

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

ARTHUR ZANOLI BONELLA

FILIPE MOREIRA SENA

**SISTEMA DE MONITORAMENTO REMOTO DE INSTALAÇÕES DE
AR CONDICIONADO**

VITÓRIA-ES

2013

ARTHUR ZANOLI BONELLA

FILIPE MOREIRA SENA

**SISTEMA DE MONITORAMENTO REMOTO DE INSTALAÇÕES DE
AR CONDICIONADO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Departamento de Engenharia Mecânica do
Centro Tecnológico da Universidade Federal
do Espírito Santo, como requisito parcial para
obtenção do grau de Engenheiro Mecânico.

Orientador: Prof. Dr. João Luiz Marcon
Donatelli.

VITÓRIA

2013

BONELLA, Arthur Zanolli; SENA, Filipe Sena.

Sistema de Monitoramento Remoto de Instalações de Ar Condicionado; Arthur Zanolli Bonella, Filipe Moreira Sena - 2013. **73f.**

Orientador: Prof. Dr. João Luiz Marcon Donatelli.

Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico, Departamento de Engenharia Mecânica.

1. Ar condicionado. 2. Monitoramento. 3. Sistema Supervisório. 4. Instalações. 5. Projeto. 6. Remoto. I. BONELLA, Arthur Zanolli. II. SENA, Filipe Moreira. III. Universidade Federal Do Espírito Santo, Centro Tecnológico, Departamento de Engenharia Mecânica. IV. Sistema de Monitoramento Remoto de Instalações de Ar condicionado

ARTHUR ZANOLI BONELLA

FILIPE MOREIRA SENA

SISTEMA DE MONITORAMENTO REMOTO DE INSTALAÇÕES DE AR CONDICIONADO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Mecânica do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheiro Mecânico.

Aprovado em 7 de maio de 2013.

COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof. Dr. João Luiz Marcon Donatelli
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientador

Prof. M.Sc. Flávio Moraes.
Universidade Federal do Espírito Santo
Examinador

Prof. M.Sc. Elias Antônio Dalvi
Universidade Federal do Espírito Santo
Examinador

“Só Deus sabe o quanto se labutou, custou, mas depois veio a bonança, e agora é hora de agradecer”.

Serginho Meriti e Claudinho
Guimarães

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus, aos nossos familiares, amigos e mestres pela paciência, compreensão e ensinamentos.

RESUMO

Neste trabalho apresentam-se as principais características de um sistema básico para monitoramento remoto de instalações de ar condicionado com distribuição de água gelada. A finalidade básica desses sistemas de monitoramento é acompanhar a evolução de parâmetros operacionais para identificar e diagnosticar possíveis deficiências de funcionamento da instalação de ar condicionado sendo monitorada, permitindo uma intervenção mais eficaz e sendo capaz de, em alguns casos, evitar falhas no equipamento, com prejuízos, inclusive na continuidade dos trabalhos nos recintos climatizados. Um sistema de monitoramento remoto é constituído basicamente por um sistema de supervisão, composto por sensores, placa de aquisição e software supervisório. Dessa maneira, os dados advindos do campo, podem ser visualizados em computadores localizados em qualquer ambiente, desde que estes possuam acesso à internet e ao software supervisório. Cabe mencionar que os planos de manutenção dos equipamentos podem ser melhorados, obter diminuição nos custos com mão de obra para monitorar os sistemas de ar condicionado, aumentar a confiabilidade na operação de condicionamento de ar, dentre outros benefícios, advindos da concepção e implantação destes sistemas de monitoramento remoto.

Palavras-Chave: Ar condicionado, monitoramento, sistema supervisório, manutenção.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Chiller de compressão arrefecido a água.	18
Figura 2.2- Ciclo teórico de refrigeração por compressão de vapor.	18
Figura 2.3- Compressor em um ciclo de refrigeração por compressão de vapor ideal.	19
Figura 2.4- Condensador em um ciclo de refrigeração por compressão de vapor ideal.	19
Figura 2.5- Dispositivo de expansão em um ciclo de refrigeração por compressão de vapor ideal.	20
Figura 2.6- Evaporador em um ciclo de refrigeração por compressão de vapor ideal.	20
Figura 2.7- Fan Coil para sistemas de central de água gelada.	21
Figura 2.8- Damper de lâmina única.	22
Figura 2.9 - Instalação com torre de resfriamento	23
Figura 2.10 – Tipos de torre: (a) atmosférica; (b) corrente de ar forçado; (c) corrente de ar induzido.	24
Figura 3.1 - Resfriamento e aproximação numa torre de resfriamento.	29
Figura 3.2 - Esquemático do funcionamento de um <i>Fan Coil</i>	29
Figura 4.1 - Sensores de temperatura PT 100 fabricado pela <i>Krohne</i>	36
Figura 4.2 - Sensor piezoelectrónico HPT901 produzido pela <i>Holykell</i>	39
Figura 4.3 - Sensor de efeito Hall modelo ACS 758 LCB-100B produzido pela Allegro.	40
Figura 4.4 - Transmissor 4mA a 20mA modelo OPTITEMP TT 20 fabricado pela Krohne.	41
Figura 5.1 - Hardware modelo NI USB 6008 produzido pela National Instruments.	47
Figura 6.1 - Tela de uma aplicação do Labview.	49
Figura 6.2. Tela de uma aplicação do LAquis.	50
Figura 6.3 - Tela de uma aplicação do Elipse.	51
Figura 7.1 - Disposição geral dos componentes do sistema.	54
Figura II.1- Representação de uma onda senoidal de 1 kHz com amostragem de 10 kHz e 2 kHz.	67
Figura II.2. Representação de uma onda senoidal com resoluções de 16 bits e 3 bits.	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 - Dados climáticos para cidade de Vitória.....	28
Tabela 4.1 - Dados técnicos do sensor PT 100.....	37
Tabela 4.2 - Dados técnicos do sensor HPT901.....	39
Tabela 4.3 - Condições de operação do OPTITEMP TT10 C/R produzido pela Krohne.	42
Tabela I.1 – Rotinas de manutenção preventiva para <i>Chillers</i> , torres e <i>Fan Coils</i>	60
Tabela II.1. Condicionamento de sinais para diversos sensores e medições.	65
Tabela III.1 – Características gerais da USB 6008	70

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1- INTRODUÇÃO.....	12
1.1 – MOTIVAÇÕES	12
1.2 - OBJETIVO	14
1.3- ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	15
CAPÍTULO 2 – INSTALAÇÃO DE AR CONDICIONADO DO TIPO ÁGUA	
GELADA COM CHILLER DE CONDENSAÇÃO À ÁGUA	17
2.1 – PRINCIPAIS COMPONENTES	17
2.1.1 – <i>CHILLER</i> DE COMPRESSÃO	17
2.1.2 – <i>FAN COIL</i>	21
2.1.3 – TORRE DE RESFRIAMENTO	22
CAPÍTULO 3 - PARÂMETROS MONITORADOS	25
3.1 – PARÂMETROS MONITORADOS NO <i>CHILLER</i>	26
3.2 – PARÂMETROS MONITORADOS NA TORRE DE RESFRIAMENTO.....	27
3.3 – PARÂMETROS MONITORADOS NO <i>FAN COIL</i>	29
CAPÍTULO 4 - INSTRUMENTAÇÃO	32
4.1- SENsoRES TERMoresistêNCIAS DE PLATINA PT 100	35
4.2 - SENsoRES PIEZOELÉTRICO.....	37
4.3 - SENsoRES DE CORRENTE	40
4.4 – TRANSMISSsoRES 4MA A 20MA.....	41
CAPÍTULO 5 - HARDWARES DE AQUISIÇÃO DE DADOS.....	43
5.1- COMPONENTES DAS PLACAS DE AQUISIÇÃO	43
5.2 - HARDWARE UTILIZADO NO PROJETO	46
CAPÍTULO 6 - SOFTWARES DE GERENCIAMENTO	48
6.1 - PRINCIPAIS SOFTWARES SUPERVISÓRIOS.....	49
6.2. SOFTWARE SUPERVISÓRIO UTILIZADO NO PROJETO	51

CAPÍTULO 7 - FUNCIONAMENTO GERAL DO SISTEMA PROPOSTO	53
7.1 - SISTEMAS SUPERVISÓRIOS	53
7.2 - FUNCIONAMENTO DO SISTEMA PROPOSTO	53
CAPÍTULO 8 - COMENTÁRIOS FINAIS E SUGESTÕES.....	56
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57
ANEXO I: ROTINAS DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA PARA <i>CHILLERS</i>, TORRES DE RESFRIAMENTO E <i>FAN COILS</i>	60
ANEXO II: PONTOS IMPORTANTES PARA A ESCOLHA DA PLACA DE AQUISIÇÃO DE DADOS SEGUNDO A <i>NATIONAL INSTRUMENTS</i>	64
ANEXO III: CARACTERÍSTICAS DA PLACA DE AQUISIÇÃO DE DADOS USB 6008 SEGUNDA A FABRICANTE <i>NATIONAL INSTRUMENTS</i>	70
ANEXO IV: CARACTERÍSTICAS GERAIS DO SOFTWARE <i>INDUSOFT WEB STUDIO</i>	73

CAPÍTULO 1- INTRODUÇÃO

O conceito de condicionamento de ar já era aplicado há séculos atrás, onde a água de arquedutos era circulada através das paredes de casas para arrefecê-las. Durante muito tempo, o homem tentou livrar-se do calor, utilizando ventiladores, armazenando gelo do inverno e vários outros métodos que não se mostraram comercialmente viáveis.

O escritor Walter Bernan em sua obra *“History and Art of Warming and Ventilation Rooms and Buildings”* publicada em 1845 prevê que a criação e o controle de ambientes artificialmente climatizados assumirão a dimensão de uma ciência que contribuirá para o desenvolvimento da humanidade, para a preservação da saúde e para a longevidade do ser humano.

Dessa forma em 1902 na cidade de Nova Iorque, o engenheiro norte americano Willis Carrier desenvolveu a primeira unidade moderna de ar condicionado, resolvendo problemas enfrentados pelas indústrias gráficas nova-iorquinas, que tinham seus trabalhos prejudicados durante o verão, na estação em que o papel absorve a umidade do ar e se dilata. As cores impressas em dias úmidos não se fixavam como as cores impressas em dias mais secos e nem se alinhavam, o que gerava imagens borradadas e obscuras.

Daí em diante os sistemas de ar condicionado estão constantemente se modernizando, com o objetivo de criar no ambiente proposto um conforto térmico de qualidade e com menor custo. E nesse quadro de desenvolvimento tecnológico, os sistemas de monitoramento remoto de instalações de ar condicionado estão progressivamente tomando espaço e credibilidade no mercado.

1.1 – Motivações

Os estudos e avanços na área de monitoramento remoto de sistemas de ar condicionado vêm sendo constantes, acompanhando o avanço tecnológico tanto na área computacional quanto na própria área de ar condicionado. Com exigências cada vez mais rígidas no controle de qualidade, estes sistemas aparecem como uma ferramenta eficiente, que regista e documenta

continuamente vários parâmetros dos equipamentos monitorados, sendo capaz de identificar os problemas existentes e, por estar integrado às redes de comunicação, solicita a qualquer tempo auxílio técnico especializado para realização de eventuais reparos.

A partir da década de 80 grandes empresas passaram a entrar no mercado de desenvolvimento de sistemas de aquisição de dados, entre elas podemos exemplificar a LYNX que a partir de 1987 concebeu seu primeiro sistema, onde este possuía um conversor A/D e o software AqDados que permitiu trazer para dentro do computador grandezas físicas na forma numérica, através de sensores, as quais podiam ser utilizadas em análises matemáticas e estatísticas. Assim, o sistema para pesquisadores e cientistas de diversas áreas como medicina, engenharia, metalurgia, entre outros, foi muito útil, além de ter um custo acessível. Outro sistema de aquisição de dados importante é o chamado SAD 2, criado a partir de 1994 no Laboratório de Medições Mecânicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, surgiu para terminar com certas limitações, sendo um programa de aquisição multicanal e com uma abrangência maior de recursos de processamento. O programa foi desenvolvido procurando sempre manter uma estrutura propícia para inclusão do suporte a diversas placas A/D e nova função de análise [PANHAN, A. M.].

Esses sistemas são compostos de um programa de computador que auxilia na aquisição de dados, podendo ser composto por vários módulos, cada qual com sua finalidade. O sistema tem como função receber os dados, avaliá-los e compará-los em tempo real às informações pré-estabelecidas.

Os parâmetros monitorados podem ser visualizados através de gráficos no próprio terminal ou ainda em um terminal remoto. Havendo qualquer alteração significativa nesses parâmetros, que os tire da normalidade, o computador imediatamente e automaticamente aciona o suporte técnico responsável via SMS (serviço de recebimento de e-mail pelo celular), onde o computador automaticamente envia um e-mail para o telefone celular do técnico de plantão ou via WEB onde o computador local, trabalha como uma *Web Server*, utilizando a rede para disponibilizar as informações através de qualquer computador com acesso a Internet.

Assim constata-se que a nova política de monitoramento de sistemas de ar condicionado tem estimulado o desenvolvimento e a utilização de novas tecnologias para o desenvolvimento de sistemas. Essa modernização faz parte de uma evolução, em que se exigem cada vez mais controles rigorosos e informações em tempo real, ocorrida nos sistemas e nas práticas de monitoramento e aquisição de dados.

1.2 - Objetivo

Este projeto tem como principal objetivo a idealização de um sistema de monitoramento remoto do funcionamento de sistemas de ar condicionado. Neste sistema se propõe a criação de uma ferramenta capaz de supervisionar de maneira remota, parâmetros essenciais para identificar as discrepâncias entre a condição real e ideal de funcionamento de uma instalação de ar condicionado, mais especificamente de uma central de água gelada com condensação a água. Uma vez identificada tais deficiências de funcionamento, também se pretende apresentar uma lista de prováveis causas.

Levantar informações sobre esses sistemas de monitoramento remoto de instalações de ar condicionado e analisar suas características também constitui um objetivo deste trabalho.

O referido sistema é constituído basicamente de um hardware de aquisição de dados (DAQ), interligado a sensores adequados, que convertem os parâmetros físicos aqui considerados (pressões, temperaturas e corrente elétrica no compressor) em sinais elétricos compatíveis com o hardware de aquisição de dados. Tais sinais são na forma de tensões ou correntes elétricas. Este hardware terá como função adquirir e transmitir esses sinais (dados) para dentro do computador local, onde se encontra o software supervisório. Então, a partir deste computador local tais dados podem ser transmitidos para computadores (ou para *tablets* e celulares) remotos por meio da internet (*webserver*).

O software supervisório torna-se uma ferramenta de interação com o hardware de aquisição de sinais, servindo para visualizar graficamente os dados que estão sendo monitorados, tabelando as informações e realizando a análise dos resultados. Portanto, sendo muito útil principalmente para sistemas de ar condicionado de grande porte.

Assim, a criação desse sistema de monitoramento remoto, que permite acesso instantâneo às informações da instalação de ar condicionado sendo monitorada, visa reduzir os custos com mão-de-obra de manutenção, evitando a necessidade da presença física de técnicos para inspecionar esses parâmetros no local de forma contínua. Também se pretende evitar os custos com a substituição de equipamentos por meio de intervenções mais eficazes. Esse sistema de monitoramento remoto também contribui para o aperfeiçoamento dos planos de manutenção, além das análises de tendências.

1.3- Organização do trabalho

Este trabalho é apresentado em 8 capítulos (4 anexos), incluindo esta introdução.

No Capítulo 2 descreve-se a instalação de ar condicionado, tipo central de água gelada, considerada neste trabalho. Os princípios de funcionamento de seus principais componentes são abordados.

No Capítulo 3 são listados todos os parâmetros monitorados dentro do sistema de ar condicionado considerado, explicando detalhadamente o que cada um representa no funcionamento e desempenho da máquina, bem como os problemas que normalmente existem caso estejam trabalhando fora de seus valores nominais.

No Capítulo 4 são apresentados os tipos de instrumentos utilizados na aquisição de dados dentro do sistema de ar condicionado, isto é, os sensores de pressão, temperatura e corrente elétrica, comentando as características que levaram à sua seleção.

As características principais dos hardwares utilizados para aquisição de dados, assim como a placa escolhida para este trabalho, e a razão pela qual a mesma foi selecionada, são abordados no Capítulo 5.

No Capítulo 6 os principais softwares supervisório existentes no mercado, dentre eles o software escolhido neste projeto (“*Indusoft Web Studio*”) são devidamente apresentados.

Então, no Capítulo 7, descreve-se de forma detalhada o funcionamento básico do sistema de monitoramento remoto da instalação de ar condicionado considerada neste trabalho, a saber, com central de água gelada equipada com *Chiller* de condensação a água.

Comentários finais e sugestões de continuidade nesta linha de pesquisa são abordados no Capítulo 8, o qual é seguido pelas referências bibliográficas consultadas. Algumas informações e/ou assuntos relacionados a este trabalho, mas que não foram alocados no corpo principal do mesmo é tratado nos Anexos.

CAPÍTULO 2 – INSTALAÇÃO DE AR CONDICIONADO DO TIPO ÁGUA GELADA COM CHILLER DE CONDENSAÇÃO A ÁGUA

Central de água gelada é o nome dado a um sistema de ar condicionado de expansão indireta constituído de subsistemas de refrigeração (chillers), de distribuição e de meios de dissipação de calor coletado pelo sistema. Nesse sistema um refrigerante (primário) resfria um fluido intermediário (refrigerante secundário, normalmente água) que, através da bomba de água gelada (BAG) caminha até as serpentinhas localizadas nas unidades terminais, normalmente os *Fan Coils*. A temperatura dessa água é elevada pela troca de calor na serpentina com o ar de retorno do ambiente. A água volta novamente para o *Chiller* para ser resfriado através da troca de calor com o refrigerante.

O refrigerante por sua vez, quando troca calor com a água que retorna dos *Fan Coils* no evaporador, sofre mudança de fase e algum superaquecimento. Dessa forma existe outro sistema de bomba, chamada bomba de água de condensação (BAC), responsável pelo arrefecimento desse refrigerante, onde, no condensador, essa água troca calor com o refrigerante, e através da BAC é enviada à torre de resfriamento para arrefecimento, voltando para o condensador para novamente resfriar o fluido refrigerante.

2.1 – Principais componentes

Segue-se, a descrição dos principais componentes de uma instalação de ar condicionado do tipo central de água gelada com condensação à água.

2.1.1 - *Chiller* de Compressão

Um *Chiller*, como mostrado na Fig. 2.1, é uma máquina que tem o princípio de funcionamento baseado no efeito Joule-Thompson com a função de arrefecer a água ou outro líquido dentro de um sistema de refrigeração, composto pelo compressor, evaporador, condensador e dispositivo de expansão. Dessa forma quando é dada a partida no compressor, a pressão no seu lado superior e a sucção no inferior faz com que o líquido refrigerante flua do receptor para a válvula de expansão. Esta válvula introduz o refrigerante no evaporador em

uma mistura predominantemente líquida, onde este troca calor com a água que passa pela serpentina. O refrigerante sai do evaporador e entra no compressor como um gás frio a baixa pressão e sai como um gás aquecido à alta pressão, passando, em seguida, pelo condensador, onde é resfriado pela água de condensação até se condensar, retornando ao receptor como líquido.



Figura 2.1- Chiller de compressão arrefecido a água.

A Fig. 2.2 disponível em SILVA (2005), mostra um esquema básico de um sistema de refrigeração por compressão a vapor com seus principais componentes, e o seu respectivo ciclo teórico construído em um diagrama de Mollier. Tal ciclo constitui a base de funcionamento do *Chiller* mostrado na Fig. 2.1.

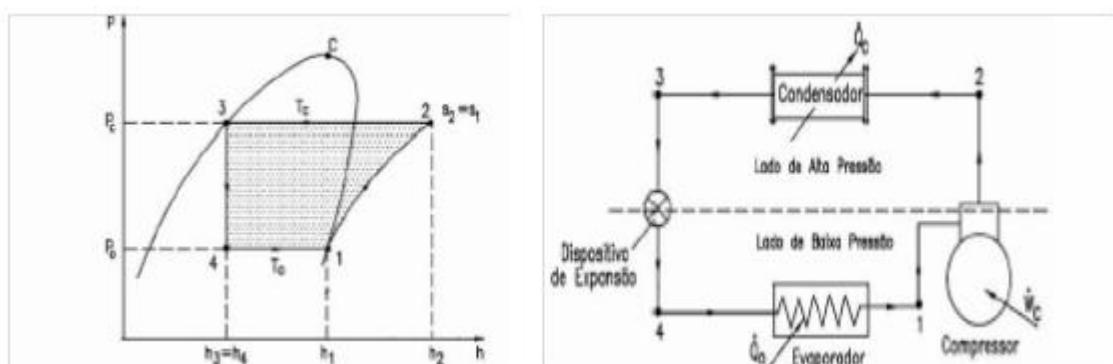


Figura 2.2- Ciclo teórico de refrigeração por compressão de vapor.

Assim, os processos termodinâmicos que envolvem cada etapa do ciclo teórico em seus respectivos componentes são:

- a) Processo 1-2 (Fig. 2.3) disponível em SILVA (2005): Ocorre no compressor, sendo um processo adiabático reversível e, portanto, isentrópico. O refrigerante entra no compressor a pressão do evaporador (P_o) e com título igual a 1. O refrigerante é então comprimido até atingir a pressão de condensação (P_c) e, ao sair do compressor, está superaquecido à temperatura T_2 , que é maior que a temperatura de condensação T_c .

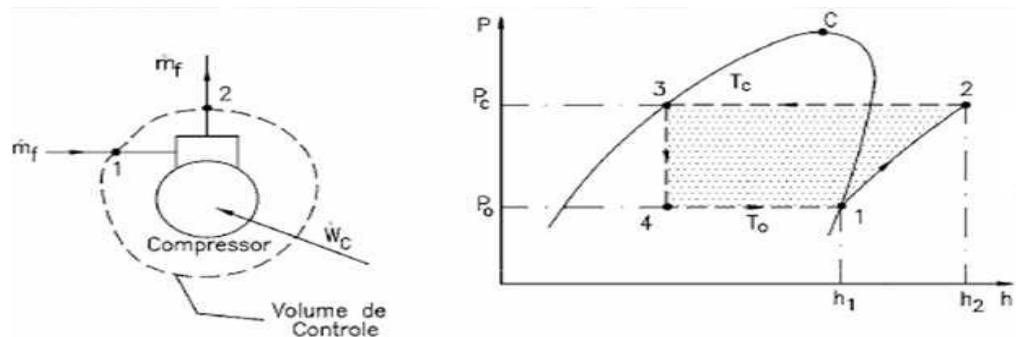


Figura 2.3- Compressor em um ciclo de refrigeração por compressão de vapor ideal.

- b) Processo 2-3 (Fig. 2.4) disponível em SILVA (2005): Ocorre no condensador, sendo um processo de rejeição de calor, do refrigerante para o meio de resfriamento, à pressão constante. Nesse processo o fluido frigorífico é resfriado da temperatura T_2 até a temperatura de condensação T_c , e, seguir, condensado até se tornar líquido saturado na temperatura T_3 que é igual a temperatura T_c .

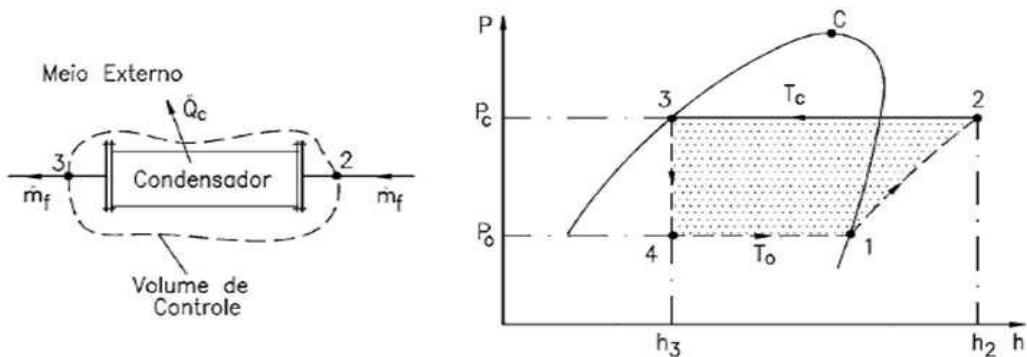


Figura 2.4- Condensador em um ciclo de refrigeração por compressão de vapor ideal.

- c) Processo 3-4 (Fig. 2.5) disponível em SILVA (2005): Ocorre no dispositivo de expansão, sendo uma expansão irreversível a entalpia constante (processo isentálpico), desde a pressão P_c e líquido saturado, até a pressão de vaporização (P_o). O processo é irreversível e, portanto, a entropia do refrigerante na saída do dispositivo de expansão (S_4) será maior que a entropia do refrigerante na sua entrada (S_3).

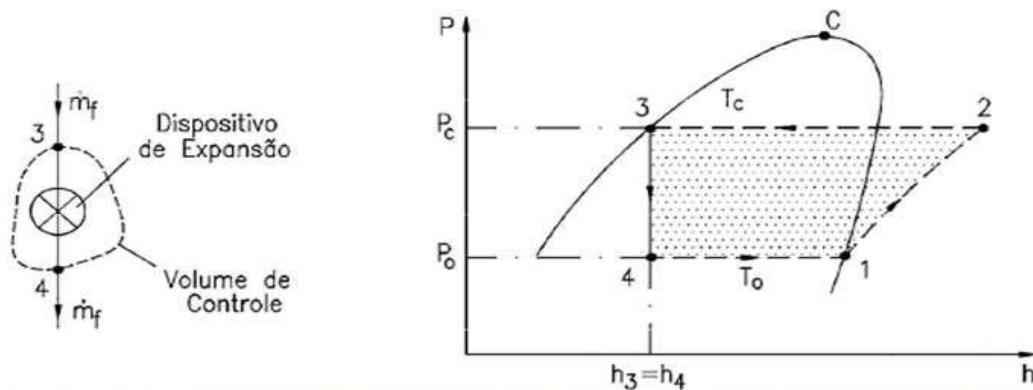


Figura 2.5- Dispositivo de expansão em um ciclo de refrigeração por compressão de vapor ideal.

- d) Processo 4-1 (Fig. 2.6) disponível em SILVA (2005): Ocorre no evaporador, sendo um processo de transferência de calor a pressão constante (P_o), consequentemente a temperatura constante (T_o), desde vapor úmido (estado 4), até atingir o estado de vapor saturado. O calor transferido ao refrigerante no evaporador não modifica sua temperatura, mas somente muda sua qualidade (título).

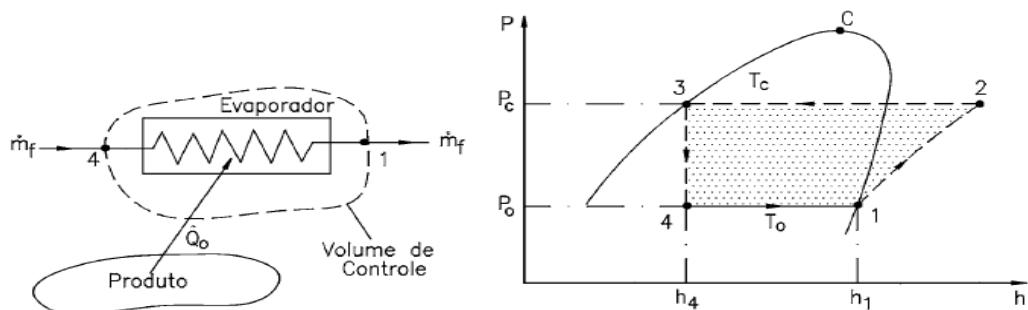


Figura 2.6- Evaporador em um ciclo de refrigeração por compressão de vapor ideal.

2.1.2 – *Fan Coil*

Os *Fan Coils* (ver exemplo na Fig. 2.7) são unidades de tratamento de ar (resfriar, desumidificar e filtrar) compostas basicamente de *dampers*, filtros, ventiladores, serpentinas e dispositivos controladores (válvulas e atuadores de *dampers*) e são controlados para que a quantidade de ar condicionado a ser fornecido ao ambiente seja regulada de acordo com a sua necessidade.

O sistema de resfriamento do ar (*Fan Coil*) é dimensionado, quanto à sua capacidade, de acordo com a vazão de ar necessária à retirada de cargas térmicas de ambientes de áreas definidas. O ar é introduzido no ambiente a uma temperatura predeterminada de tal forma a ser mantida constante a diferença de temperatura entre o ar do ambiente e o ar insuflado. Pela serpentina tem-se água fria em circulação, proveniente do *Chiller*. Geralmente, a água entra no *Fan Coil* a uma temperatura de 7°C e sai a uma temperatura de 12°C.

Os filtros são molduras metálicas com placas de poliuretano, fibra natural, mantas de fios metálicos ou fibras sintéticas. Dividem-se ainda em secos e de impacto adesivo (impregnados com óleo), sendo este último não mais utilizado no mercado. Unidades *Fan Coil* são equipadas com filtros laváveis e removíveis que devem ser limpos ou trocados quando apresentarem acúmulo de sujeira. Uma boa manutenção nos filtros garante higiene no ambiente e fluxo de ar satisfatório, possibilitando ao *Fan Coil* desenvolver total capacidade de resfriamento.



Figura 2.7- Fan Coil para sistemas de central de água gelada.

Os *dampers*, por sua vez, são dispositivos utilizados para controle de vazão de ar (impede ou permite a passagem de determinada quantidade de ar), podendo ser controlados de acordo

com a necessidade térmica do ambiente. Existem vários tipos de *dampers*, entre eles podemos citar os de lâmina única (Fig. 2.8), de controle de fumaça, de múltiplas lâminas, entre outros.

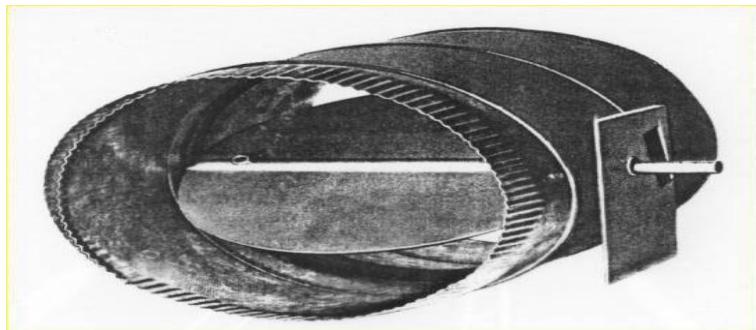


Figura 2.8- Damper de lâmina única.

Os sistemas tipo *Fan Coil/Chiller* tem como uma de suas vantagens à facilidade de distribuição, que requer menor espaço de construção, e uma de suas desvantagens é que, em relação aos demais sistemas, requerem uma manutenção mais especializada, principalmente se a central opera com baixas temperaturas exigindo controle da quantidade de aditivos anticongelantes.

2.1.3 - Torre de Resfriamento

Na maioria dos sistemas de refrigeração e processos industriais, ocorre geração de calor, que deve ser extraído e dissipado. Normalmente utiliza-se água como elemento de resfriamento. Se no local de instalação houver água suficiente e com temperatura adequada, então se utiliza a água de maneira continua, sem causar danos ecológicos e econômicos. Caso esta solução não seja possível, ou ser for de certa forma inviável, o procedimento mais adequado é a instalação de uma torre de resfriamento. Esta permite por meio da evaporação de uma pequena quantidade de água, transmitir calor para o ar, de forma que água possa ser empregada novamente para resfriamento, devendo-se repor ao circuito apenas a parte de água perdida por evaporação, arrastamento de gotículas finas pelo ventilador e ainda à purga de desconcentração. As perdas de água de um resfriador do tipo compacto não ultrapassam 2% da vazão da água de circulação. Assim, uma torre de resfriamento é uma instalação para resfriamento de água por meio do contato com o ar atmosférico, como mostra a Fig.2.9 [SILVA, M. N].

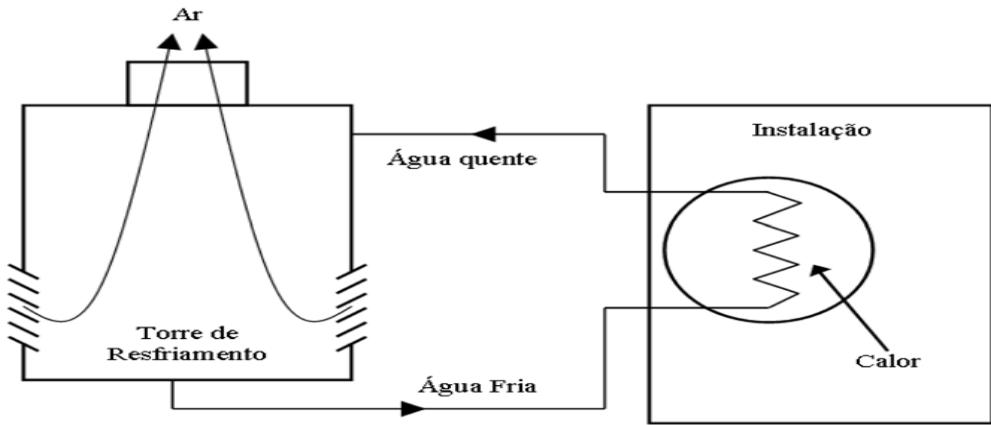


Figura 2.9 - Instalação com torre de resfriamento

Desta forma, a água quente proveniente do condensador circula pela torre, entrando pela parte superior, sendo distribuída por canais abertos escoando para o tanque coletor por gravidade de onde é sugada pela bomba. Esta bomba é chamada de BAC (bomba de água de condensação). O nível deste tanque é mantido através de uma boia de nível que aciona a reposição quando o mesmo se encontra abaixo do valor pré-estabelecido. Assim, a água resfriada retorna ao condensador de modo contínuo e uniforme de tal forma que o calor cedido pelo fluido frigorígeno à água de circulação é lançado ao ar, com o qual entra em contato na torre.

Existem três tipos de torre, classificadas de acordo com maneira pela qual a corrente de ar entra em contato com a água, conforme pode ser observado na Fig. 2.10 [CREDER, H.].

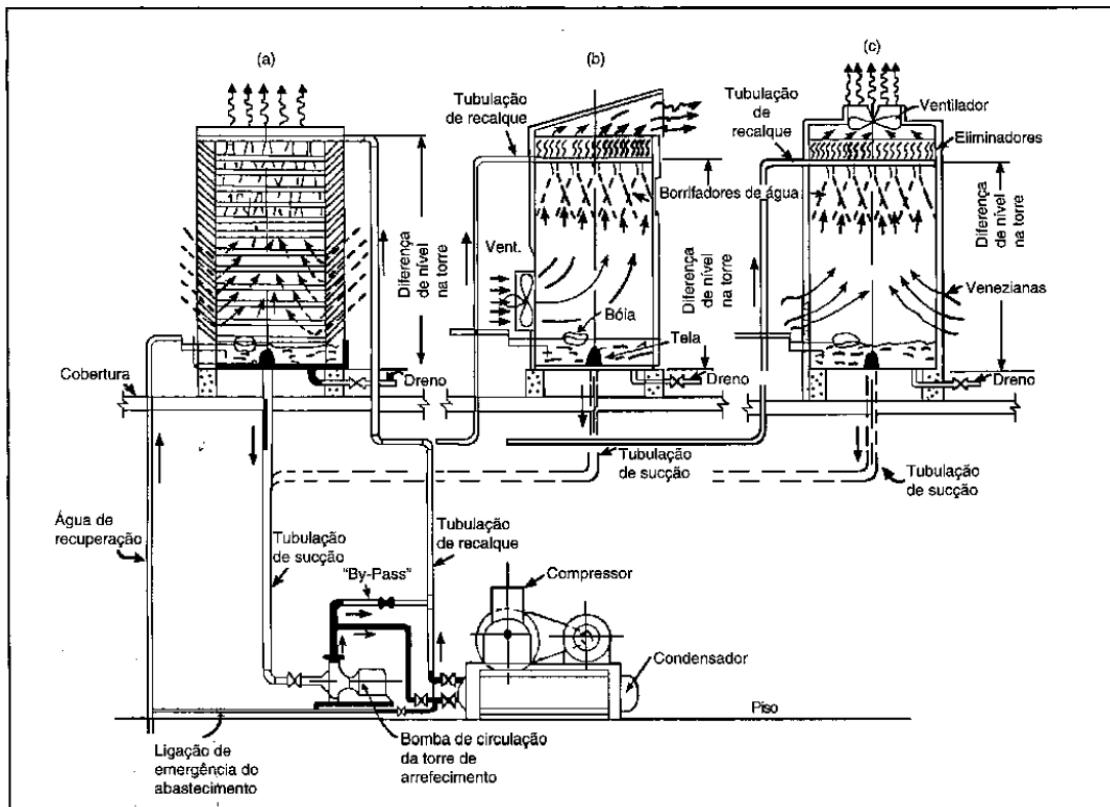


Figura 2.10 – Tipos de torre: (a) atmosférica; (b) corrente de ar forçado; (c) corrente de ar induzido.

Ainda segundo CREDER (2004) a torre atmosférica geralmente é instalada na parte superior de edifícios e deve ficar localizada de modo a receber a incidência direta dos ventos dominantes, pois não possuem ventiladores.

A torre de resfriamento de corrente de ar forçado pode estar localizada em qualquer lugar da edificação, desde que, esteja na parte exterior. Possui um ventilador lateral na parte inferior, podendo ser fabricada de madeira, chapas metálicas ou fibra de vidro. Já as torres de corrente de ar induzido, devem ser instaladas, preferencialmente, na parte superior do edifício. Possui o ventilador localizado acima dos borrifadores.

CAPÍTULO 3 - PARÂMETROS MONITORADOS

A manutenção de um sistema de ar condicionado visa manter o seu funcionamento ideal, objetivando o trabalho do equipamento nas condições originais de projeto. Para tal, um plano de operação, manutenção e controle – PMOC - deve ser seguido, se utilizando de normas e procedimentos padrões exigido por órgãos reguladores e fabricantes.

O PMOC – Plano de Manutenção, operação e controle - é um plano exigido pela Portaria 3.523/GM de agosto de 1998, que visa preservar a saúde das pessoas assim como a qualidade do ar dos ambientes climatizados.

O PMOC é obrigatório para todas as instalações de sistemas de refrigeração superiores a 5 TR. Desta forma, a manutenção em ar condicionado segue rotinas mensais, trimestrais, semestrais e anuais padronizadas, visando não só o bom funcionamento do equipamento, mas principalmente, prevenir a falha de seus componentes, podendo gerar, com isso, custos elevados.

Dentro de um sistema de ar condicionado com distribuição de água gelada, contando com *Chiller*, torre de resfriamento e *Fan Coil* como principais componentes, terão por padrão uma rotina de manutenção preventiva, como a apresentada no Anexo I.

Assim, neste presente trabalho, restringe-se o monitoramento do sistema de ar condicionado a sete parâmetros. A escolha desses parâmetros, sem maiores análises, foi baseada nas rotinas de manutenção preventiva normalmente realizada em centrais de água gelada, que de uma forma objetiva e prática, permite identificar funcionamento deficiente deste sistema de ar condicionado.

Porém, tal conjunto de parâmetros, listados abaixo, não constitui um conjunto completo o suficiente para identificar e diagnosticar todos os problemas possíveis em instalações de ar condicionado do tipo aqui considerado. Entretanto, isso não compromete o objetivo principal deste trabalho que é apresentar e discutir as características de um sistema para monitoramento remoto de instalações de ar condicionado.

Os parâmetros escolhidos foram:

1. Corrente elétrica nos bornes do compressor;
2. Temperatura da água de condensação na entrada da torre de resfriamento;
3. Temperatura da água de condensação na saída da torre de resfriamento;
4. Temperatura do ar a ser insuflado nos recintos climatizados (saída do *Fan Coil*);
5. Temperatura do ar que retorna dos recintos climatizados (entrada do *Fan Coil*);
6. Pressão do refrigerante na sucção do compressor do *Chiller*;
7. Pressão do refrigerante na descarga do compressor do *Chiller*.

3.1 – Parâmetros Monitorados no *Chiller*

Entre os componentes de um *Chiller*, o compressor é o de maior custo, sendo que seu monitoramento ocorrerá principalmente através de sua corrente elétrica. Se o fluido refrigerante contiver líquido na sucção do compressor, o mesmo pode ser danificado seriamente pelo chamado golpe de líquido.

Quando observado no compressor uma corrente acima do seu valor nominal, uma das possíveis causas desta anormalidade são os altos diferenciais de pressão, diferença entre a pressão de sucção e a pressão de descarga. Quando isso ocorre, o motor elétrico que move o compressor começa a consumir mais energia elétrica, pois este necessitará dispensar de maior potência para o deslocamento do fluido refrigerante. Assim, existe um relé de sobrecarga que desliga o compressor quando a corrente do mesmo está alta. No entanto, no caso de falha do relé, ou no caso de utilização de um relé inadequado, superdimensionado, pode acorrer de não ser desligado o compressor, o que pode levar a uma queima do motor elétrico devido ao aquecimento da fiação, destruindo o esmalte protetor em torno do fio, podendo provocar um curto-circuito.

Quando a temperatura de descarga do compressor está muito elevada, o mesmo como um todo, se superaquece, aumentando a possibilidade de reações químicas entre umidade, refrigerante e óleos lubrificantes, além de poderem provocar uma degradação dos materiais do motor elétrico, podendo levar à queima.

Quando o compressor está desligado, pode haver migração de refrigerante no estado líquido, da linha de sucção para a carcaça ou cárter. Esse refrigerante líquido mistura-se com o óleo podendo levá-lo a perca parcial de sua capacidade de lubrificação, ficando menos viscoso, provocando um maior desgaste no compressor quando for religado.

As pressões de sucção (baixa) e descarga (alta) no compressor são parâmetros importantes ao funcionamento do sistema, pois quando estas se mostram abaixo de seu valor nominal o equipamento pode estar apresentando vazamento ou déficit de fluido refrigerante. De forma oposta a isto, quando estas pressões estiverem acima do valor nominal, a troca de calor no condensador e/ou no evaporador pode estar ineficiente em decorrência do acumulo de sujeira, aletas e serpentina danificadas, ou ainda a água advinda do *Fan Coil* e/ou torre de resfriamento podem estar a uma temperatura acima da pré-estabelecida no projeto.

Portanto, é primordial que a corrente elétrica do compressor e as pressões de sucção e descarga do mesmo estejam dentro de seus valores nominais. Desta forma, monitorar estes parâmetros é importante para diagnosticar de funcionamento de um sistema de ar condicionado.

3.2 – Parâmetros monitorados na Torre de Resfriamento

As torres de resfriamento são trocadores de calor e massa, que nas instalações de ar condicionado são normalmente de tiragem mecânica forçada ou induzida, com o fluxo de ar em contracorrente.

Com relação ao seu funcionamento, basicamente a água quente proveniente do condensador circula pela torre, entrando pela parte superior, sendo distribuída em seguida pelos canais abertos e, por gravidade, desce ao tanque coletor de onde é sugada por uma bomba. O resfriamento se dá através da evaporação de parte da água que entra na torre, logo, existe a necessidade de reposição de água. O nível da água do tanque coletor é mantido por meio de uma boia. Desta maneira, a água resfriada retorna ao condensador de modo contínuo e uniforme.

Caso as temperaturas da água na entrada e saída da torre estiveram fora dos valores estabelecidos em projeto, conforme citado no item 3.1, pode estar ocorrendo no sistema troca de calor no evaporador e/ou condensador ineficiente, déficit de refrigerante, a vazão de água na torre pode estar fora do padrão devido a problemas na BAC e/ou na boia de nível, e em torres de resfriamento mecânicas o ventilador pode estar apresentando funcionamento irregular. Essas temperaturas irão variar de acordo com a instalação e com as condições climáticas do local onde o equipamento se encontra. Desta forma serão monitoradas as condições climáticas obedecendo aos valores estabelecidos pela norma NBR ABNT 16401-1:2008. A Tabela 3.1 mostra os dados climáticos de projeto para a cidade de Vitória de acordo com a norma NBR ABNT 16401-1:2008. Porém, para analisar a operação de uma torre de resfriamento deve-se considerar que as condições climáticas sofrem alterações ao longo do dia e do ano.

Tabela 3.1- Dados climáticos para cidade de Vitória.

ES	Vitória			Latitude	Longit.	Altitude	Pr.atm	Periodo	Extrem. anuais	TBU	TBSmx	s	TBSmn	s
		20,27S	40,28W	4m	100,28	82/01				30,6	36,8	1,0	14,3	1,7
Mês>Qt	Freq. anual	Resfriamento e desumidificação				Baixa umidade			Mês>Fr	Freq. anual	Aquec.	Umidificação		
Fev		TBS	TBUc	TBU	TBSc	TPO	w	TBSc	Ago	TBS	TPO	w	TBSc	
	0,4%	34,0	25,5	27,0	30,1	26,2	21,6	28,1		99,6%	16,5	12,8	9,2	21,0
ΔT_{md}	1%	33,1	25,2	26,6	29,7	26,0	21,3	28,0		99%	17,5	14,0	9,9	21,2
	8,0	32,2	25,0	26,2	29,4	25,2	20,4	27,5						
	2%													

O desempenho das torres de resfriamento geralmente é expresso em termos do *resfriamento* e *aproximação*. De acordo com o demonstrado na Fig. 3.1 disponível em STOECKER, JONES (2002), o *resfriamento* é a redução da temperatura da água através da torre de resfriamento e a *aproximação* é a diferença entre a temperatura da água na bacia da torre e a temperatura de bulbo úmido do ar que entra na torre.

Na torre de resfriamento existe uma troca entre a água e o ar não saturado, sendo que existem dois efeitos que motivam esse processo: a diferença nas temperaturas de bulbo seco e a diferença de pressão de vapor entre a superfície da água e do ar.

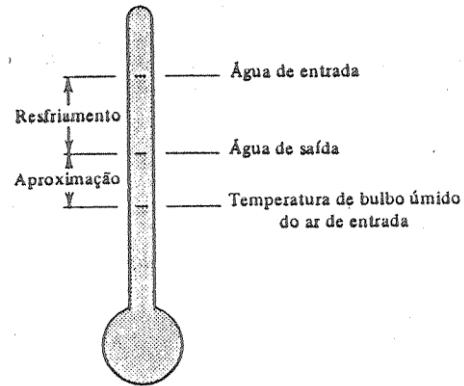


Figura 3.1 - Resfriamento e aproximação numa torre de resfriamento.

3.3 – Parâmetros monitorados no *Fan coil*

Os *Fan Coils* são condicionadores de ar constituídos essencialmente de um ventilador centrífugo, filtros, uma serpentina e uma bandeja de condensado. O ventilador centrífugo captura o ar do ambiente, chamado de ar de retorno, e promove a passagem desse ar através da serpentina gelada fazendo com que o mesmo seja resfriado e desumidificado, sendo em seguida, insuflado no ambiente diretamente ou através de dutos, conforme mostrado na Fig. 3.2 [Lopes, M. N.].

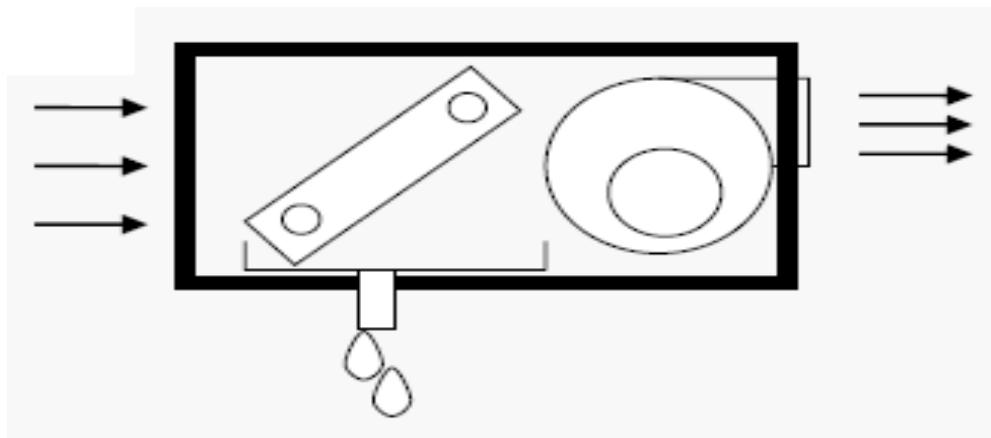


Figura 3.2 - Esquemático do funcionamento de um Fan Coil.

A partir da medição das temperaturas de retorno e insuflamento do ar, pode-se avaliar de maneira geral, como está o rendimento de todo sistema de ar condicionado, principalmente quando se compara a diferença entre essas temperaturas.

Em uma instalação trabalhando com todos os seus parâmetros nominais, ou seja, em perfeito estado de funcionamento, a fim de se obter um ambiente dentro da zona térmica de conforto térmico determinado pela norma ABNT NBR 16401-2: 2008, a temperatura de insuflamento deve estar compreendida entre 12°C e 16°C e a temperatura do local refrigerado em torno de 24°C. Desta forma se tem um ar de retorno com uma temperatura compreendida entre 24°C e 26°C, promovendo, assim, um diferencial de temperatura de aproximadamente 10°C.

Para temperaturas de insuflamento de ar acima do padrão estabelecida pelo projeto, e o sistema apresentando pressões de sucção, descarga e corrente do compressor dentro dos seus valores nominais, pode-se concluir que se trata de uma baixa eficiência na troca de calor na serpentina do *Fan Coil* e/ou evaporador do *Chiller*, causadas por sujeira, aleta danificada, entupimento no interior das serpentinas e baixa carga de fluido refrigerante.

Para temperaturas de insuflamento de ar abaixo do padrão de projeto, temos como uma provável causa uma vazão insuficiente de ar através da serpentina gelada do *Fan Coil*. Essa vazão de abaixo do valor estabelecido em projeto, pode ser devido a problemas com o ventilador, ou até, alguma obstrução no caminho do ar de retorno, fazendo com que o ar aspirado pelo ventilador seja insuficiente.

Para temperaturas de retorno do ar ambiente acima do desejado no projeto, tem-se como uma provável causa o aumento da carga térmica no ambiente climatizado, consequentemente acarretará em um maior consumo de energia elétrica, pois o compressor operará em sua capacidade máxima durante um maior período.

Em caso de temperaturas de retorno deste ar menores que o esperado, pode-se supor que a causa seja a instalação incorreta do local da sua captação. Em decorrência, tem-se que o termostato da máquina irá ler baixas temperaturas provocando o desligamento do compressor. Esse procedimento irá se repetir constantemente causando um desgaste precoce do compressor, além de promover um aumento do consumo de energia devido à alta corrente de partida do motor do mesmo.

O monitoramento das temperaturas de insuflamento e retorno de ar no *Fan Coil*, associadas à corrente do compressor no *Chiller*, as pressões de alta e de baixa no compressor e as temperaturas de entrada e saída de água de condensação na torre de resfriamento, nos possibilitarão identificar possíveis problemas no equipamento de ar condicionado de forma instantânea a partir do cruzamento desses parâmetros, acompanhados em tempo real através de um software supervisório dedicado a essa aplicação.

CAPÍTULO 4 - INSTRUMENTAÇÃO

A instrumentação é o ramo da engenharia que exerce atividades relacionadas à medição de grandezas físicas para monitoramento ou controle de sistemas de automação, assim como do desenvolvimento de novos dispositivos de medição e controle para diversas aplicações. Os instrumentos tem produzido uma grande economia de tempo e mão de obra envolvida, agindo como extensões dos sentidos humanos e facilitando o armazenamento de informações de situações complexas. Desta forma, a instrumentação se tornou um componente essencial das atividades rotineiras da indústria e contribuiu de maneira significante para o desenvolvimento da economia.

As principais funções dos instrumentos são:

- Sensor: detecção da variável medida;
- Indicação: apresentação do valor instantâneo da variável;
- Condicionamento do sinal: operação de tornar mais amigável e tratável o sinal original;
- Registro: apresentação do valor histórico e em tempo real da variável;
- Controle: garantir que o valor de uma variável permaneça igual, em torno ou próximo de um valor desejável;
- Alarme e Inter travamento: geração de sinais para chamar a atenção do operador para condições que exijam sua interferência ou para atuar automaticamente no processo para mantê-lo seguro.

Segundo RIBEIRO (2002), o elemento sensor é um componente do instrumento, que converte a variável física de entrada para outra forma mais palpável, onde a grandeza física da entrada geralmente é diferente grandeza da saída. Este elemento depende fundamentalmente da variável sendo medida, sendo que na maioria das vezes está em contato direto com o processo.

A escolha correta dos sistemas pode ser a diferença entre sucesso e fracasso para uma unidade, planta ou toda a companhia, por isso é fundamental estabelecer a exatidão, precisão,

resolução, linearidade, repetitividade e tempo de resposta do sensor para as necessidades do sistema. Um sensor especificado com precisão insuficiente pode comprometer o desempenho de todo o sistema. No outro extremo, selecionar um sensor com precisão exagerada e difícil de ser conseguida na prática. Algumas características desejáveis de um elemento sensor que devem ser consideradas em sua especificação e seleção para uma determinada aplicação são:

- O elemento sensor deve reconhecer e detectar somente o sinal da variável a ser medida e deve ser insensível aos outros sinais presentes simultaneamente na medição;
- O sensor não deve alterar a variável a ser medida. Por exemplo, a colocação da placa de orifício para sentir a vazão, introduz uma resistência à vazão, diminuindo-a. A vazão diminui quando se coloca a placa para medi-la;
- O sinal de saída do sensor deve ser facilmente modificado para ser facilmente indicado, registrado, transmitido e controlado. Por isso, atualmente os sensores eletrônicos são mais preferidos que os mecânicos, pois são mais facilmente manipulados;
- O sensor deve ter boa exatidão, conseguida por fácil calibração;
- O sensor deve ter boa precisão, constituída de linearidade, repetitividade e reproduzibilidade;
- O sensor deve ter linearidade de amplitude;
- O sensor deve ter boa resposta dinâmica, respondendo rapidamente às variações da medição;
- O sensor não deve induzir atraso entre os sinais de entrada e de saída, ou seja, não deve provocar distorção de fase;
- O sensor deve suportar o ambiente hostil do processo sem se danificar e sem perder suas características. O sensor deve ser imune à corrosão, erosão, pressão, temperatura e umidade ambientais;
- O sensor deve ser facilmente disponível e de preço razoável.

Os sensores podem divididos em duas categorias:

1. Sensores Mecânicos

O sensor mecânico recebe na entrada a variável de processo e gera na saída uma grandeza mecânica, como movimento, força ou deslocamento, proporcional à variável medida. Este elemento não necessita de nenhuma fonte de alimentação externa para funcionar; sendo acionado pela própria energia do processo ao qual está ligado. Exemplos de elementos sensores mecânicos:

- Espiral, para a medição de pressão;
- Enchimento termal, para temperatura;
- Placa de orifício, para a vazão.

2. Sensores Eletrônicos

O sensor eletrônico recebe na entrada a variável de processo e gera na saída uma grandeza elétrica, como tensão, corrente elétrica, variação de resistência, capacidade ou indutância, proporcional a esta variável. Há elementos sensores eletrônicos ativos e passivos. Os elementos ativos geram uma tensão ou uma corrente na saída, sem necessidade de alimentação externa. Exemplos:

- Cristal piezoeletrônico para a pressão;
- Termoresistências de platina para a temperatura;
- Sensor de corrente elétrica.

Os circuitos que condicionam estes sinais necessitam de alimentação externa. Os elementos passivos necessitam de uma polarização elétrica externa para poder medir uma grandeza elétrica passiva para medir a variável de processo. As grandezas elétricas variáveis são: a resistência, a capacidade e a indutância. Exemplo de elementos sensores passivos eletrônicos:

- Resistência capaz de detectar temperatura;
- Célula de carga para a medição de pressão e de nível;

- Bobina detectora para a transdução do sinal de corrente para o sinal padrão pneumático.

Como há uma rápida evolução das tecnologias e consequente obsolescência, periodicamente as plantas requerem ampliações e modificações que incluem a modernização dos seus instrumentos e seus sistemas de controle. Assim, técnicos e engenheiros que trabalham com projeto, especificação, operação e manutenção de plantas de processo devem estar atualizados com a instrumentação e as recentes tecnologias envolvidos para assegurar qualidade do produto, economia e segurança da planta.

Contudo, nesse presente trabalho, serão utilizados três sensores eletrônicos necessários para o monitoramento dos parâmetros pré-selecionados no capítulo três, que são: termoresistências de platina PT 100 para medição das temperaturas, piezoelétrico para medição das pressões de sucção (baixa) e de descarga (alta), e o de corrente para medir a corrente elétrica no compressor. A fim de proporcionar um sinal dentro da faixa de aceitação da placa de aquisição de dados adotada neste trabalho, será empregado um transmissor de sinal que fará com que os dados fornecidos pelos sensores estejam alinhados ao hardware responsável pela aquisição desses parâmetros.

4.1- Sensores Termoresistências de platina PT 100

Termoresistências de platina ou RTD's são sensores de temperatura que operam baseados no princípio da variação da resistência ôhmica em função da temperatura (Fig. 4.1) disponível em KROHNE (Manual do sensor de temperatura PT100). Suas principais qualidades de destacam pela alta precisão, estabilidade por longo prazo, linearidade e intercambialidades sem ajuste técnicos ou calibração. A estabilidade é um fator de grande importância na indústria, pois é a capacidade do sensor manter e reproduzir suas características (resistência-temperatura) dentro da faixa especificada de operação.

Outro fator importante num sensor PT100 é sua capacidade de ser repetitivo, que é característica de confiabilidade das termoresistências. Essa capacidade deve ser medida com leitura de temperaturas consecutivas. O tempo de resposta é importante em aplicações em que a temperatura do meio em que se realiza a medição está sujeita a mudanças bruscas. Considera-se constante de tempo como tempo necessário para o sensor reagir a uma mudança de temperatura e atingir 63,2% da variação de temperatura. Para medições industriais, a resistência de medição é instalada em um tubo especial, o qual, por sua vez, é montado em um suporte próprio para instalação.

Na montagem do tipo isolação mineral, tem-se o sensor montado em um tubo metálico (bainha de aço inox) com uma extremidade fechada, e preenchida todos os espaços com óxido de magnésio, permitindo uma boa troca térmica e protegendo o sensor de choques mecânicos. A ligação do bulbo é feita com fios de cobre, prata ou níquel isolados entre si, sendo a extremidade aberta selada com epóxi, vedando o sensor do ambiente em que vai atuar. Este tipo de montagem permite a redução do diâmetro e apresenta rápida velocidade de resposta.



Figura 4.1 - Sensores de temperatura PT 100 fabricado pela *Krohne*.

Estas características fazem do sensor do tipo P 100 a melhor escolha na instrumentação de um sistema de ar condicionado, de acordo com a Tabela 4.1 também disponível em KROHNE (Manual do sensor de temperatura PT100), pois haverá precisão e confiabilidade nas faixas de temperaturas medidas nesse tipo de instalação.

Tabela 4.1 - Dados técnicos do sensor PT 100.

Measuring system		
Measuring principle	Resistance thermometer measuring insert acc. to DIN 43735-1.	
Type of sensor	Pt100 acc. to DIN EN 60751.	
Measuring accuracy		
Measuring accuracy varies with the temperature and is described in terms of a tolerance class. Values for the individual tolerance classes are as follows:		
Tolerance class A	$\pm (0.15 + 0.002 \times t) ^\circ\text{C}$	
Tolerance class B	$\pm (0.3 + 0.005 \times t) ^\circ\text{C}$	
1/3 tolerance class B	$\pm 1/3 (0.3 + 0.005 \times t) ^\circ\text{C}$	
ø 3 mm / 0.12"	Tolerance class A -50...+300°C / -58...+572°F Tolerance class B -70...+500°C / -94...+932°F 1/3 tolerance class B at 0...150°C / +32...302°F, otherwise tolerance class A	Tolerance class A -200...+600°C / -328...+1112°F
ø 6 mm / 0.24"	Tolerance class A -50...+300°C / -58...+572°F Tolerance class B -70...+500°C / -94...+932°F Tolerance class B -50...600°C / -50...+1112°F Shock resistant 1/3 tolerance class B at 0°C / +32°F, otherwise tolerance class A	Tolerance class A -200...+600°C / -328...+1112°F
Calibration of the measuring inserts	Under normal operating conditions we recommend annual recalibration.	

4.2 - Sensores Piezoelettrico

Piezoelectricidade é uma das propriedades básicas de grande parte dos cristais, cerâmicas e polímeros. Nestes materiais ocorre um deslocamento que se manifesta como uma polarização elétrica interna ou através do aparecimento de cargas elétricas superficiais no material.

Estes sensores não podem medir pressões estáticas por mais de alguns segundos, mas são capazes de medir fenômenos dinâmicos como o choque, vibrações, pulsação, ou condições dinâmicas em motores, compressores, entre outros. De todas as classes cristalinas, apenas os representantes com centro de simetria não podem apresentar o efeito. Praticamente todas as outras classes exibem algum efeito piezoelettrico diferente de zero, embora às vezes este efeito seja muito pequeno.

Segundo SHIGUE (2002), para selecionar um material piezoelettrico para aplicações tecnológicas, primeiramente procura-se conhecer três características:

1. Constante de carga piezoelettrica (m / V ou C / N)

Informa qual é a proporção entre a variação dimensional do material piezoelétrico (em metros) e a diferença de potencial aplicada (em Volts), e entre a geração de cargas elétricas (em Coulombs) e a força aplicada no material (em Newtons). Essa informação é geralmente usada em projetos de posicionadores piezoelétricos e sensores de força/deformação.

2. Constante de tensão piezoelétrica g (V.m / N)

Informa qual é a proporção entre a diferença de potencial gerada (em Volts) e a força aplicada (em Newton) para o comprimento de 1 metro. Essa informação é usada no projeto de detonadores de impacto.

3. Coeficiente de acoplamento k (Adimensional)

Eficiência do material na transdução / conversão de energia elétrica em mecânica e vice versa. Essa informação é indispensável no controle de qualidade das cerâmicas piezoelétricas e no projeto de dispositivos em que não se deseja a conversão cruzada de energia, ou seja, que uma vibração ou deformação em um eixo não gere cargas elétricas ou diferença de potencial em outro eixo. Neste caso, quanto menor o respectivo fator de acoplamento melhor.

As principais vantagens dos sensores de pressão piezoelétricos incluem o seu pequeno tamanho, a construção robusta, de alta velocidade de resposta e um próprio sinal gerado. Estes sensores estão limitados às medições dinâmicas, são sensíveis as variações de temperatura, requerem calagem especial e amplificação do sinal de saída.

Neste trabalho, o sensor piezoelétrico utilizado na medição das pressões de sucção e descarga será o HPT901 fabricado pela *Holykell* como ilustrado na Fig. 4.2 disponível em **HOLYKELL** (Manual do sensor piezoelétrico).



Figura 4.2 - Sensor piezoelétrico HPT901 produzido pela Holykell.

Este foi escolhido pelo fato de ser o mais aplicado comercialmente, e suas faixas de operação atender as necessidades do projeto, como pode ser observado na Tabela 4.2 disponível em **HOLYKELL** (Manual do sensor piezoelettrico).

Em suma, este sensor atende as necessidades pertinentes ao trabalho proposto.

Tabela 4.2 - Dados técnicos do sensor HPT901.

Model:	HPT901		
Parameter:			
Pressure Range:	-1 Bar-0-0.1 Bar.....1000 Bar Optional		
Frequency Range:	0~1KHz~3KHz.....2MHz optional.		
Pressure Type:	Gauge pressure; Absolute pressure optional.		
Overload:	200% F.S.		
Burst Pressure	300% F.S.		
Accuracy:	$\leq \pm 0.4\% F.S$, $\leq \pm 0.25\% F.S$, $\leq \pm 0.1\% F.S$ optional		
Intrinsic frequency	1MHz~2MHz	1MHz~2MHz	1MHz~2MHz
Bandwidth:	0 ~ 200KHz	0 ~ 200KHz	0 ~ 200KHz
Rising time:	0 ~ 1μS	0 ~ 1μS	0 ~ 1μS
Long Stability:	0.1%F.S±0.05%/Year	0.1%F.S±0.05%/Year	0.1%F.S±0.05%/Year
Working Temp:	-40°C~85°C (Special: -10°C~250°C)		
Storage Temp:	-40°C~120°C		
Temp Compensation:	-20°C~75°C		
Medium compatible:	Compatible with 316L Stainless Steel		
Output:	4~20mA	4~20mA	
Power Supply:	12~36 V DC	12~36 V DC	12~36 V DC
Load Resistance:	$\leq (U-12)/0.02\Omega$	$\leq (U-12)/0.02\Omega$	$\leq (U-12)/0.02\Omega$
Insulate resistance:	>100M Ω @100V		
Zero Temp. Drift:	0.03%FS/°C ($\leq 100kPa$) , 0.02%FS/°C ($>100kPa$)		
FS Temp. Drift:	0.03%FS/°C ($\leq 100kPa$) , 0.02%FS/°C ($>100kPa$)		
Vibration effect:	$\leq \pm 0.01\%FS$ (X、Y、Z axis, 200Hz/g)		
Sensor membrane:	316L Stainless Steel or Mono-crystalline silicon		
Resolution:	Infinite small (theoretical), 1/100000 (Universal)		
Pressure connect port:	1/4"NPT male 1/2"NPT Female, G1/2"; G1/4"male optional. (by Customized)		
Response time:	$\leq 1ms$		

4.3 - Sensores de Corrente

Os sensores de efeito hall foram descobertos em 1879 por Edward E. Hall, estes são constituídos de dispositivos semicondutores que sofrem influência de campo magnético. O sensor de Efeito Hall quando submetido a uma tensão de entrada sobre um campo magnético perpendicular a direção da corrente, gera a tensão Hall em seus terminais em uma terceira direção no espaço, sendo perpendiculares as duas anteriores (corrente e campo). A tensão Hall é proporcional ao produto da corrente da tensão de entrada com o valor do campo magnético incidente perpendicularmente.

Existe uma tensão Hall de saída que é então amplificada por um amplificador operacional, sendo que a variação de sensibilidade de um sensor Hall é devido à configuração do amplificador, e colocada na saída do dispositivo.

Neste trabalho será utilizado para medição da corrente do compressor um sensor de efeito Hall fabricado pela Allegro modelo ACS 758 LCB-100B conforme a Fig. 4.3. Este sensor é linear de tempo contínuo com sua tensão de saída dependente da tensão de entrada. Esse modelo foi projetado para gerar de forma precisa uma tensão de saída proporcional ao campo magnético aplicado. As principais características que motivou a sua escolha foram: possibilidade de medir correntes alternadas ou continuas, ter módulo bidirecional, ou seja, a corrente pode ser aferida em qualquer sentido, e com magnitude de $\pm 100A$.

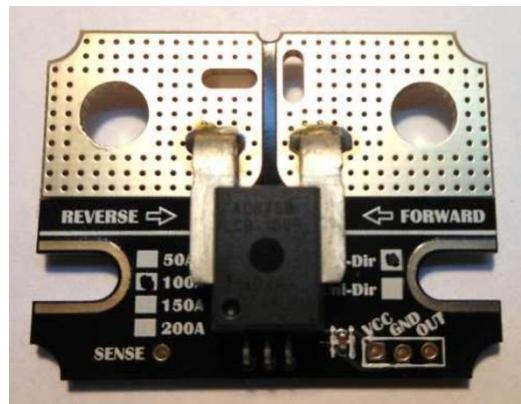


Figura 4.3 - Sensor de efeito Hall modelo ACS 758 LCB-100B produzido pela Allegro.

4.4 – Transmissores 4mA a 20mA

Os transmissores de corrente de 4mA a 20mA, geralmente denominados “transmissores de 4 a 20” ou “circuitos de 4 a 20” ou ainda, simplesmente, “4 a 20”, são circuitos utilizados em acoplamento de transdutores (sensores) dos mais diversos tipos: tensão, temperatura, nível, pressão, posição, etc. O transmissor de 4 a 20 recebe o sinal do sensor e o converte em um sinal de corrente da seguinte forma: 4mA para o valor mínimo a ser medido pelo sensor, 20mA para o valor máximo a ser medido pelo sensor.

Os valores intermediários normalmente são proporcionais com função de transferência linear (reta). Se este não for o caso, a função de transferência deve ser conhecida (ou ter valores pontuais tabelados), para que se efetue a correta correlação entre a corrente e a grandeza que está sendo medida. Genericamente, se pode dizer que 4mA corresponde a 0% da variável de controle e 20mA corresponde a 100% da variável de controle (grandeza que está sendo medida e convertida em um sinal elétrico).

Desta forma, todos os sensores empregados neste trabalho, necessitarão de um transmissor objetivando fornecer a placa de aquisição de dados, um sinal de 4mA a 20 mA. Pode ser observado na Fig. 4.4 disponível em KROHNE (Manual do Transmissor 4mA a 20mA), um transmissor fabricado pela *Krohne* compatível com os sensores escolhidos neste trabalho.



Figura 4.4 - Transmissor 4mA a 20mA modelo OPTITEMP TT 10 C/R fabricado pela *Krohne*.

Na Tabela 4.3 também disponível em KROHNE (Manual do Transmissor 4mA a 20mA) se podem observar as condições de operação do transmissor OPTITEMP TT10 C/R produzido pela empresa *Krohne*.

Tabela 4.3 - Condições de operação do OPTITEMP TT10 C/R produzido pela *Krohne*.**Operating conditions**

Temperature	
In-head transmitter	Operating and storage temperature: Non-Ex version: -40...+85°C / -40...+185°F Ex version: -40...+85°C / -40...+185°F (storage temperature), for detailed information about the ambient temperatures refer to <i>Temperature data for potentially explosive areas</i> on page 11.
Rail-mount transmitter	Operating and storage temperature: -20...+70°C / -4...+158°F
Humidity	5...95% RH (non-condensing)
Protection category	
In-head transmitter	IP20 (with cover), IP10 (without cover)
Rail-mount transmitter	IP20

CAPÍTULO 5 - HARDWARES DE AQUISIÇÃO DE DADOS

Os hardwares são dispositivos capazes de armazenar informações (dados) transmitidas nesse caso através de sensores, que absorvem medições de grandezas físicas do mundo real, tais como: temperatura, luz, pressão, força, deslocamento. Essas grandezas físicas em sua maioria são de naturezas analógicas. Assim na placa de aquisição de dados esses sinais são transformados em digitais e processados pelo processador. Tendo tantos dispositivos de aquisição de dados (DAQ) à escolha no mercado, é difícil selecionar o mais adequado para cada aplicação. Dessa forma quando for escolher o hardware, cinco pontos devem ser levados em consideração, que são:

- 1- Os tipos de sinais que se precisa medir ou gerar
- 2- Necessidade ou não de condicionamento de sinais
- 3- Velocidade que se necessidade adquirir ou gerar amostras
- 4- Avaliar a menor variação que se precisa detectar
- 5- Avaliar a quantidade de erro de medição permitida pela aplicação desejada

Esses pontos estão descrevidos de forma detalhada no Anexo II.

5.1- Componentes das placas de aquisição

Segundo PANHAN (2002), os principais componentes de uma DAQ se dividem da seguinte forma:

- a) Entradas Analógicas

As especificações das entradas analógicas fornecem as informações referentes à precisão do sistema. Nas especificações são encontrados dados sobre número de canais, taxa de amostragem, resolução e escala de amostragem.

- Número de Canais – são especificadas pelas entradas *single-ended* e diferenciais. Entradas *single-ended* são referenciadas aterramentos comuns, essas entradas são bastante utilizadas em sinais de entradas de alto nível, aquelas acima de 1V e que

tenham distância pequena, menos de 3 m, entre os sensores e transdutores e a placa de aquisição. Outra característica dessa entrada é que todos os sinais de entrada utilizam o mesmo aterramento. As entradas diferenciais são utilizadas para sinais de baixo nível, menores que 1V e quando se espera que os erros causados por ruídos sejam reduzidos, pois nessas entradas cada uma possui seu próprio terra.

- Taxa de Amostragem – neste parâmetro é determinada a frequência em que as conversões são realizadas, quanto maior a taxa de amostragem mais original será a representação do sinal.
- Escala – esse parâmetro é referente aos níveis de tensão máximos e mínimos que o conversor pode quantizar.

b) Conversor Analógico / Digital

Conversores A/D (analógico / digital) convertem os sinais analógicos adquiridos pelos sensores e transdutores para digitais. A precisão dessa conversão é dependente de duas variáveis, resolução e linearidade do conversor. A característica mais importante nos conversores A/D é sua taxa de amostragem, ou seja, seu processamento, os elementos que especificam o processamento de um conversor são: tempo de conversão, tempo de aquisição e tempo de transferência.

- Tempo de conversão – é o tempo de conversão do sinal analógico para o sinal digital.
- Tempo de aquisição – é o tempo em que o sinal leva para ser adquirido.
- Tempo de Transferência – é o tempo em que o sinal leva para ir da interface para o centro de processamento.

c) Saídas Analógicas

Saídas analógicas são necessárias para gerar estímulos para o sistema, à qualidade do sinal analógico produzido depende das especificações do tempo de ajuste, slew rate e resolução de saída.

- Tempo de ajuste – é o tempo que a saída leva para alcançar um modo estável.

- *Slew Rate* – é a taxa máxima de mudança que o conversor D/A pode produzir para o sinal de saída.
- Resolução de Saída – é o número de bits no código digital que geram o sinal analógico.

d) Triggers

Existem triggers digitais e analógicos ambos servem para parar ou começar a aquisição, baseados em um evento externo.

e) Entradas e Saídas Digitais

Essas interfaces geralmente são utilizadas em sistemas baseados em PC para controlar processos, gerar padrões e comunicar com periféricos. As quantidades de dados utilizados nessas saídas e entradas digitais dependem do que se quer controlar, caso o que se queira controlar seja equipamentos que não respondam rapidamente não existe a necessidade de uma alta taxa de dados. Também existe a possibilidade de se utilizar módulos de acionamento quando o que está sendo controlado necessita de uma voltagem e corrente alta, pois essas saídas trabalham em torno de 0 a 5 VDC e alguns miliamperes, esses módulos optoacoplados geram o sinal de potência necessário para controlar o dispositivo.

f) Contadores e Temporizadores

Contadores e temporizadores são utilizados geralmente para contagem de eventos digitais, temporização digital de pulsos e geração de ondas quadradas e pulsos. Para se obter essas aplicações, três sinais de contadores e temporizadores são utilizados.

- Gate – é a entrada digital utilizada para habilitar ou desabilitar a função do contador;
- Fonte – é a entrada digital que causa o incremento do contador a cada pulso, portanto gera a base de tempo para operações de temporização e contagem;
- Saída – gera ondas quadradas ou pulsos na linha de saída.

As especificações mais importantes para contagem e temporização são a resolução e *clock*:

- Resolução – número de bits que o contador utiliza. Uma alta resolução significa que o contador pode incrementar;
- *Clock* – determina a velocidade com que se pode ativar a fonte de entrada digital. Quando a frequência é alta, os pulsos de maior frequência são gerados e as ondas tendem a serem mais quadradas na saída.

5.2 - *Hardware* utilizado no projeto

O *hardware* escolhido para o desenvolvimento desse projeto é o USB 6008 da *National Instruments* (Fig. 5.1) retirada de NATIONAL INSTRUMENTS (Produto: Placa de aquisição de dados NI 6008). Este oferece uma funcionalidade básica de aquisição de dados para aplicações tais como simples registros de dados, medições portáteis e experiências em laboratórios acadêmicos, juntamente com um baixo custo.

As características da USB 6008 estão detalhadas no Anexo III, sendo que dentre elas pode-se destacar: conexões para oito canais de entradas analógicas (AI), dois canais de saídas analógicas (AO), 12 canais de entradas/saídas digitais (DIO) e um contador de 32 bits com interface USB *full-speed*.

Esta placa é acessível para uso acadêmico, mas poderosa o suficiente para aplicações de medições mais sofisticadas, como a proposta neste trabalho.



Figura 5.1 - Hardware modelo NI USB 6008 produzido pela *National Instruments*.

Assim, como abordado no capítulo três, neste projeto serão monitorados sete parâmetros, dessa forma a placa selecionada possui oito entradas, mostrando-se conveniente para a proposta do trabalho presente. Essas entradas analógicas são compatíveis com todos os sensores selecionados neste trabalho, uma vez que estes, serão conectados a transmissores capazes de transformar o sinal dentro da faixa de leitura da placa, de 4mA a 20mA, como mostrado no capítulo quatro.

Por possuir uma saída USB, possibilita uma rápida e fácil conexão com o computador, trazendo confiabilidade e precisão na transferência de dados.

CAPÍTULO 6 - SOFTWARES DE GERENCIAMENTO

Um software supervisório é uma ferramenta de desenvolvimento de aplicativos que permite realizar a comunicação entre o computador e uma rede de automação. Estes softwares possuem recursos padronizados para a construção de interfaces entre o operador e o processo, possibilitando ao usuário a visualização completa dos parâmetros monitorados. A personalização do programa consiste basicamente na elaboração das telas gráficas, de acordo com o processo a ser monitorado, da configuração dos comandos e da indicação para se obter uma boa análise da planta.

Arquitetura de um software trata-se da forma como são organizadas os seus módulos, suas ferramentas básicas e a maneira como elas interagem entre si, sendo que esta pode ser dividir basicamente em dois modelos: *Stand-Alone* e Cliente-Servidor.

Os *Stand-Alone* são criados para serem executados em uma única máquina, podendo ser capazes de comunicar-se com outros softwares ou mais de uma máquina, com a adição de módulos com recursos para criar essa funcionalidade. Em sistemas supervisórios, esse tipo de software é responsável pela execução do projeto e também pela interação do usuário com o processo.

Cliente-Servidor é arquitetura típica de sistemas distribuídos, ou seja, que tem sua execução distribuída entre módulos que podem ser rodados em uma mesma máquina ou remotamente. Softwares que possuem essas características são, tipicamente, sistemas gerenciadores de bancos de dados e servidores de rede. Estes sistemas sempre apresentam no mínimo um módulo “servidor” e um módulo “cliente”, que se relacionam com o servidor através de comandos do usuário.

6.1 - Principais softwares supervisórios

Com o desenvolvimento de novas tecnologias e a necessidade de se monitorar o funcionamento de determinados sistemas a fim de ser obter o maior número de informações de trabalho, foram desenvolvidos inúmeros softwares supervisórios para aplicações diversas. Os principais softwares supervisórios disponíveis no mercado são:

- Labview: O LabVIEW (*Laboratory Virtual InstrumentEngineering Workbench*) é uma linguagem de programação gráfica originária da National Instruments. A primeira versão surgiu em 1986 para o Macintosh e atualmente existem também ambientes de desenvolvimento integrados para os Sistemas Operacionais Windows, Linux e Solaris. Os principais campos de aplicação do LabVIEW são a realização de medições e a automação. A programação é feita de acordo com o modelo de fluxo de dados, o que oferece a esta linguagem vantagens para a aquisição de dados e para a sua manipulação. Os programas em LabVIEW são chamados de instrumentos virtuais ou, simplesmente, IVs. São compostos pelo painel frontal, que contém a interface, e pelo diagrama de blocos, que contém o código gráfico do programa. O programa não é processado por um interpretador, mas sim compilado. Deste modo o seu desempenho é comparável à exibida pelas linguagens de programação de alto nível. A linguagem gráfica do LabVIEW é chamada "G". Uma tela de uma aplicação do programa pode ser vista na Fig. 6.1.

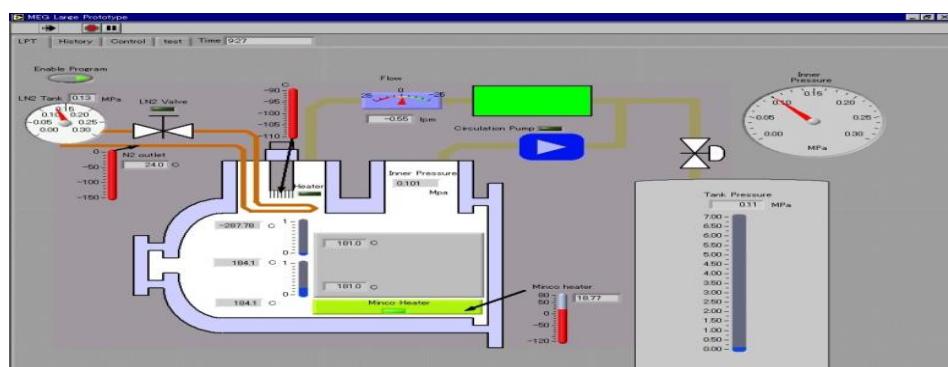


Figura 6.1 - Tela de uma aplicação do Labview.

- LAquis: Ferramenta e linguagem para aquisição de dados, supervisão de processos, automação industrial, armazenamento e geração de relatórios. Possui opção de uma interface em 3D.

O supervisório LAquis também possui recursos especiais de geração de relatórios. Além dos modelos já existentes, é possível desenvolver desde relatórios simples até estatísticas voltadas para inspeção e controle de qualidade. As entradas e saídas de informação são flexíveis no supervisório. Através de planilhas visuais, gráficos e da linguagem *script*, é possível personalizar os relatórios de acordo com as necessidades da aplicação, como pode ser visualizado na Fig. 6.2.

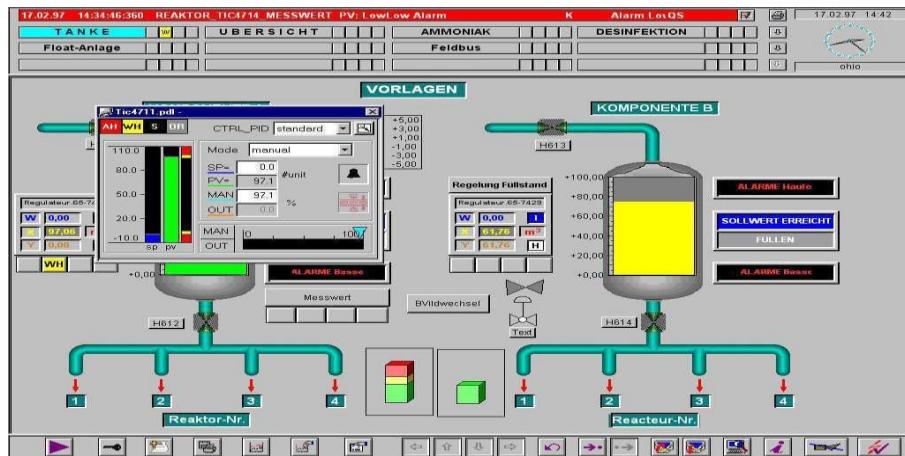


Figura 6.2. Tela de uma aplicação do LAquis.

- Elipse SCADA: Por meio da coleta de informações de qualquer tipo de equipamento, os operadores podem monitorar e controlar com precisão os processos do chão de fábrica, bem como máquinas e recursos, gerenciando de forma rápida e eficiente toda a produção. Dados em tempo real são apresentados de forma gráfica, permitindo tratar as informações de diversas maneiras como o armazenamento histórico, a geração de relatórios e a conexão remota, entre outras possibilidades, como pode ser observado na Fig. 6.3.

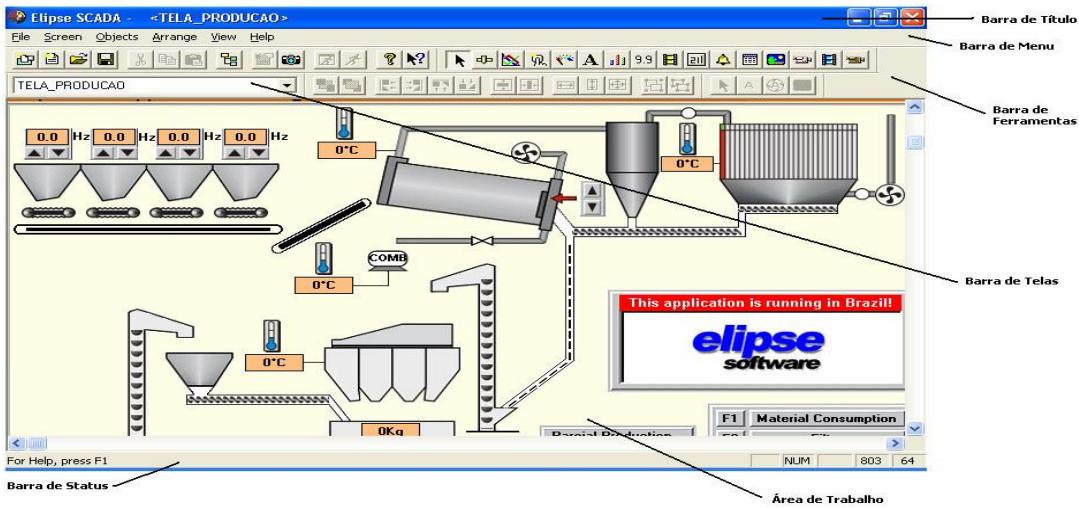


Figura 6.3 - Tela de uma aplicação do Elipse.

6.2. Software supervisório utilizado no projeto

Dentre os softwares disponíveis no mercado, será utilizado neste projeto o *InduSoft Web Studio*. Este software é muito encontrado em sistemas de monitoramento remoto, devido a sua facilidade em operar e por possuir uma vasta gama de ferramentas, tendo um custo benefício interessante.

O supervisório *InduSoft Web Studio* suporta 3 tipos de visualizações de aplicações remotas: uma visualização dedicada para operações no chão de fábrica onde a navegação necessita ser restrita, uma visualização para usuários do *Microsoft Internet Explorer* que propicia o acesso total de aplicações para qualquer endereço de IP autorizado, e uma visualização mais restrita porém que funciona com qualquer browser.

- *Web ThinClient* usa o *Microsoft Internet Explorer* para visualizar e interagir com telas remotamente. Facilidade em criar telas e representação gráfica de todas as telas são predicados importantes existentes nessa visualização.
- *ThinClient* ou *SecureViewer*, como é chamado, é uma alternativa ao invés de usar o *Microsoft Internet Explorer*. Acesso seguro a aplicações desenvolvidas com o supervisório *InduSoft Web Studio* via cabo ou conexões wireless, comunicações de internet em localidades remotas via rede pública pode ser encriptada usando o SSL

(*Secure Socket Layer*, RC6 tecnologia de 128-bit de encriptação), propiciando o máximo nível de segurança possível.

- SMA Melhorado: Permite o recebimento de informações de *widgets*, gráficos de tendência e alarmes, opera em HTML disponibilizando *browsers* usado em dispositivos como *tablets* (*Androids* e *iPad*), e smartphones *Android* e *iOS*.

As características gerais do *Indusoft Web Studio* estão apresentadas no Anexo IV, onde através destas, conclui-se que este software atende as necessidades apresentados pelo projeto.

CAPÍTULO 7 - FUNCIONAMENTO GERAL DO SISTEMA PROPOSTO

7.1 - Sistemas Supervisórios

Os sistemas de supervisão de processos, também são conhecidos como sistemas SCADA (*Supervisory Control and Acquisition*). Os primeiros sistemas SCADA, basicamente telemétricos, permitiam informar regularmente o estado real do processo industrial, supervisionando apenas sinais representativos de medidas e estados de dispositivos, por meio de um painel de indicadores e lâmpadas, não existindo qualquer interface de aplicação com o operador. Com a evolução tecnológica, os computadores passaram a desempenhar um papel importante na supervisão dos sistemas, coletando e tornando disponíveis os dados do processo. O acesso remoto aos dados facilita tanto o monitoramento quanto o controle do processo, fornecendo, em tempo útil, o atual estado do sistema por meio de gráficos, relatórios ou previsão, viabilizando tomadas de decisões seja de forma automática ou com interferência do operador.

7.2 - Funcionamento do sistema proposto

Assim o objetivo dessa abordagem é a criação de um sistema supervisório de monitoramento remoto que permitirá a aquisição de dados coletados de forma objetiva e em tempo real de uma instalação de refrigeração do tipo central de água gelada, composto por *Chiller*, torre de resfriamento e *Fan coil*.

A estrutura desse sistema é composta por três diferentes tipos de sensores (capítulo quatro), uma placa de aquisição de dados (capítulo cinco), um software supervisório (capítulo seis) e um computador conectado a internet. A disposição desses elementos está ilustrada conforme a Fig. 7.1.

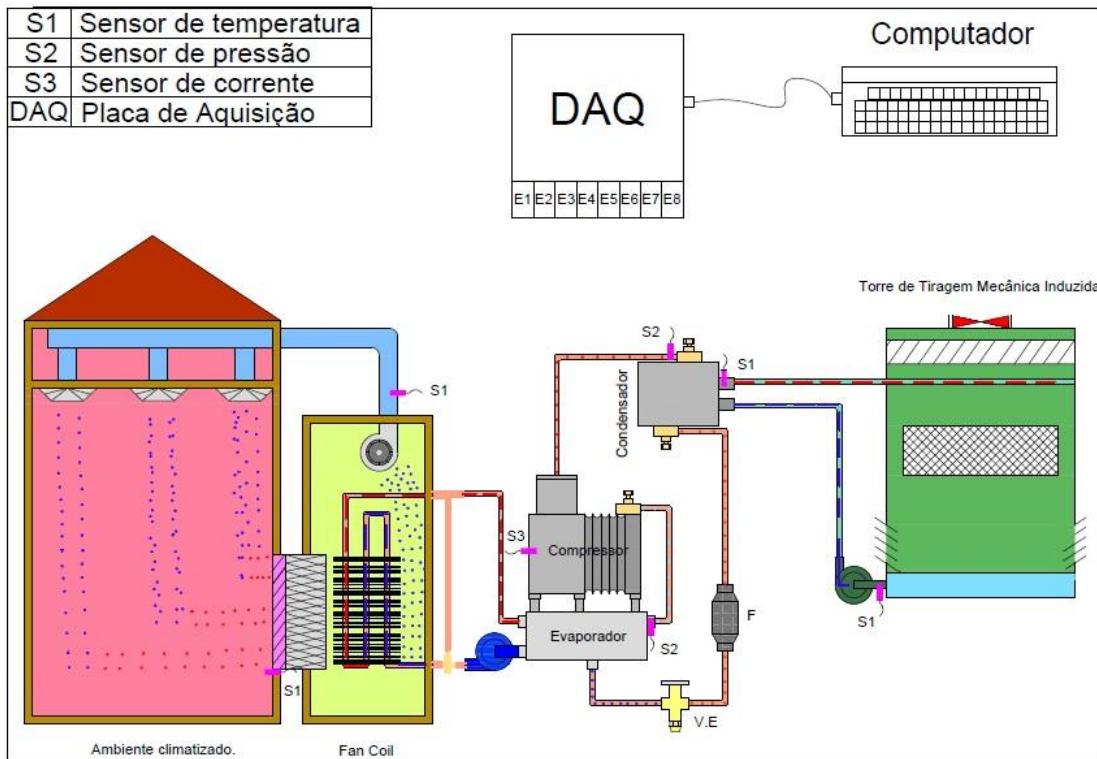


Figura 7.1 - Disposição geral dos componentes do sistema.

Os sensores S1 são do tipo PT 100, responsáveis pela medição das temperaturas de insuflamento e retorno do ar no *Fan Coil* e as temperaturas de entrada e saída da água de condensação na torre de resfriamento do tipo tiragem mecânica induzida.

Os sensores S2 são do tipo piezoelétrico, tendo como função medir as pressões de sucção na entrada do compressor e de descarga localizada na saída do mesmo.

O sensor S3 é de Corrente do tipo efeito *Hall*, responsável pela medição da corrente elétrica do compressor.

DAQ é a placa de aquisição de dados, cuja função é receber sinais lógicos dos sensores.

O computador, por sua vez, receberá as informações fornecidas pela DAQ.

O funcionamento do sistema é baseado na aquisição de dados por parte de sensores que estão ligados aos equipamentos pré-selecionados e a transmissores 4mA a 20mA, por sua vez os sinais advindos dos sensores são captados através da placa de aquisição de dados. Esta placa está conectada via USB a um computador instalado em campo, onde este terá a função de transmitir os dados coletados através da internet. Essas informações serão processadas através de outro computador localizado em qualquer ambiente que seja conveniente ao usuário, desde que este, possua acesso à internet e o software supervisório que irá expor de forma ilustrativa esses parâmetros.

CAPÍTULO 8 - COMENTÁRIOS FINAIS E SUGESTÕES

Como sistemas de ar condicionado de água gelada são de alto custo, a criação de uma ferramenta que contribua para a melhoria da manutenção e consequentemente do aumento da vida útil de todo sistema, é vantajosa.

Neste trabalho foram escolhidos parâmetros a serem monitorados baseados em rotinas de manutenção preventiva utilizadas pelas empresas prestadoras deste tipo serviço, contudo, podem-se incrementar novos pontos a serem analisados, de forma a se obter um diagnóstico mais completo e preciso deste tipo de instalação abordada neste projeto. Para isso será necessário selecionar uma placa de aquisição de dados com maior número de entradas lógicas, a fim de comportar a quantidade de variáveis monitoradas, sendo que estas variáveis serão definidas de acordo com a magnitude do projeto idealizado.

Como sequência deste projeto, sugere-se a construção de um protótipo objetivando atestar o seu funcionamento e realizar simulações de erros, que permitirão ao usuário identificar se os parâmetros monitorados são suficientes para a identificação das possíveis causas das anormalidades no sistema. Além disso, uma abordagem mais detalhada com relação ao hardware de aquisição de dados, com o objetivo de se criar o mesmo, não se limitando a escolha de uma placa já existente no mercado, com o intuito de se reduzir custos.

O sistema proposto neste presente trabalho foi limitado apenas ao monitoramento de determinados parâmetros do sistema. Para futuros trabalhos pode-se implementar a automação da planta objetivando não apenas supervisionar, mas também atuar na correção de eventuais discordâncias identificadas. Poderia ainda ser incrementada no projeto, a instalação de uma interface de interação remota entre o gestor e o operador localizado em campo, por intermédio de som e imagem, como por exemplo, câmeras, rádios comunicadores, entre outros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- RUAS, A. C. **Conforto térmico nos ambientes de trabalho.** Ministério do Trabalho. Fundacentro, 1999.
- STOECKER, W. F.; JABARDO, J. M. **Refrigeração Industrial.** 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2002.
- STOECKER, W. F.; JONES, J. W. **Refrigeração e Ar Condicionado.** São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1985.
- CREDER, H. **Instalações de ar condicionado.** 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004.
- LIPTÁK, B. G. Instrument Engineer's Handbook. **Process Measurement and Analysis.** 4. ed. v. 1. Flórida: Editor-in-Chief, 2003.
- RIBEIRO, M. A. **Instrumentação.** 9. ed. Salvador, 2002.
- SHIGUE, C. **Sensores e Atuadores Piezoelétrico: Eletrônica e Instrumentação.** Universidade de São Paulo, Lorena, 2010.
- Curso de Automação Industrial. **Instrumentação industrial: Sensores de Proximidade.** 1. ed. Centro Federal de Educação Tecnológica do Espírito Santo, ES, 2006.
- SOUZA, R. B. **Uma Arquitetura para Sistemas Supervisórios Industriais e sua Aplicação em Processos de Elevação Artificial de Petróleo.** Dissertação de Mestrado: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, 2005.
- PANHAN, A. M. **Sistema de Aquisição de Dados e Monitoramento Remoto para Câmaras Frios e Sistemas de Refrigeração.** Dissertação de Mestrado: Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2002.
- NETO, A. L. R. et al. **Sistema de Medição de Campo Magnético Baseado no Efeito Hall e Arduino.** Monografia: Universidade Tecnológica do Paraná, Curitiba, PR, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16401**: Instalações de Ar Condicionado - Sistemas Centrais e Unitários, Rio de Janeiro, 2008.

MENDES, T. **Diagnóstico Termodinâmico Aplicado a um Sistema de Refrigeração por Compressão de Vapor**. Dissertação de Mestrado: Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, MG, 2012.

RAMIRES, L. S. e Murasugi, M. T. **Biblioteca de Aquisição de Dados**. Trabalho de Graduação Interdisciplinar: Universidade Braz Cubas, Mogi das Cruzes, 2003.

VENTURINI, O. J. **Sistemas de Refrigeração Industrial**. Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, MG.

SILVA, M. N. **Eficiência Energética em Sistemas de Refrigeração Industrial e Comercial**. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2005.

FERRAZ, F. **Sistemas de Climatização**. Centro Federal de Educação Tecnológica, Santo Amaro, BA.

NATIONAL INSTRUMENTS. **Produto: Placa de aquisição de dados NI 6008**: Disponível em: <<http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/pt/nid/201986>>. Acesso em 15 de fevereiro de 2013.

HOLYKELL. **Manual do sensor de pressão HPT901**: Disponível em: <<http://www.holykell.com/uploads/soft/E-Catalogue/HOLYKELL-2012-Products-Catalogue-EN.pdf>>. Acesso em 5 de abril de 2013.

KROHNE. **Manual do Transmissor 4mA a 20mA**: Disponível em: <http://www.krohne-downloadcenter.com/dlc/TD_OPTITEMP_TT10CR_en_130226_4001282303_R03.pdf>. Acesso em 7 de abril de 2013.

KROHNE. Manual do sensor de temperatura PT100: Disponível em: <http://www.krohne-downloadcenter.com/dlc/TD_OPTITEMP_TR_TC_100_en_120306_4001019102_R02.pdf>. Acesso em 5 de abril de 2013.

INDUSOFT. Software Indusoft Web Studio: Disponível em: <<http://www.indusoft.com/br/Produtos-e-Downloads/IHM-SCADA-Software/InduSoft-Web-Studio>>. Acesso em 23 de março de 2013.

Anexo I: Rotinas de Manutenção Preventiva para *Chillers*, Torres de Resfriamento e *Fan Coils*

(M)- Mensal, (B)- Bimestral, (T)- Trimestral, (S)- Semestral, (A)- Anual, (E)- Eventual

Tabela I.1 – Rotinas de manutenção preventiva para Chillers, torres e Fan Coils.

CHILLER							
Item	Identif. conjunto/componente/atividade		M	T	S	A	E
1	Evaporadores (Refrigerante / Líquido)						
1.1	Verificar e corrigir a existência de agentes que prejudiquem a troca de calor.		•				
1.2	Medir e registrar as temperaturas e pressões, na condição de plena vazão de ambos os fluidos nos pontos de entrada e saída.				•		
1.3	Verificar e corrigir o isolamento térmico do componente (inspeção visual)		•				
1.4	Medir e registrar o superaquecimento com os valores da atividade 1.2 acima					•	
1.5	Verificar e corrigir a existência de vazamentos internos e externos		•				
2	Condensadores (água / ar)						
2.1	Limpar as superfícies de troca de calor (condens. água/ar).					•	
2.2	Verificar e corrigir os fluxos dos fluidos		•				
2.3	Verificar e corrigir vazamentos internos e externos		•				
2.4	Medir e registrar as temperaturas e as pressões na condição de plena vazão de ambos os fluidos nos pontos de entrada e saída.				•		
2.5	Purgar gases não condensáveis do sistema						•
2.6	Medir e registrar o sub-resfriamento do sistema a partir das medições acima realizadas (item 2.4 acima)				•		
3	Compressores						
3.1	Verificar e corrigir a existência de sujeiras, danos e corrosão.		•				
3.2	Verificar e corrigir a fixação e a existência de vibrações ou ruídos anormais.		•				
3.3	Medir e registrar tensão entre fases.		•				
3.4	Medir e registrar corrente em cada fase.		•				
3.5	Medir e registrar a resistência de isolamento. (caso seja observado declínio acentuado em relação à última medida, alterar a verificação para a periodicidade bimestral.)				•		
3.6	Verificar e corrigir o aterramento.		•				
3.7	Medir e registrar a pressão de sucção junto ao compressor.				•		
3.8	Medir e registrar a temperatura de sucção junto ao compressor.				•		
3.9	Medir e registrar a pressão de descarga junto ao compressor.				•		
3.10	Medir e registrar a temperatura de descarga junto ao compressor.				•		

3.11	Verificar e corrigir o nível de óleo no visor.		•				
3.12	Verificar o teor de acidez do óleo.				•		
3.13	Trocar o óleo.						•
3.14	Medir e registrar a pressão diferencial do óleo.					•	
3.15	Verificar e corrigir o funcionamento da resistência de cárter.	•					
3.16	Verificar e corrigir o funcionamento das válvulas de serviço.			•			
3.17	Verificar e corrigir a existência de vazamentos.	•					
3.18	Verificar e corrigir o funcionamento dos dispositivos de segurança (pressostatos de alta, baixa, óleo).	•					
4	Círculo Refrigerante						
4.1	Verificar e corrigir a fixação e a existência de danos e corrosão de tubulações.	•					
4.2	Verificar e corrigir a existência de danos no isolamento térmico.	•					
4.3	Verificar e corrigir a existência de danos nos compensadores de vibração.	•					
4.4	Verificar e corrigir a existência de bolhas e umidade no visor de líquido.	•					
4.5	Verificar e corrigir queda de pressão no filtro secador.	•					
4.6	Verificar e corrigir vazamento de gás.	•					
4.7	Verificar e corrigir atuação da válvula solenóide.	•					
4.8	Verificar e corrigir fixação e isolamento do bulbo da válvula de expansão.	•					
5	Painéis Elétricos e Eletrônicos						
5.1	Limpar os elementos e eliminar os pontos de corrosão.	•					
5.2	Verificar e corrigir o funcionamento e fixação dos componentes eletromecânicos (fusíveis, botoeiras, lâmpadas de sinalização, contatos de contatoras, capacitores), terminais, conexões, cabos, barramentos, sistema de aterramento, reapertando.	•					
5.3	Verificar e corrigir a atuação do sistema de partida e intertravamentos	•					
5.4	Verificar e corrigir, regulando os elementos de proteção (relés), operação e controle, conforme as condições de referências.					•	
5.5	Verificar e corrigir o funcionamento dos alarmes visuais e sonoros, e operação no modo manual, automático e remoto.	•					

TORRE DE RESFRIAMENTO

Item	Identif. conjunto/componente/atividade	M	T	S	A	E
1	Ventiladores					
1.1	Verificar e corrigir limpeza (carcaça e rotor) e fixação do conjunto.	•				
1.2	Verificar e corrigir vibrações, ruídos anormais e aquecimento anormal dos mancais.	•				
1.3	Lubrificar mancais.				•	
1.4	Verificar e corrigir o estado de amortecedores de vibração.	•				
1.5	Verificar e corrigir o estado e a instalação dos dispositivos de proteção.	•				
1.6	Verificar e corrigir estado e alinhamento de polias, eixos, mancais e rolamentos (lubrificação)	•				
1.7	Verificar e corrigir funcionamento e nível de óleo do redutor				•	
1.8	Regulagem dos relés de proteção e do controlador de estágios do ventilador					•
2	Motores Elétricos					
2.1	Verificar e corrigir a fixação e a existência de sujeiras, danos e corrosão.	•				
2.2	Verificar e corrigir o sentido de rotação.	•				

2.3	Verificar e corrigir vibrações e ruídos anormais.		•			
2.4	Medir e registrar tensão entre fases.		•			
2.5	Medir e registrar corrente em cada fase.		•			
2.6	Medir e registrar a resistência de isolamento. (caso seja observado declínio acentuado em relação à última medida, alterar a verificação para a periodicidade bimestral.)				•	
3	Polias e Correias					
3.1	Verificar e corrigir a existência de sujeiras, danos e desgastes.		•			
3.2	Verificar a tensão e o alinhamento do conjunto.		•			
3.3	Substituir o jogo de correias.					•
3.4	Verificar e corrigir a fixação das polias.		•			
4	Acoplamentos					
4.1	Verificar e corrigir a fixação e a existência de sujeiras, danos e desgastes.		•			
4.2	Verificar e corrigir alinhamento, vibrações e ruídos anormais.		•			
4.3	Substituir os elementos de interligação.					•
5	Carcaça, Enchimento, Distribuidor, Eliminador de Gotas e Bacia					
5.1	Limpar externamente e internamente					•
5.2	Verificar e corrigir alimentação e nível de água na bacia		•			
5.3	Verificar e corrigir a distribuição de água no interior da torre.		•			
5.4	Verificar e corrigir o estado de conservação do enchimento, eliminador de gotas e venezianas.		•			
5.5	Verificar e corrigir vazamentos.		•			
5.6	Limpar sistema de drenagem e filtro					•
5.7	Verificar e corrigir funcionamento de termostato		•			
5.8	Verificar e corrigir atuação de bomba dosadora de produtos químicos		•			

FANCOIL

Item	Identif. conjunto/componente/atividade	M	T	S	A	E
1	Ventiladores					
1.1	Verificar e corrigir limpeza (carcaça e rotor) e fixação do conjunto.	•				
1.2	Verificar e corrigir vibrações, ruídos anormais e aquecimento anormal dos mancais.	•				
1.3	Lubrificar mancais.					•
1.4	Verificar e corrigir vazamentos nas junções flexíveis.	•				
1.5	Limpar sistema de drenagem.				•	
1.6	Verificar e corrigir o estado de amortecedores de vibração.	•				
1.7	Verificar e corrigir a operação dos controles de vazão.	•				
2	Motores Elétricos					
2.1	Verificar e corrigir a fixação e a existência de sujeiras, danos e corrosão.	•				
2.2	Verificar e corrigir o sentido de rotação.	•				
2.3	Verificar e corrigir vibrações e ruídos anormais.	•				
2.4	Lubrificar os mancais.					•
2.5	Medir e registrar tensão entre fases.	•				
2.6	Medir e registrar corrente em cada fase.	•				
2.7	Medir e registrar a resistência de isolamento. (caso seja observado declínio acentuado em relação à última medida, alterar a verificação para a periodicidade bimestral.)				•	
3	Polias e Correias					

3.1	Verificar e corrigir a existência de sujeiras, danos e desgastes.	•				
3.2	Verificar a tensão e o alinhamento do conjunto.	•				
3.3	Substituir o jogo de correias.					•
3.4	Verificar e corrigir a fixação das polias.	•				
4	Acoplamentos					
4.1	Verificar e corrigir a fixação e a existência de sujeiras, danos e desgastes.	•				
4.2	Verificar e corrigir alinhamento, vibrações e ruídos anormais.	•				
4.3	Substituir os elementos de interligação.					•
5	Filtros Secos					
5.1	Verificar e corrigir a existência de sujeira, danos e corrosão.	•				
5.2	Verificar e corrigir frestas dos filtros.	•				
5.3	Medir e registrar o diferencial de pressão (não laváveis).	•				
5.4	Verificar e corrigir o ajuste da moldura do filtro na estrutura.	•				
5.5	Limpar o elemento filtrante trocando se necessário.	•				
6	Gabinete					
6.1	Verificar e corrigir a existência de sujeira, danos e corrosão.	•				
6.2	Verificar e corrigir a vedação dos painéis de fechamento do gabinete.	•				
6.3	Verificar e corrigir o estado de conservação do isolamento termo-acústico.	•				
7	Serpentinhas					
7.1	Verificar e corrigir a existência de agentes prejudiciais a troca térmica	•				
7.2	Limpar as superfícies do lado ar.					•
7.3	Purgar o ar do lado líquido					•
7.4	Medir e registrar vazão de ar, ajustando-a conforme projeto.					•
7.5	Medir e registrar as temperaturas de água gelada (na entrada e na saída).	•				
7.6	Medir e registrar vazão de água gelada, ajustando-a conforme projeto.					•
7.7	Verificar e corrigir a operação de drenagem de água da bandeja.	•				
7.8	Limpar bandeja	•				

Anexo II: Pontos importantes para a escolha da placa de aquisição de dados segundo a *National Instruments*

1. Os tipos de sinais que se precisa medir ou gerar.

Diferentes tipos de sinais devem ser medidos ou gerados de maneiras diferentes. Um sensor (ou transdutor) é um dispositivo que converte um fenômeno físico em um sinal elétrico mensurável, como tensão ou corrente. Pode-se também enviar um sinal elétrico mensurável ao seu sensor para criar um fenômeno físico. Por esse motivo, é importante conhecer os diferentes tipos de sinais e seus atributos. Com base nos sinais da aplicação desejada, considera-se começar a pensar em qual dispositivo DAQ irá utilizar. Funções dos dispositivos DAQ:

- Entradas analógicas medem sinais analógicos
- Saídas analógicas geram sinais analógicos
- Entradas/saídas digitais medem e geram sinais digitais
- Contadores / temporizadores contam eventos digitais ou geram pulsos/sinais digitais

Há dispositivos que são dedicados a somente uma das funções relacionadas acima e há dispositivos multifuncionais, que trabalham com todas elas. Podem-se encontrar dispositivos DAQ com um número fixo de canais para uma única função, incluindo entradas analógicas, saídas analógicas, entradas/saídas digitais ou contadores. Entretanto, uma boa ideia, é considerar a compra de um dispositivo com mais canais do que se precisa atualmente, caso se necessite de mais canais no futuro. Se adquirir um dispositivo que tenha recursos que atendam somente aplicações atuais, será difícil adaptar o hardware a aplicações futuras.

Dispositivos DAQ multifuncionais têm quantidades fixas de canais, mas oferecem uma combinação de entradas analógicas, saídas analógicas, entradas/saídas digitais e contadores. Dispositivos multifuncionais trabalham com diferentes tipos de E/S. Dessa forma, estes podem ser usados em muitas aplicações diferentes, o que não seria possível fazer com um dispositivo DAQ de uma única função.

Outra opção é uma plataforma modular, que se pode customizar para atender exatamente os requisitos necessários. Um sistema modular é formado por um chassi, que controla a temporização e a sincronização, e módulos de E/S diversos. Uma das vantagens de um sistema modular é que se pode selecionar diferentes módulos, com funções diferentes, o que possibilita a criação de um maior número de configurações. Com essa opção, podem-se encontrar módulos que executam uma determinada função com maior exatidão que um dispositivo multifuncional. Outra vantagem de um sistema modular é a sua capacidade de selecionar a quantidade de slots de seu chassi. Um chassi tem uma quantidade de slots fixa, mas pode-se adquirir um chassi que tenha mais slots do que se necessita atualmente, para poder fazer expansões no futuro.

2. Necessidade ou não de condicionamento de sinais.

Um dispositivo DAQ de uso geral típico pode medir ou gerar +/-5 V ou +/-10 V. Alguns sensores geram sinais que podem ser difíceis demais ou perigosos demais para serem medidos diretamente com esse tipo de dispositivo DAQ. A maior parte dos sensores requer condicionamento de sinais, como amplificação ou filtragem, para que um dispositivo DAQ possa medir esses sinais com eficácia e exatidão.

Por exemplo, os termopares fornecem sinais na faixa de mV, que precisam ser amplificados para que se possa otimizar os limites dos conversores analógico-digital (ADCs). Além disso, é possível obter melhores medições com termopares com o uso de filtros passa-baixas, que removem o ruído de alta frequência. O condicionamento de sinais oferece uma óbvia vantagem aos dispositivos DAQ, pois melhora o desempenho e a exatidão das medições feitas pelos sistemas de aquisição de dados. A tabela abaixo oferece um resumo dos tipos comuns de condicionamento de sinais para diferentes tipos de sensores e medições.

Tabela II.1. Condicionamento de sinais para diversos sensores e medições.

	Amplificação	Atenuação	Isolação	Filtragem	Excitação	Linearização	CJC	Completação de pontes
Termopar	X			X		X	X	
Termistor	X			X	X	X		
RTD	X			X	X	X		
Strain Gage	X			X	X	X		X

Carga, pressão, torque (mV/V, 4- 20mA)	X			X	X	X		
	X			X	X	X		
Acelerômetro	X			X	X	X		
Microfone	X			X	X	X		
Sonda de proximidade	X			X	X	X		
LVDT/RVDT	X			X	X	X		
Alta tensão		X	X					

Se o sensor utilizado no projeto for um dos tipos relacionados no quadro 1, deve-se considerar o condicionamento de sinais. Nesse caso utiliza-se dispositivo DAQ que tenha condicionamento e sinais integrados ou inclui-se condicionamento de sinais externo. Muitos dispositivos também incluem conectividade para sensores específicos, que torna a integração desses sensores mais conveniente.

3. Velocidade que se necessita adquirir ou gerar amostras do sinal.

Uma das especificações mais importantes de um dispositivo DAQ é a sua taxa de amostragem, que é a velocidade na qual o ADC desse dispositivo obtém amostras de um sinal. Taxas de amostragem típicas são temporizadas por hardware ou software, em taxas de até 2 MS/s. A taxa de amostragem a ser usada em cada aplicação dependerá da componente máxima de frequência do sinal que você irá medir ou gerar.

O teorema de Nyquist diz que se pode reconstruir com exatidão um sinal fazendo sua amostragem em uma frequência que é o dobro da maior componente de frequência desse sinal. Entretanto, na prática, devem-se fazer amostragens de pelo menos 10 vezes da frequência máxima para representar o formato de seu sinal. Escolhendo um dispositivo DAQ que tenha uma taxa de amostragem de pelo menos 10 vezes a frequência de seu sinal, você medirá e construirá representações de sinal com maior exatidão.

Por exemplo, suponha que em sua aplicação se queira medir uma onda senoidal que tenha uma frequência de 1 kHz. Pelo teorema de Nyquist, deveria fazer a amostragem a pelo menos 2 kHz. Mas é altamente recomendado que se faça essa amostragem a 10 kHz. A figura Abaixo compara uma onda senoidal de 1 kHz amostrada a 2 kHz e 10 kHz.

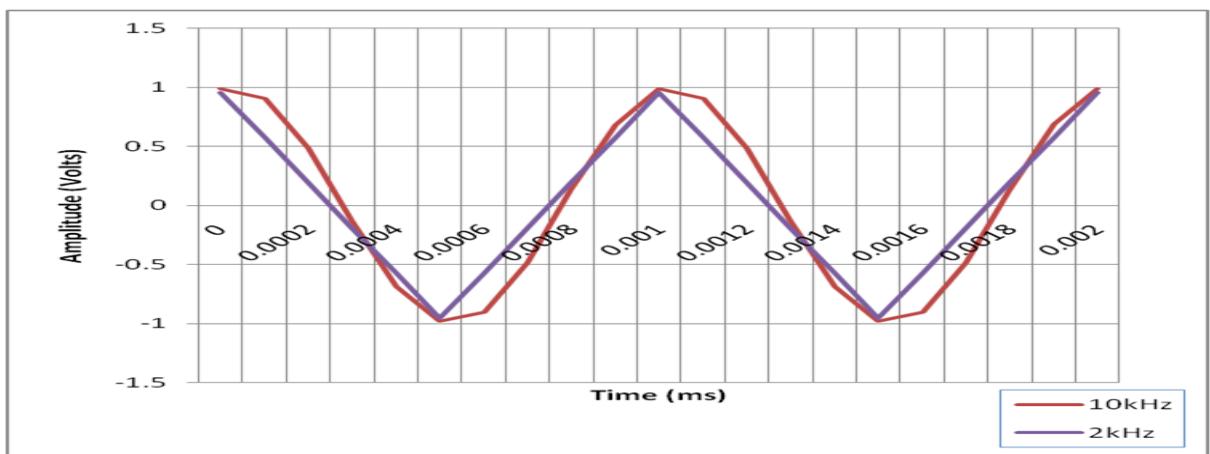


Figura II.1- Representação de uma onda senoidal de 1 kHz com amostragem de 10 kHz e 2 kHz.

Sabendo qual é a máxima componente de frequência do sinal que você quer medir ou gerar, você poderá escolher um dispositivo DAQ com a taxa de amostragem apropriada para a aplicação.

4. Avaliar a menor variação no sinal que preciso detectar.

A menor variação detectável em um sinal determina a resolução necessária para o dispositivo DAQ. Resolução refere-se à quantidade de níveis binários que um ADC pode usar para representar um sinal. Para ilustrar essa questão, imagina-se como uma onda senoidal seria representada após ser convertida por ADCs de diferentes resoluções. A figura abaixo compara ADCs de 3 bits e 16 bits. Um ADC de 3 bits pode representar oito (2^3) níveis discretos de tensão. Um ADC de 16 bits pode representar 65.536 (2^{16}) níveis discretos de tensão. A representação da onda senoidal com uma resolução de 3 bits parece mais com uma função degrau que uma senóide, enquanto que o ADC de 16 bits oferece uma representação clara de uma onda senoidal.

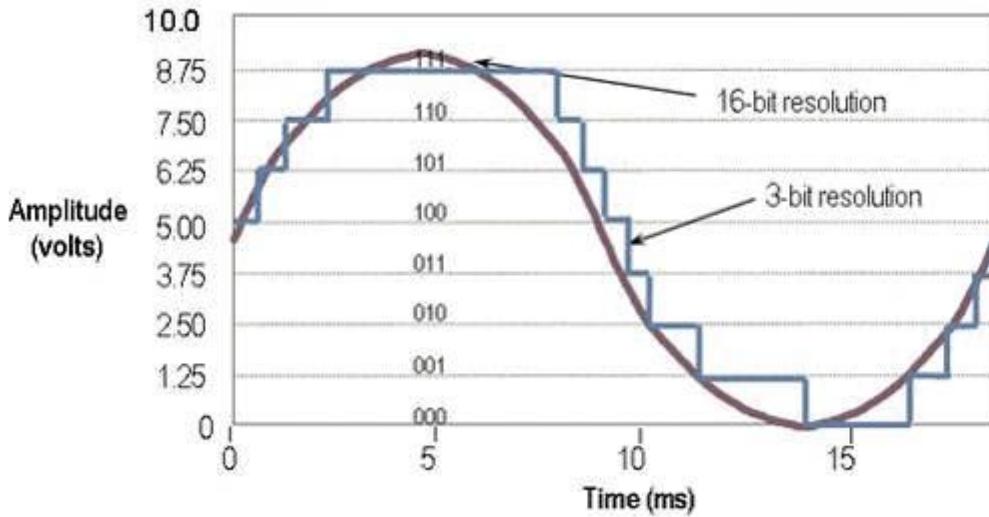


Figura II.2. Representação de uma onda senoidal com resoluções de 16 bits e 3 bits.

Dispositivos DAQ típicos têm faixas de tensão de +/-5 V ou +/-10 V. Os níveis de tensão que podem ser representados estão distribuídos uniformemente por uma faixa selecionada, de modo a aproveitar toda a resolução. Por exemplo, um dispositivo DAQ com faixa de +/-10 V e resolução de 12 bits (2^{12} , ou 4.096 níveis distribuídos uniformemente) pode detectar uma variação de 5mV, enquanto que um dispositivo com resolução de 16 bits (2^{16} , ou 65.536 níveis distribuídos uniformemente) pode detectar uma variação de 300 μ V. Os requisitos de muitas aplicações são atendidos por dispositivos que têm resolução de 12, 16 ou 18 bits. Entretanto, se estiver medindo sensores com faixas de tensão grandes e pequenas, provavelmente lhe será proveitoso ter a faixa dinâmica de dados disponível com dispositivos de 24 bits. A faixa de tensão e a resolução exigida para a aplicação proposta são fatores essenciais para que se possa selecionar o melhor dispositivo para a aplicação desejada.

5. Avaliar a quantidade de erro de medição permitida pela aplicação desejada.

Exatidão é uma medida que mostra a capacidade de um instrumento de indicar fielmente o valor de um sinal medido. Esse termo não está relacionado à resolução, mas a exatidão nunca poderá ser melhor que a resolução do instrumento. O modo como se especifica a exatidão da medição dependerá do tipo de dispositivo de medição utilizado. Um instrumento ideal sempre mede o valor real com certeza de 100 por cento. Entretanto, na realidade, os instrumentos fornecem um valor que tem uma incerteza especificada pelo fabricante. Essa incerteza pode

depender de muitos fatores, tais como o ruído do sistema, erro de ganho, erro de offset e não linearidade. Uma especificação muito utilizada pelos fabricantes para informar a incerteza é a exatidão absoluta. Essa especificação fornece o erro de pior caso de um dispositivo DAQ em uma determinada faixa.

É importante observar que a exatidão de um instrumento depende não somente do instrumento, mas também do tipo de sinal que está sendo medido. Se houver muito ruído no sinal medido, a exatidão da medição será prejudicada. Há diversos tipos de dispositivos DAQ, com graus variados de exatidão e preço. Alguns dispositivos podem oferecer auto calibração, isolação e outros circuitos eletrônicos, para melhorar a exatidão. Onde um dispositivo DAQ básico fornece uma exatidão absoluta maior que 100 mV, um dispositivo que tenha os recursos citados acima pode oferecer uma exatidão absoluta de aproximadamente 1mV. Sabendo qual é a exatidão de que precisa- se poderá escolher um dispositivo DAQ com exatidão absoluta que atende as necessidades da aplicação.

Anexo III: Características da placa de aquisição de dados USB 6008 segunda a fabricante *National Instruments*

Tabela III.1 – Características gerais da USB 6008

Geral	
Nome do produto	USB-6008
Família de produtos	Multifunction Data Acquisition
Formato	USB
PartNumber	779051-01
Sistema operacional/target	Linux , Mac OS , Pocket PC ,Windows
Família de produtos DAQ	B Series
Tipo de medição	Voltage
Tipo de isolação	None
Conformidade com RoHS	Sim
Alimentação da USB	Bus-Powered

Entradas analógicas	
Canais	4 , 8
Canais single-ended	8
Canais diferenciais	4
Resolução	12 bits
Taxa de amostragem	10 kS/s
Throughput (todos os canais)	10 kS/s
Tensão máxima	10 V
Faixa máxima de tensão	-10 V - 10 V
Exatidão na faixa máxima de tensão	138 mV
Faixa mínima de tensão	-1 V - 1 V
Exatidão na faixa mínima de tensão	37.5 mV
Quantidade de faixas	8
Amostragem simultânea	Não
Memória on-board	512 B

Saídas analógicas	
Canais	2
Resolução	12 bits
Tensão máxima	5 V
Faixa máxima de tensão	0 V - 5 V
Exatidão na faixa máxima de tensão	7mV
Faixa mínima de tensão	0 V - 5 V
Exatidão na faixa mínima de tensão	7mV
Taxa de atualização	150 S/s
Drive de corrente, individual	5mA
Drives de corrente	10 mA

E/S digitais	
Canais bidirecionais	12
Canais somente de entrada	0
Canais somente de saída	0
Temporização	Software
Níveis lógicos	TTL
Fluxo de corrente de entrada	Sinking ,Sourcing
Fluxo de corrente de saída	Sinking ,Sourcing
Filtros de entrada programáveis	Não
Suporte a estados programáveis de power-up?	Não
Drive de corrente, individual	8.5 mA
Drives de corrente	102 mA
Temporizador watchdog	Não
Suporte a E/S de handshaking?	Não
Suporte a E/S de padrões?	Não
Faixa máxima de entrada	0 V - 5 V
Faixa máxima de saída	0 V - 5 V

Contadores / temporizadores	
Contadores	1
Operações com buffer	Não
Remoção de bounces/glitches	Não
Sincronização por GPS	Não
Faixa máxima	0 V - 5 V
Frequência máxima da fonte	5 MHz
Geração de pulsos	Não
Resolução	32 bits
Estabilidade da base de tempo	50 ppm
Níveis lógicos	TTL

Especificações físicas	
Comprimento	8.51 cm
Largura	8.18 cm
Altura	2.31 cm
Conecotor de E/S	Screwterminals

Temporização / trigger / sincronização	
Funções de trigger	Digital
Bus de sincronização (RTSI)	Não

Anexo IV: Características gerais do software *Indusoft Web Studio*

- Usa interface gráfica *real-time* para desenvolvimento de sistemas de automação industrial, sistemas de instrumentação e sistemas embarcados;
- Disponibiliza telas gráficas dinâmicas e animadas, além de gráficos de tendência, alarmes, relatórios, receitas para browsers padrões;
- Permite a troca de dados entre dispositivos móveis e sem-fio;
- Suporta interface multi-dimensional em ambientes Web;
- Cria aplicações *stand-alone* e web, a partir do mesmo ambiente de desenvolvimento, para aplicações que rodam no Windows NT, 2000, XP, e CE, CE .NET, ou na Web
- Integra de uma forma contínua com aplicações Windows (exemplo Word e Excel);
- Faz interface com outros pacotes *third-party* como, por exemplo, Java, C, C++ e Visual Basic;
- Suporta ActiveX tanto em aplicações no servidor Windows quanto na web (*Web thinclient*);
- Permite que você visualize aplicações Web por um simples *web browser* (*Microsoft Internet Explorer* ou *Netscape*) através da internet/intranet e troca de dados com um server usando o protocolo TCP/IP;
- Disponibiliza recursos de configuração online, debug e gerenciamento remoto da aplicação;
- Disponibiliza extensivas ferramentas de suporte ao desenvolvimento como por exemplo registro de mensagens, códigos de erro, códigos de evento, janela de gerenciamento da base de dados (*DatabaseSpy*), janela de logs (*LogWin*);
- Possui uma poderosa e flexível base de dados de *tags* (booleano, inteiro, real, *string*, vetores, classes e ponteiros);
- Disponibiliza as ferramentas para configurar aplicações em conformidade com a regulamentação FDA (FDA 21 CFR Part 11);
- Bibliotecas avançadas de matemática com mais de 100 funções padrões;
- A programação pode ser feita via uma linguagem de script simples e flexível;
- Disponibiliza segurança multi-nível para as aplicações incluindo sobre intranet e internet;

- Está em conformidade com os padrões da indústria como, por exemplo, *Microsoft DNA*, OPC, DDE, ODBC, XML, e *ActiveX*;
- Disponibiliza conversão automática de línguas em tempo de execução;
- Permite internacionalização utilizando o padrão Unicode.