHART.

Figura 3.3: Ilustração do roteamento redundante em malha.

Figura 4.1: Esquema de um Trocador de calor tipo Casco-Tubos.

Figura 4.2: Trocador de calor tipo Casco-Tubos.

Figura 4.3: Planta de estudo.

Figura 4.4: Variáveis de interesse da planta.

Figura 5.1: Sistema instrumentado.

Figura 5.2: Quadro de Comando.

Figura 5.3: Circuito de Energização.

Figura 5.4: Circuito de Potência.

Figura 5.5: Circuito de Controle.

Figura 5.6: Smart Wireless Gateway.

Figura 5.7: Transmissor de temperatura.

Figura 5.8: Transmissor de pressão.

Figura 5.9: CLP CompactLogix.

Figura 5.10: Inversor de frequência PowerFlex 40.

Figura 5.11: Comba Hudrobloc P500T - KSB.

Figura 5.12: Baumann NV electric actuator.

Figura 5.13: Recipiente de aquecimento.

Figura 5.14: Circuito conversor 0/5V - PWM.

Figura 5.15: Placa de circuito impresso do Conversor 0/5V - PWM.

Figura 6.1: Interface gráfica do AMS.

Figura 6.2: Interface gráfica do RS Logix 5000.

Figura 6.3: Fluxo de informações no sistema.

Figura 6.4: Interface gráfica do Matlab.

Figura 6.5: Interface gráfica do RS Links.

Figura 7.1: Plataforma de testes.

## 1. INTRODUÇÃO

Visando a larga utilização em ambientes industriais de mecanismos de troca de calor, foi proposta a automatização de um trocador de calor tipo casco tubos. Seguindo as tendências mais modernas no ramo de conectividade de processos industriais, montou-se um sistema instrumentado de controle baseado no padrão de comunicação sem fio WirelessHart.

O sistema pode ser subdividido em três grandes áreas. Existe uma etapa de aquisição de dados onde uma rede de sensores inteligentes captura informações de interesse e as transmite seguindo o padrão WirelessHart, em seguida os dados são processados e seguem para a etapa de atuação efetuada por uma série de dispositivos conectados a um CLP Allen Bradley, por fim uma aplicação se encarrega de fazer a interface com o usuário.

Com o intuito da padronização dos protocolos e diminuição da dependência de drives proprietários, optou-se por utilizar o protocolo OPC entre a etapa de controle e aquisição de dados.

## 2. O Laboratório de Instrumentação Eletrônica e Controle (LIEC)

O Laboratório de Instrumentação Eletrônica e Controle – LIEC faz parte do Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande cujos integrantes trabalham nas áreas de Controle, Automação e Eletrônica.

Os projetos de pesquisa contam com a participação dos alunos de graduação, pós-graduação assim como um vasto corpo docente. Dessa forma, o embasamento teórico e prático necessário ao profissional de engenharia elétrica é desenvolvido e solidificado.

O LIEC está situado no bloco CH da UFCG, campus de Campina Grande - Paraíba. Possui uma área de aproximadamente 600 m<sup>2</sup> com oito Laboratórios de desenvolvimento, duas salas de apoio técnico, uma moderna sala de apresentação de trabalhos, salas para Pós-graduação e professores. Modernas instalações e um grupo de pessoas altamente qualificado fazem do LIEC um ambiente bastante agradável para se trabalhar e pesquisar.

As principais áreas de atividade são:

- Instrumentação Eletrônica;
- Controle e Automação Industrial;
- Redes Industriais;
- Sistemas Embarcados;
- Interface Homem-Máquina;
- Modelagem e Simulação Dinâmica;
- Otimização e Controle de Processos;
- Controle Regulatório Multivariável;
- Controle Avançado.

### 3. O PADRÃO WirelessHART

O padrão de comunicação sem fio WirelessHART se destaca como o mais novo e pioneiro protocolo em termos de redes industriais wireless. Derivado do conhecido protocolo HART esse integra os benefícios das redes cabeadas convencionais à praticidade das novas tecnologias wireless mantendo confiabilidade ou segurança das informações.

#### 3.1. DIFERENCIAL DO PADRÃO WIRELESSHART EM COMPARAÇÃO A OUTROS PADRÕES SEM FIO

- Confiabilidade mesmo na presença de ruídos diversos graças a características como suporte a topologia mesh, frequency hopping, e opções de sincronia temporizada;
- Segurança e privacidade durante a comunicação é possível graças à encriptações, verificações, autenticações, chaves de acesso entre outras técnicas de praxe em comunicações industriais;
- Gerenciamento efetivo de energia devido à utilização de técnicas de Smart Data Publishing.

#### 3.2. ELEMENTOS PRINCIPAIS DE UMA REDE WIRELESSHART

- Sensores e atuadores sem fio conectados ao processo;
- Gateways que tornem possível a comunicação entre os instrumentos e hospedem aplicações ligadas a outras redes;
- Um gerenciador da rede, responsável pela configuração, gerência da comunicação entre dispositivos, organização do roteamento de mensagens e monitoração do estado da rede em geral. Esse gerenciador pode ser integrado ao gateway ou ao controlador do processo.

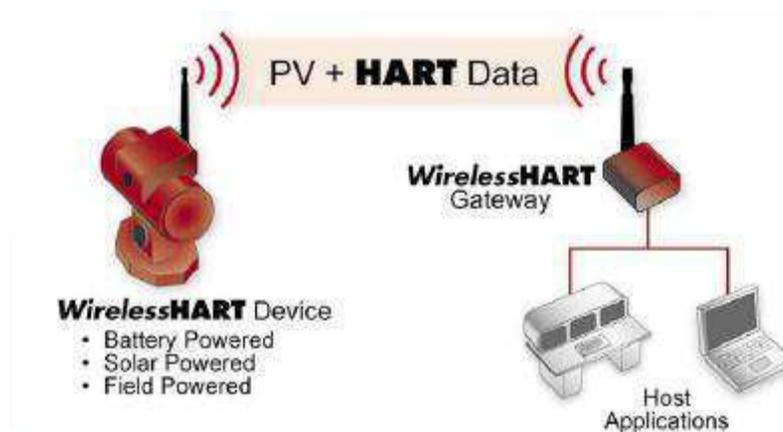


Figura 3.1: Dispositivos WirelessHART.

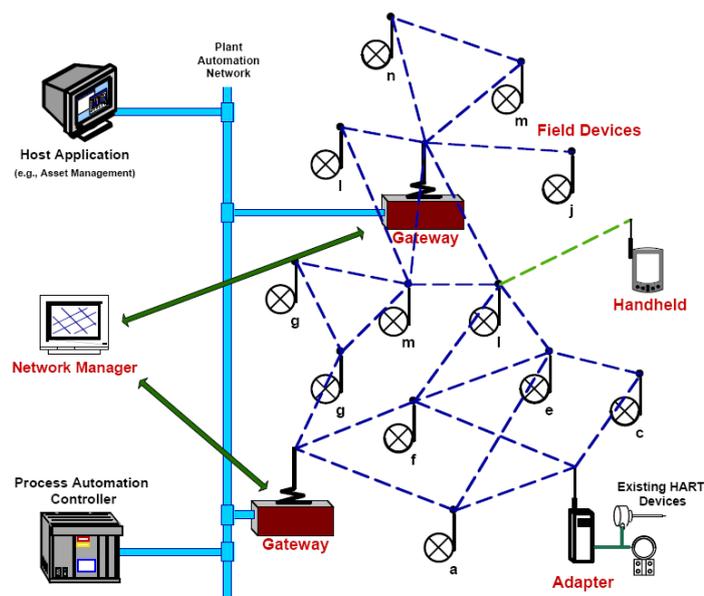


Figura 3.2: Rede WirelessHART.

### 3.3. CONFIABILIDADE

O padrão WirelessHart propõe diversas abordagens para assegurar a confiabilidade de suas informações independentemente da natureza dos diversos distúrbios presentes em ambientes industriais

- Roteamento redundante em malha: WirelessHart suporta topologia mesh auto-organizável, característica essa que possibilita utilização da rede com o mínimo de intervenção humana visto que caso algo interrompa um laço de comunicação a própria rede automaticamente refaz o roteamento garantindo robustez e confiabilidade nas informações;
- Channel hopping: Devido a utilização da banda livre 2.4GHz, redes WirelessHart estão sujeitas a interferências de outros padrões sem fio. Uma forma de contornar esse problema é a utilização do chaveamento de frequências (frequency hopping) onde são utilizados 16 canais definidos pela norma IEEE 802.15.4. Também são utilizadas técnicas de blacklisting e check-up dos canais com o intuito de evitar áreas específicas da banda que apresentem interferências com frequência;
- Comunicação síncrona: Toda comunicação entre dispositivos é feita numa janela de tempo pré definida, o que garante troca de informações livre de colisões, eficiência energética e escalonamento de controle de acesso ao meio dos nós da rede. Além disso cada mensagem tem um grau de prioridade que garante a qualidade da informação (Quality of service - QoS).

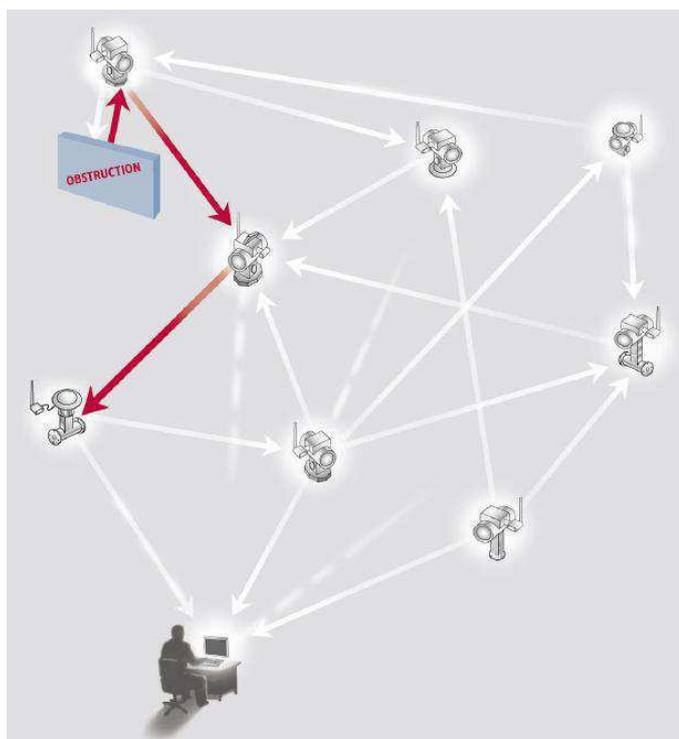


Figura 3.3: Ilustração do roteamento redundante em malha.

### 3.4. SEGURANÇA

Uma das principais vantagens do WirelessHart é a massiva quantidade de mecanismos de segurança empregada, fator primordial num ambiente industrial.

- **Encriptação:** Encriptação de 128-bits impede que informações interceptadas sejam interpretadas;
- **Verificação:** Cada pacote é verificado por códigos de integridade;
- **Operação Robusta:** Topologia mesh e Channel Hopping diminuem os efeitos de ataques do tipo “denial-of-service” e “jamming”;
- **Gerenciamento por Chaves:** Chaves rotativas previnem o acesso de dispositivos não autorizados a rede;
- **Autenticação:** Dispositivos não são permitidos na rede sem autorização.

### 3.5. GERENCIAMENTO ENERGÉTICO

WirelessHart permite que o usuário configure a forma de alimentação que lhe melhor convém, baterias de longa duração, energia solar ou a própria rede elétrica. Na maior parte dos casos é primordial o menor consumo possível para máxima autonomia. Seguem algumas técnicas para minimizar o consumo energético:

- Smart Data Publishing: Mecanismo caracterizado por possibilitar a transmissão dos dados somente quando são necessários ou quando ocorre variação nos parâmetros do processo, aumentando a eficiência energética;
- Notificação por exceção: São geradas automaticamente notificações quando dispositivos necessitam de manutenção ou mudança de configuração, não necessitando a verificação periódica de cada dispositivo individualmente.

<b>Atributo</b>	<b>Descrição</b>
<b>Padrão de Radio</b>	IEEE 802.15.4-2006 250kbps
<b>Frequência da Banda</b>	2.4GHz
<b>Gerenciamento de Frequência</b>	Frequency hopping
<b>Distância</b>	Até 200m visado
<b>Power</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rede elétrica</li> <li>• Energia Solar</li> <li>• Bateria de longa duração (1-10 anos)</li> </ul>
<b>Topologias</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mesh</li> <li>• Star</li> <li>• Star e Mesh</li> </ul>
<b>Número de dispositivos</b>	Não especificado, dependendo de restrições no Gateway
<b>Padrões industriais baseados</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• HART – IEC 61158</li> <li>• EDDL – IEC 61804-3</li> <li>• Radio &amp; MAC – IEEE 802.15.4 - 2006</li> </ul>

Tabela 3.1: Resumo das características do padrão WirelessHART.

#### 4. O TROCADOR DE CALOR CASCO-TUBOS

O processo de troca de calor entre dois fluidos com temperaturas diferentes e se encontram separados por uma parede sólida é comum em muitas aplicações de engenharia. O dispositivo utilizado para implementar essa troca é conhecido por trocador de calor, e exemplos específicos de sua utilização podem ser encontrados no aquecimento de ambientes, no condicionamento de ar, na produção de energia, na recuperação de calor em processos e processamentos químicos.

Um configuração comumente utilizada em instalações industriais é o trocador de calor Casco-Tubos, ilustrado na Figura 4.1. Esse trocador tem um casco com múltiplos tubos, cujo escoamento se dá em um único passe através do casco. Chicanas ou defletores são frequentemente instalados para aumentar o coeficiente de convecção do lado do casco pela indução de turbulência e por uma componente de velocidade de corrente cruzada. Comumente no casco circula um líquido de temperatura superior a do tubo, essas correntes podem ter mesmo sentido (escoamento paralelo) ou sentidos opostos (contracorrente).

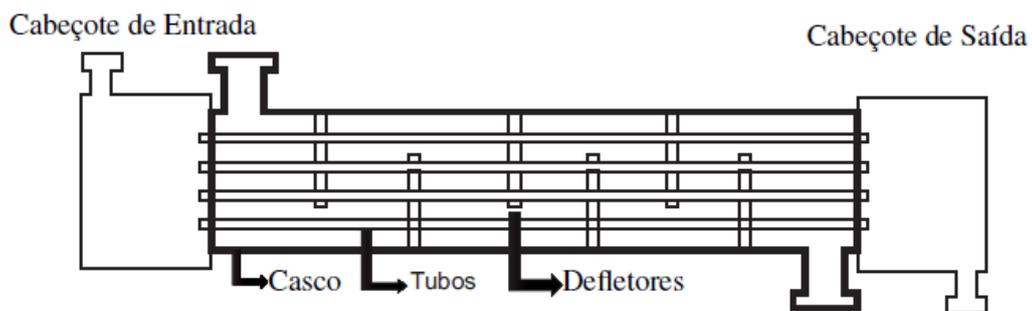


Figura 4.1: Esquema de um Trocador de calor tipo Casco-Tubos.



Figura 4.2: Trocador de calor tipo Casco-Tubos.

#### 4.1. PLATAFORMA DE ESTUDOS

Com a finalidade de ilustrar os conceitos de trocas de calor entre fluidos, foi sugerida a montagem do esquema da Figura 4.3. Uma vez devidamente montada e instrumentada, essa planta piloto será capaz de fornecer dados a uma série de experimentos. Ilustrando as mais diversas técnicas de controle, modelagem ou identificação de sistemas.

O núcleo da planta é nada menos do que um trocador tipo Casco-Tubos, que tem por objetivo aquecer a água que passa nos seus tubos mediante a circulação de uma corrente quente de água no casco.

Segundo o layout sugerido existe um tanque em temperatura ambiente que fornece água as entradas dos tubos e do recipiente de aquecimento, que posteriormente alimenta a entrada do casco. Após a troca de calor o liquido das duas fontes é descarregado no tanque quente, que por sua vez passa por um radiador e retorna ao tanque frio inicial. As correntes dos tubos e cascos são controladas por um conjunto “bomba + inversor de freqüência” já o fluxo do tanque quente para o frio é devido à ação da gravidade, sendo controlado por uma válvula eletromecânica proporcional.

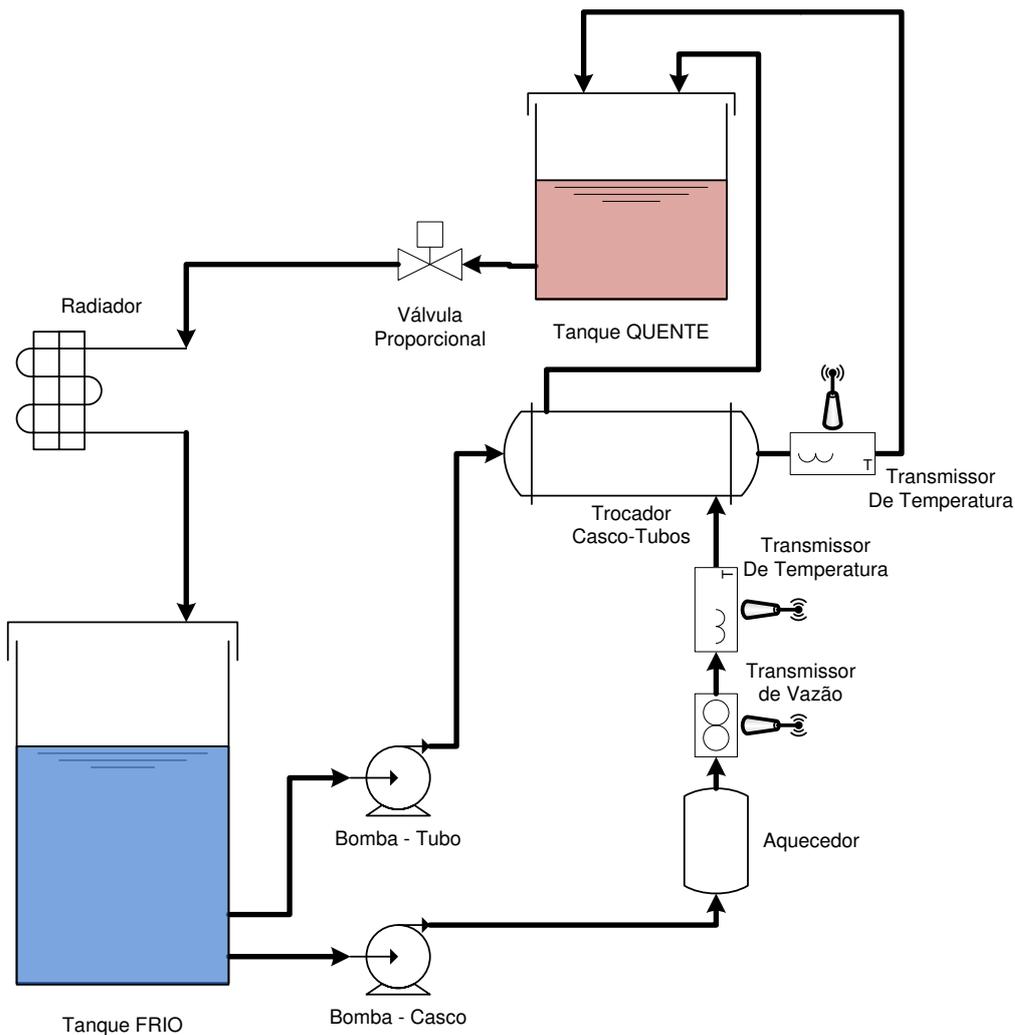


Figura 4.3: Planta de estudo.

Na prática em uma situação real na indústria, a variável de saída do processo é a temperatura final do tubo. Para garantir que tal parâmetro varie conforme o esperado é sugerido que o controle atue na temperatura e vazão de entrada do casco, mantendo as outras variáveis constantes. Portanto é necessária a medição contínua das temperaturas na saída do tubo, na entrada do casco e a vazão da corrente do casco.

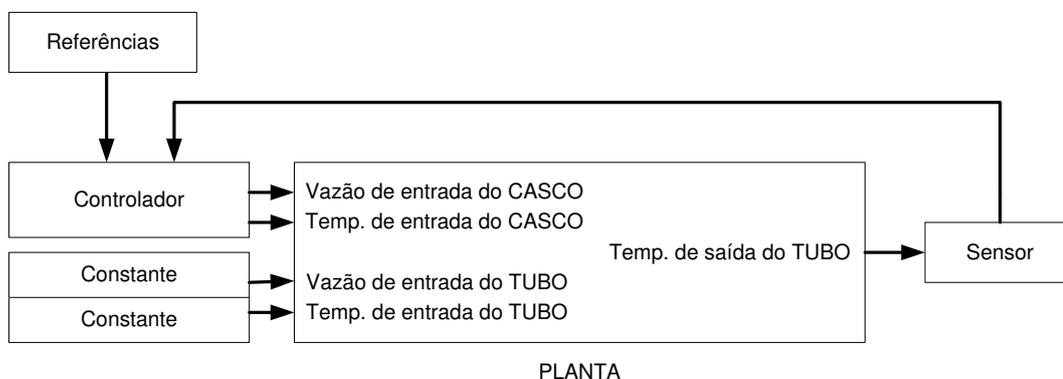


Figura 4.4: Variáveis de interesse da planta.

Vale salientar que as partes físicas do sistema de troca de calor apresentadas nesse trabalho ainda não estão completamente montadas devido a intermináveis atrasos relativos a empresa contratada para manufatura das peças. Em termos práticos toda a rede WirelessHART assim como os diversos atuadores e interfaces OPC estão devidamente configurados, faltando somente a montagem dos tanques e tubulações.

## 5. ESTRUTURA DO SISTEMA INSTRUMENTADO

É ilustrado na Figura 5.1 um diagrama geral de toda a instrumentação do sistema. Com a finalidade de melhor entendimento, pode-se subdividir o sistema em três etapas:

- Subsistema de aquisição de dados: transmissores inteligentes de temperatura e vazão comunicando-se com um gateway segundo o protocolo WirelessHART;
- Subsistema de atuação: CLP da Allen Bradley conectado a vários dispositivos de atuação, inversores de frequência, válvula proporcional, bombas de circulação, resistência de aquecimento;
- Subsistema de controle e supervisão: PC rodando uma série de aplicativos proprietários para gerência dos dispositivos da rede, assim como um script para o controle e supervisão do processo em Matlab.

Esses subsistemas estão conectados num barramento TCP-IP, e se comunicam segundo uma arquitetura cliente servidor OPC.

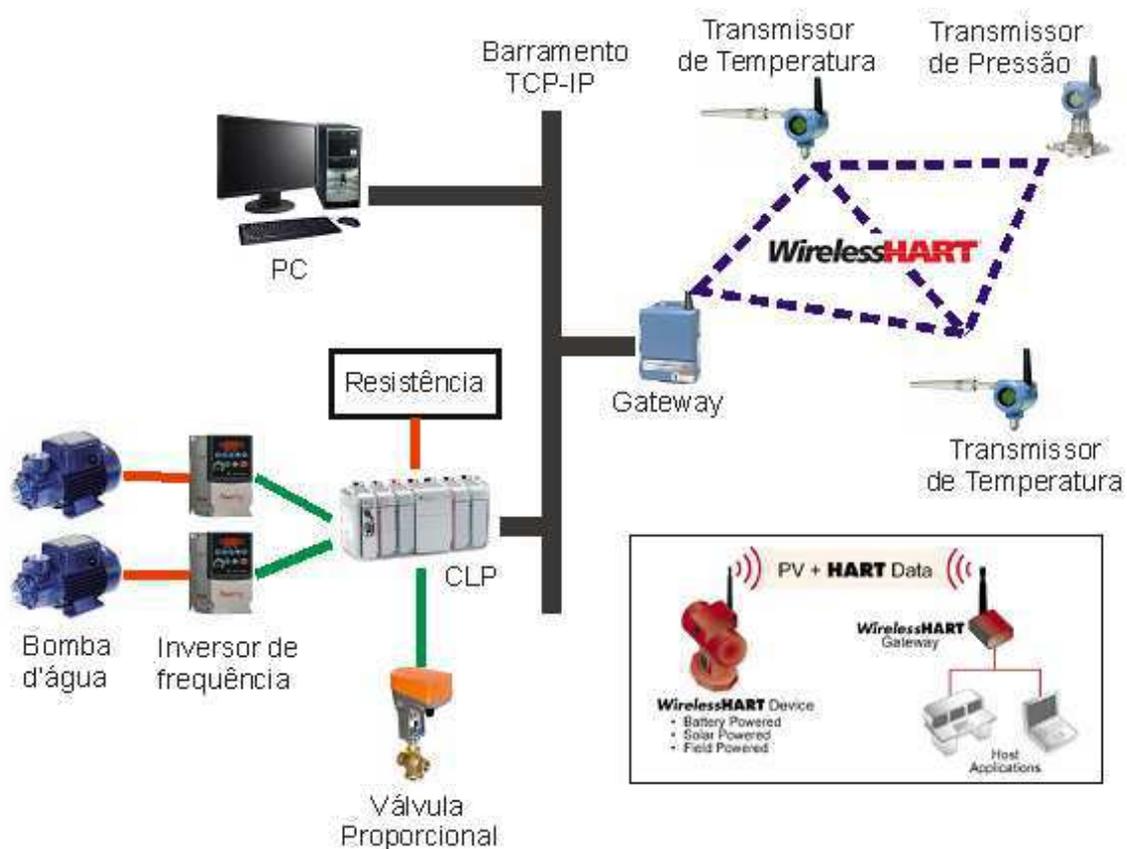


Figura 5.1: Sistema instrumentado.

## 5.1. O PADRÃO OPC

OPC (OLE for Process Control) é um conjunto de protocolos de comunicação industrial especialmente desenvolvido para possibilitar um alto grau de interoperabilidade entre dispositivos de diferentes fabricantes, dispensando a necessidade de drives específicos para cada aplicação. Existem oito padrões principais de comunicação via OPC, cada qual focado numa tarefa específica, são eles:

- OPC Data Access;
- OPC Alarms & Events;
- OPC Batch;
- OPC Data Exchange;
- OPC Historical Data Access;
- OPC Security;
- OPC XML-DA;
- OPC Unified Architecture .

O padrão mais usual e implementado nesse contexto é o OPC-Data Access (OPC DA) que constitui basicamente uma via de acesso de dados em tempo real no formato cliente servidor.

## 5.2. DESCRIÇÃO DO QUADRO DE COMANDO

Para maior organização e segurança foi montado um quadro de comando que abriga grande parte dos circuitos eletrônicos de atuação e alimentação. São ilustrados os circuitos de energização, controle e potência respectivamente nas Figuras 5.3, 5.4 e 5.5.



Figura 5.2: Quadro de Comando.

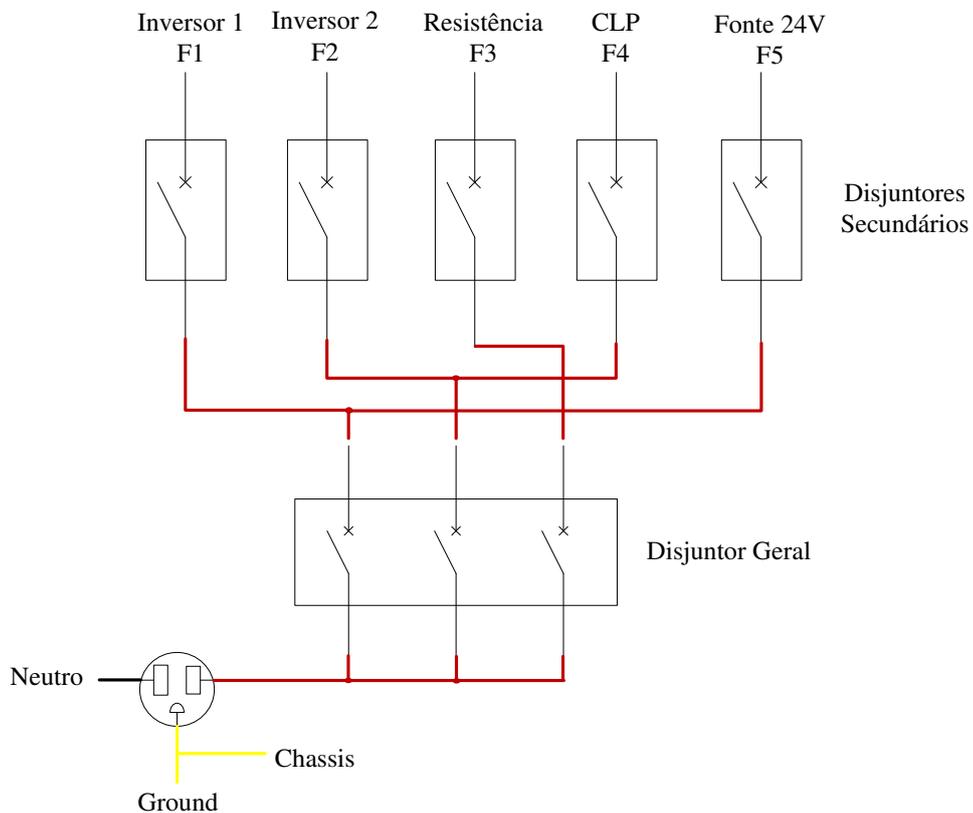


Figura 5.3: Circuito de Energização.

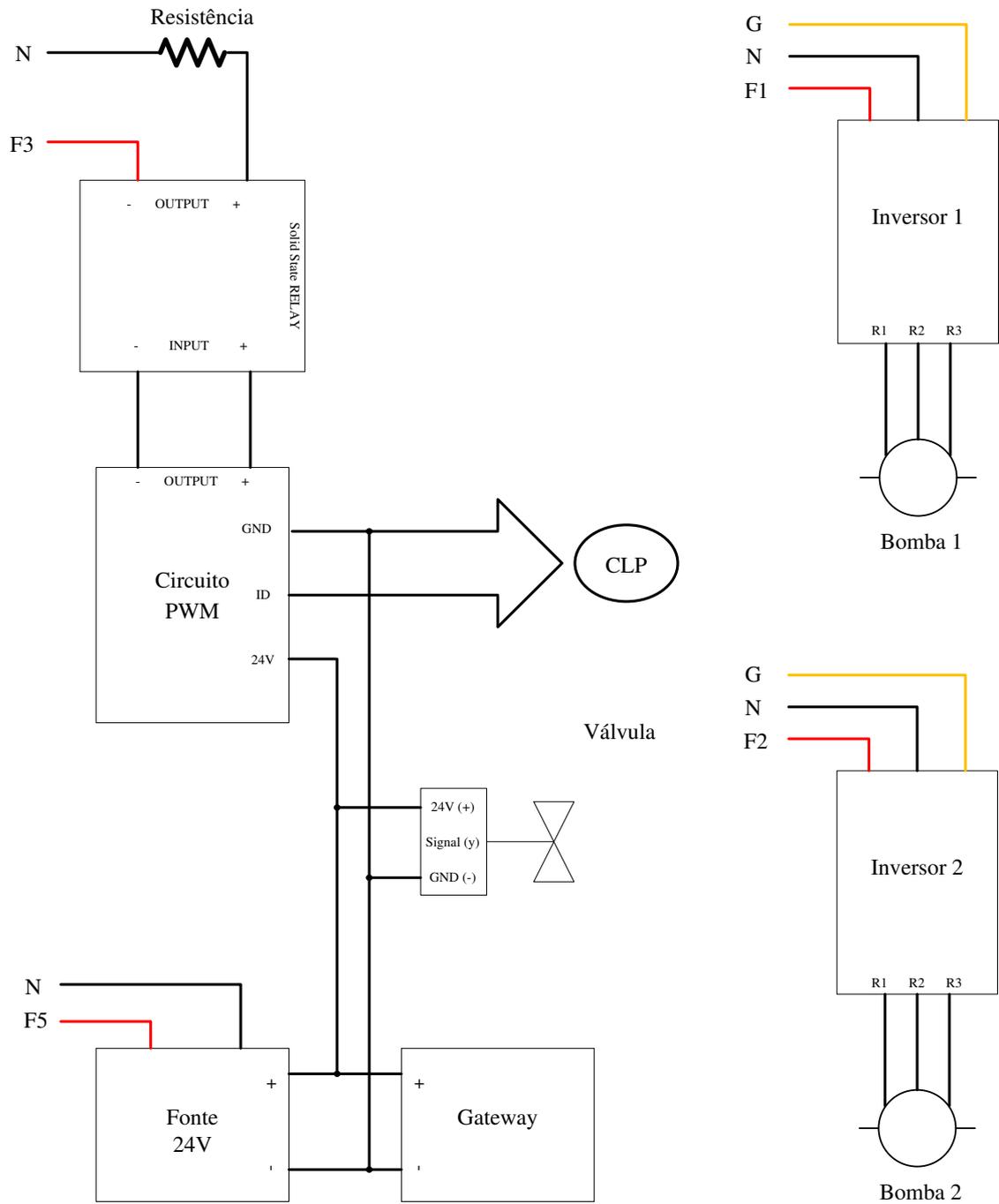


Figura 5.4: Circuito de Potência.

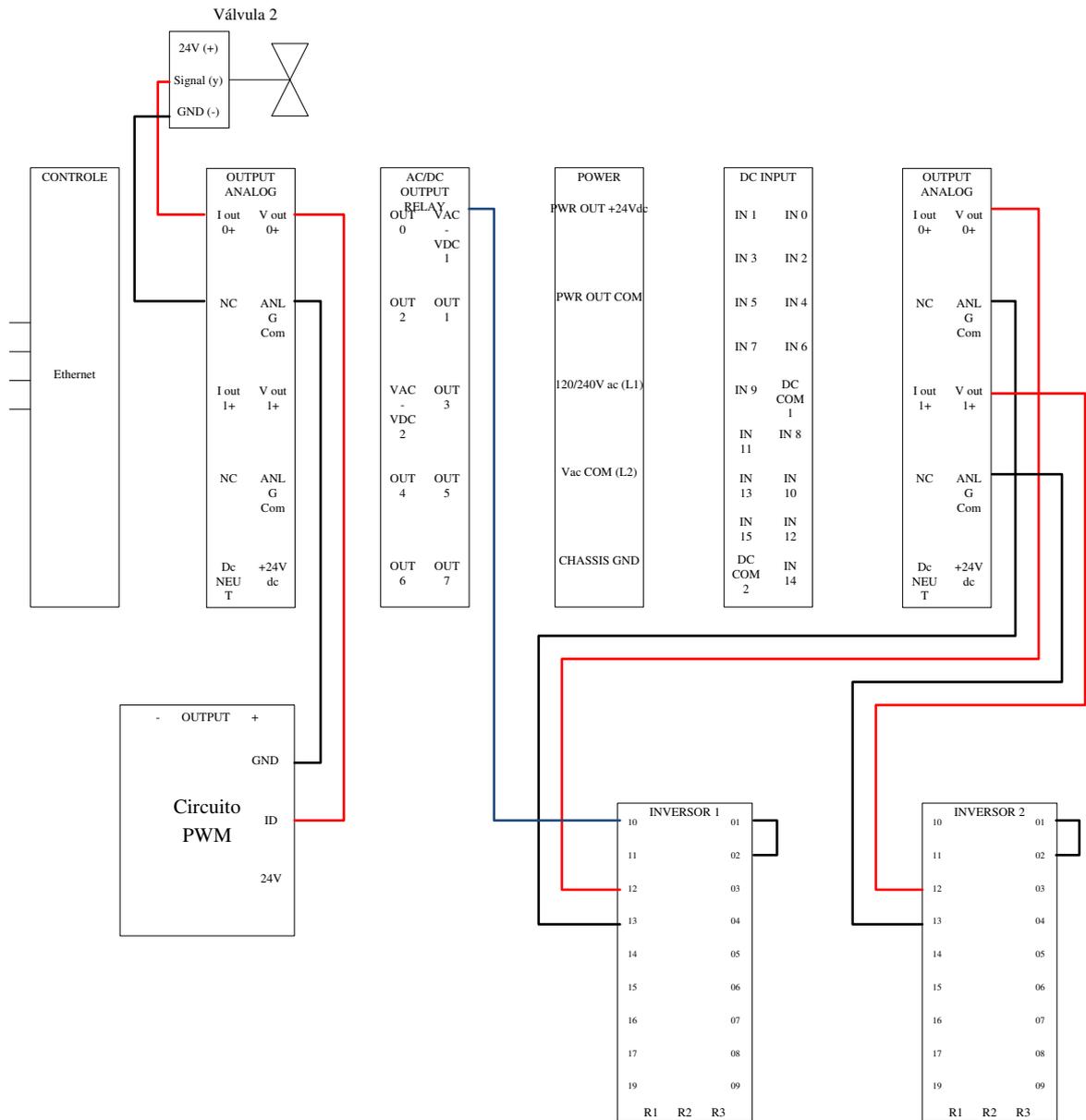


Figura 5.5: Circuito de Controle.

### 5.3. ESPECIFICAÇÃO DOS DISPOSITIVOS UTILIZADOS

Como descrito nas secções anteriores foram utilizados uma série de dispositivos de aquisição e atuação na montagem do sistema automatizado de troca de calor. Suas principais características são explanadas abaixo:

#### 5.3.1. SMART WIRELESS GATEWAY

##### Especificações Funcionais

- Input Power: 24 V dc - 500 mA requeridos em funcionamento normal;
- Temperatura de operação: -40 to 140 °F (-40 to 60 °C);
- Umidade de operação: 10-90% umidade relativa;
- Antena omnidirecional integrada.

##### Especificações da rede auto-organizável

- Protocolo: WirelessHART, 2.4 - 2.5 GHz DSSS;
- Tamanho máximo da rede: 100 Dispositivos;
- Taxa de atualização dos dispositivos: 8s. a 60 min;
- Tamanho/Latência da rede: 100 dispositivos até 10s. 50 dispositivos até 5s;
- Confiabilidade: >99%;
- Interface OPC: Suporta OPC DA v1, v2, v3.



Figura 5.6: Smart Wireless Gateway.

### 5.3.2. ROSEMOUNT 648 WIRELESS TEMPERATURE TRANSMITTER

#### Especificações funcionais

- Input: Suporta Termopares, RTD, entrada em millivolt, ou ohm;
- Output: WirelessHART 2.4 GHz DSSS;
- Display local: Display LCD de 5 dígitos integrado é capaz de mostrar as unidades (°F, °C, °R, K, Ω, e millivolts). Taxa de atualização de até 1 vez por minuto;
- Limites de umidade: 0–100% umidade relativa;
- Taxa de atualização: WirelessHART, configurável entre 8s a 60 min;
- Precisão: (Pt 100 @ reference condition: 20 °C)  $\pm 0.225$  °C ( $\pm 0.405$  °F).



Figura 5.7: Transmissor de temperatura.

### 5.3.3. ROSEMOUNT 3051SF DP FLOWMETERS

#### Especificações funcionais

- Input: sensor coplanar;
- Output: WirelessHART 2.4 GHz DSSS;
- Limites de temperatura: -40–80 °C;
- Limites de umidade: 0–100% umidade relativa;
- Taxa de atualização: WirelessHART, configurável entre 8s a 60 min;
- Precisão: 0.85-0.90%.



Figura 5.8: Transmissor de pressão.

#### 5.3.4. CLP COMPACTLOGIX – ALLEN BRADLEY

- Processador: 1769-L32E;
- Memória disponível para o usuário: 750 Kb;
- Interfaces de comunicação: RS-232, EtherNet/IP;
- Interfaces I/O: Entradas digitais (16), Saídas digitais (8), Saídas analógicas (8)
- Conversores AD: 8-14 bits.



Figura 5.9: CLP CompactLogix.

### 5.3.5. INVERSOR DE FREQUÊNCIA AJUSTÁVEL POWERFLEX 40 - ALLEN BRADLEY



Figura 5.10: Inversor de frequência PowerFlex 40.

### 5.3.6. BOMBA HUDROBLOC P500T - KSB

- Bomba trifásica ( $Q=5/40$  l/min,  $H=38/5$  m);
- Potência: 0,37 kW - 0,5 HP ;
- Rotação máxima: 3450 rpm;
- Tensão nominal: 220V (delta) – 380V (estrela);
- Corrente nominal: 2,25A (delta) – 1,3A (estrela).



Figura 5.11: Comba Hudrobloc P500T - KSB.

### 5.3.7 VÁLVULA BAUMANN NV ELECTRIC ACTUATOR

- Input: alimentação em 24V, entrada de sinal no protocolo 4-20mA;
- Limites de temperatura: -30–50 °C;
- Limites de umidade: 5–95% umidade relativa;
- Amplitude do movimento do êmbolo: 0.5-0.75”;
- Tempo de abertura ou fechamento: 30-150s;
- Caso o sistema desenergize, a válvula é travada no último ponto de operação.



Figura 5.12: Baumann NV electric actuator.

### 5.3.8 RECIPIENTE DE AQUECIMENTO

Foi desenvolvido um circuito que converte o sinal de 0-5V da saída analógica do CLP para um sinal PWM, que por sua vez chaveia um relé de estado sólido. Esse relé alimenta uma resistência imersa no recipiente de aquecimento que recebe 220VAC chaveados. Portanto o aquecimento do líquido é proporcional ao sinal 0-5V emitido em uma saída analógica do CLP.



Figura 5.13: Recipiente de aquecimento.

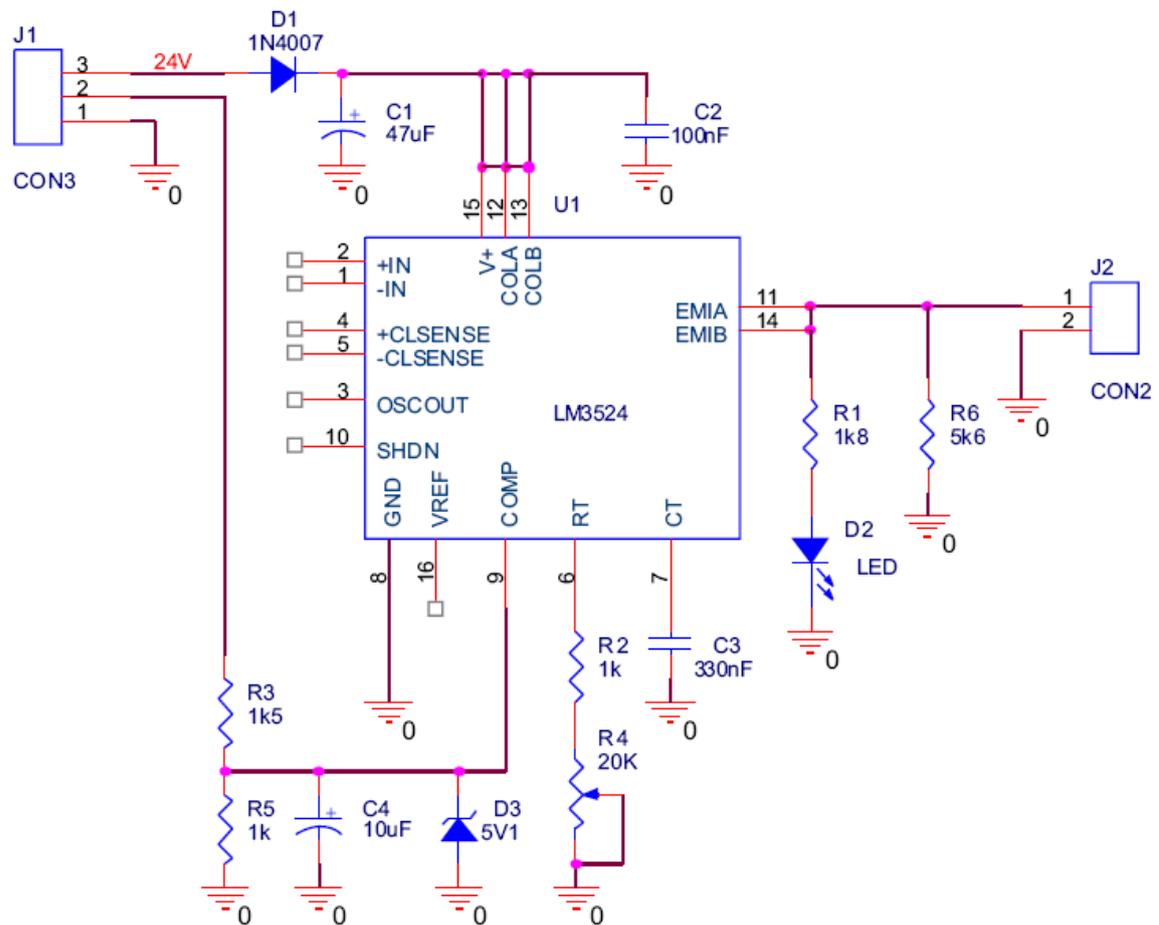


Figura 5.14: Circuito conversor 0/5V - PWM.

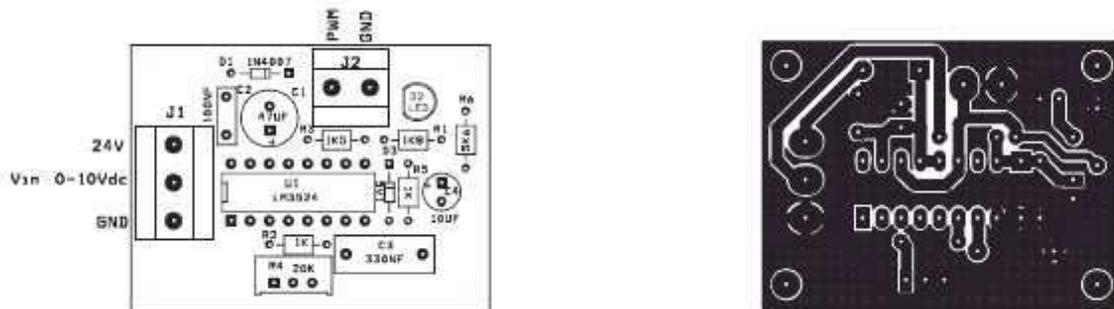


Figura 5.15: Placa de circuito impresso do Conversor 0/5V - PWM.

## 6. SOFTWARES UTILIZADOS

Foram utilizados uma série de softwares proprietários para gerenciar e configurar os dispositivos da rede. Dentre eles, os principais são listados abaixo.

### AMS

Esse software é responsável pela gerência dos dispositivos sem fio manufaturados pela Emerson Process.

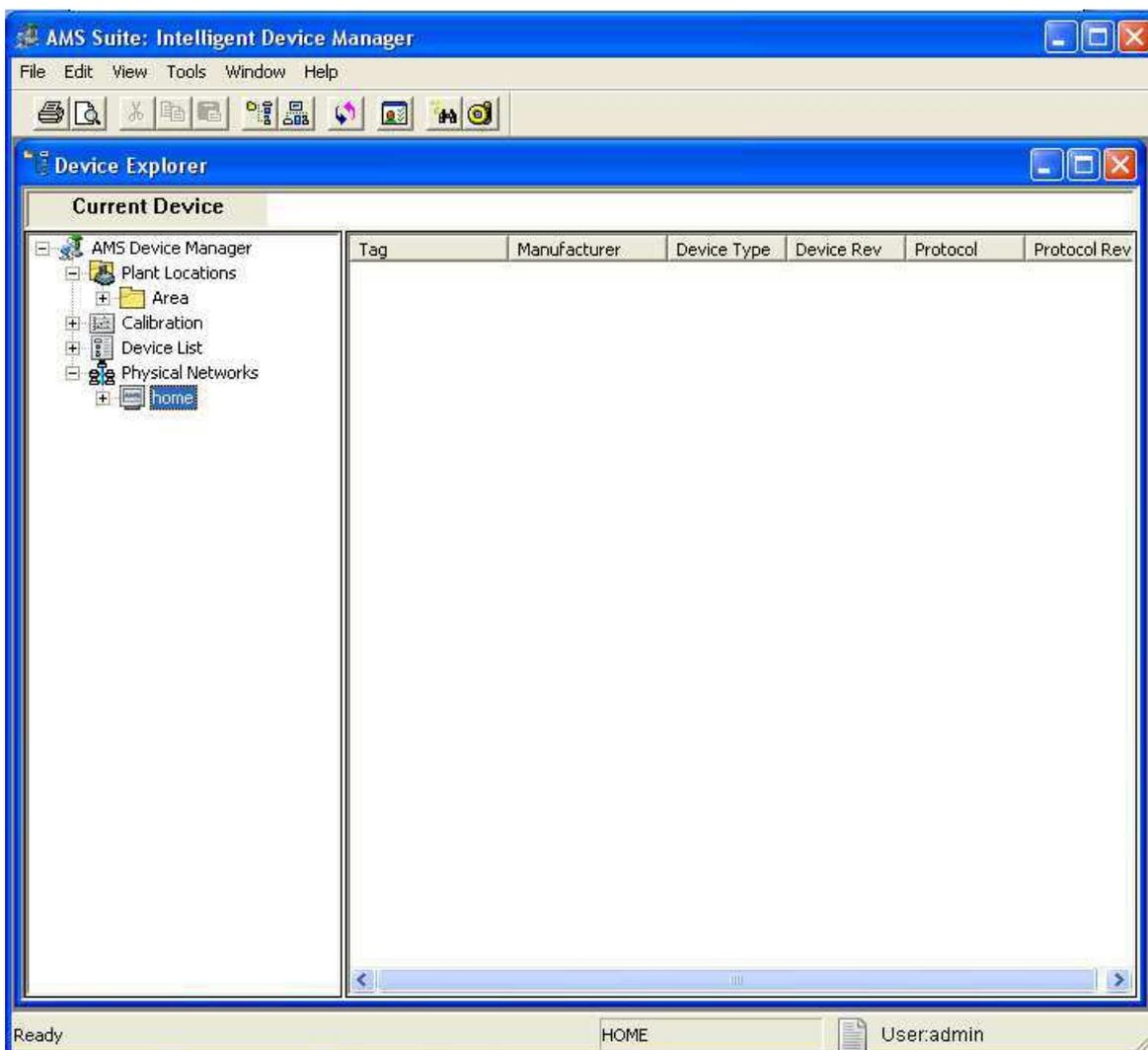


Figura 6.1: Interface gráfica do AMS.

## RS Logix 5000

Toda a programação em ladder, assim como a comunicação PC-CLP é realizada e compilada no RS Logix 5000, disponibilizado pela Allen Bradley.

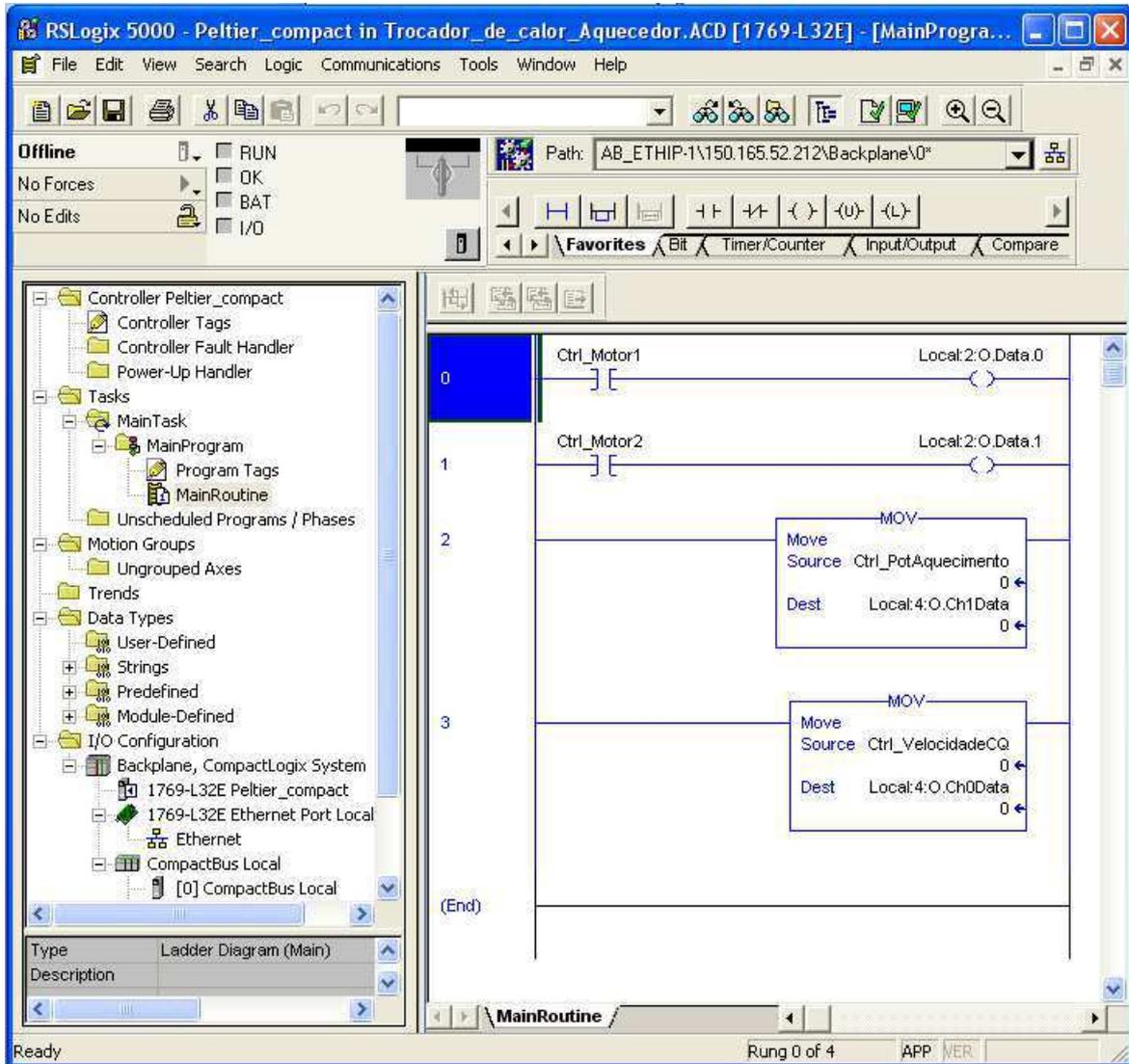


Figura 6.2: Interface gráfica do RS Logix 5000.

## Matlab

O Matlab é responsável por efetuar o controle e supervisão do sistema como um todo, através de um cliente OPC. O fluxo de informações é ilustrado pelo diagrama na Figura 6.3.

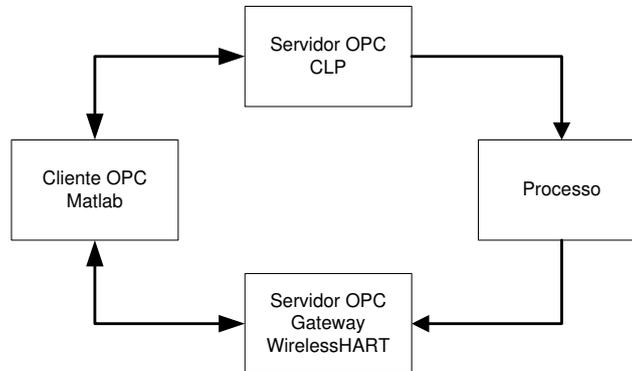


Figura 6.3: Fluxo de informações no sistema.

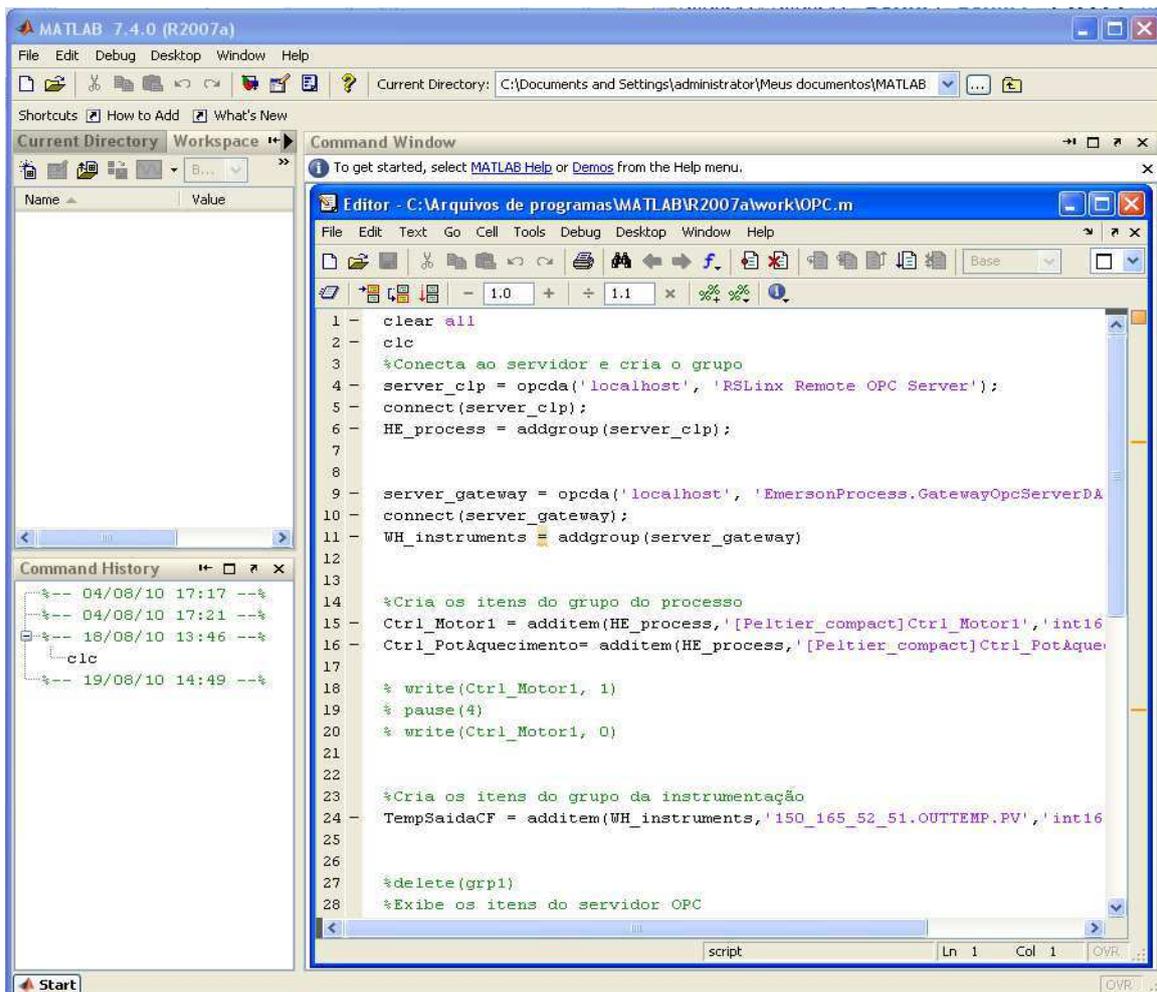


Figura 6.4: Interface gráfica do Matlab.

## RS Links

Por fim, o papel do RS Links é semelhante ao do AMS, porém esse se destina a gerenciar os dispositivos da Allen Bradley conectados a rede.

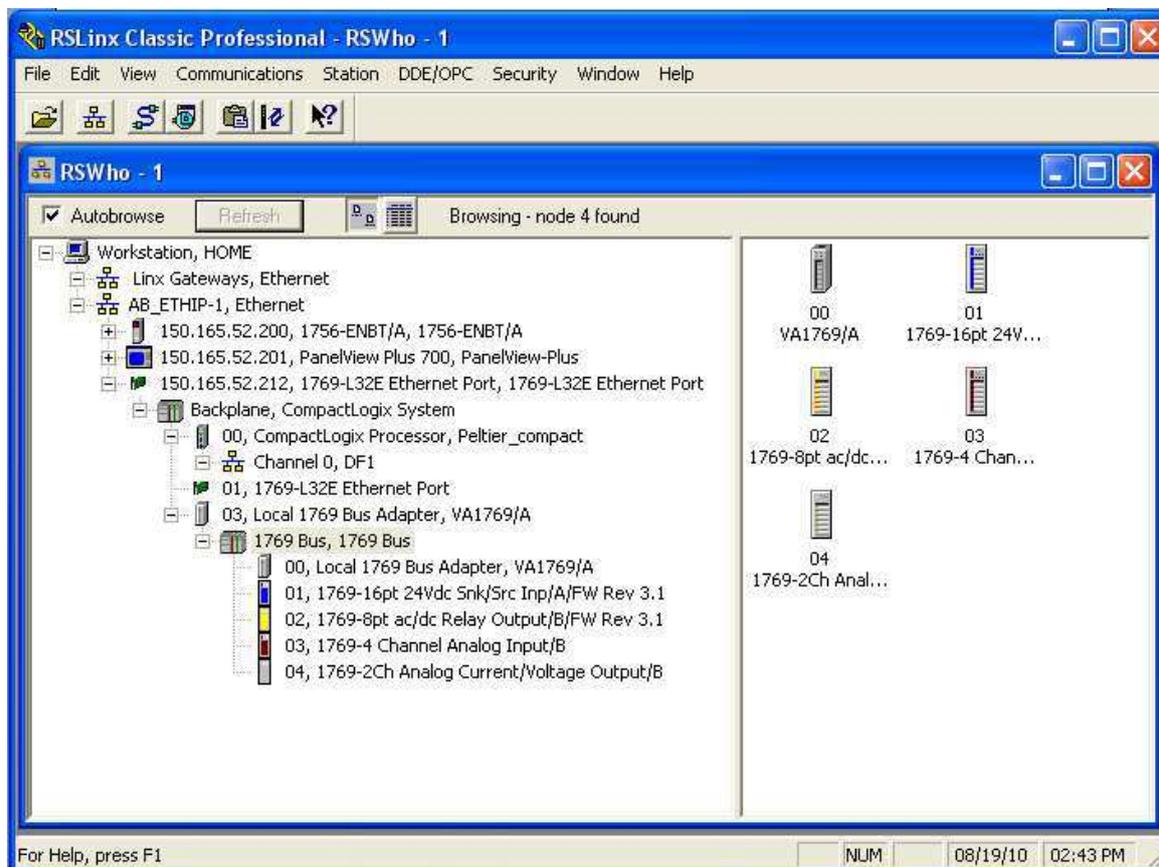


Figura 6.5: Interface gráfica do RS Links.

## 7. RESULTADOS EXPERIMENTAIS

Devido às dificuldades explanadas no último parágrafo da secção 4.1 a parte estrutural da plataforma não pode ser completamente implementada. Portanto com o intuito de testar a instrumentação em geral, foi desenvolvida uma plataforma simplificada para testes.

Observa-se na Figura 7.1 que a plataforma de testes consiste do recipiente de aquecimento e um transmissor de temperatura. O recipiente é preenchido com água, então uma rotina em Matlab estabelece uma conexão OPC com o CLP e o gateway wireless. A rotina de teste consiste em fixar o valor do ciclo de trabalho do PWM que controla o aquecimento da resistência em 100% até que a temperatura da água atinja 60°C. Quando o transmissor de temperatura detectar que a temperatura desejada foi alcançada, o ciclo de trabalho do PWM é zerado.

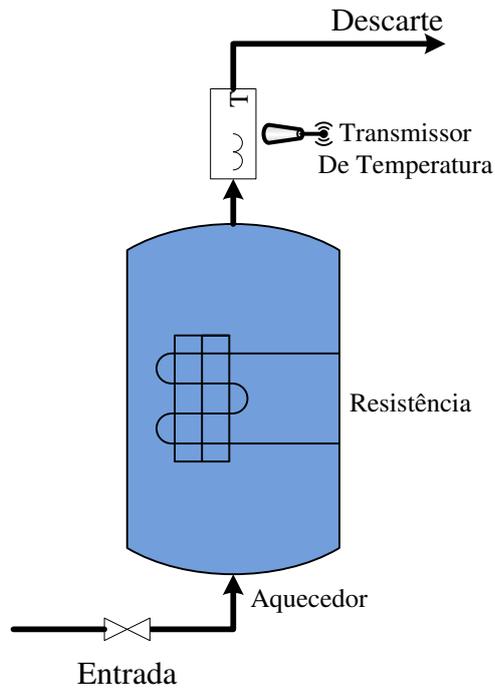


Figura 7.1: Plataforma de testes.

Logo abaixo encontra-se a rotina de teste no Matlab.

```

clear all
clc
%Conecta ao servidor e cria o grupo
server_clp = opcda('localhost', 'RSLink Remote OPC Server');
connect(server_clp);
HE_process = addgroup(server_clp);

server_gateway = opcda('localhost', 'EmersonProcess.GatewayOpcServerDA');
connect(server_gateway);
WH_instruments = addgroup(server_gateway)

%Cria os itens do grupo do processo
Ctrl_Motor1 = additem(HE_process, '[Peltier_compact]Ctrl_Motor1', 'int16');
Ctrl_PotAquecimento=
additem(HE_process, '[Peltier_compact]Ctrl_PotAquecimento', 'int16');

%Cria os itens do grupo da instrumentação
TempSaidaCF = additem(WH_instruments, '150_165_52_51.OUTTEMP.PV', 'int16');

n=5000;
tempo_amostragem = 1;
for i=1:n,
    delay1 = cputime;
    delay2 = cputime;
    while (delay2-delay1)<=tempo_amostragem % Tempo de Amostragem da
Instrumentação
        delay2=cputime;
        temp(i) = TempSaidaCF.Value;
    end

    figure(1)
    plot(1:i,temp(1:i))
    AXIS([0 i 0 100])
    drawnow;
end

```

```
if(TempSaidaCF.Value < 60.0)
    write(Ctrl_PotAquecimento, 30000)
else
    write(Ctrl_PotAquecimento, 0);
end
TempSaidaCF.Value

end
```

**COLOCAR GRÁFICO!!!!**

## 8. REFERÊNCIAS

- [1] SILVA, M. P. *Controle preditivo em rede aplicado a um trocador de calor casco-tubos*, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Campina Grande, 2010.
- [2] HART Communication Foundatio. *WirelessHART Technical Data Sheet*, 2007.
- [3] Garcia, C. *Modelagem e Simulação de Processos Industriais e de Sistemas Eletromecânicos*, 2008
- [4] Tay, T.T. *High Performance Control*, 1007
- [5] [http:// www.hartcomm.org /](http://www.hartcomm.org/) – 06/08/2010
- [6] <http://www.opcfoundation.com/> – 06/08/2010
- [7] <http://www.emersonprocess.com/> – 06/08/2010
- [8] <http://www.ab.com/> – 06/08/2010