

AUTOMAÇÃO APLICADA NO SISTEMA DE CONFORTO TÉRMICO PARA UMA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA

SILVA, Elton Cristiano Santos da¹

SARTORI, Rodrigo Vinícius²

RESUMO

Este trabalho propõe a integração do sistema de Conforto Térmico tendo como delimitação temática a automação aplicada em uma Central de Água Gelada, sendo esta, por sua vez, o núcleo de um sistema de climatização do tipo expansão indireta, que possui a água como fluido intermediário, responsável pela troca de calor com o ambiente a ser climatizado. Para uma boa compreensão do sistema foi realizado um estudo de caso para implantação da automação nos processos da Central de Água Gelada (CAG) na indústria automobilística, em que os métodos de pesquisas exploratórias e descritivas apontaram três necessidades para uma melhor redução no consumo de energia desenvolvida na Central Utilidades: o controle da produção, a distribuição de água gelada, a implantação de um tanque para termoacumulação que propicia carregamento e descarregamento de cargas térmicas. É utilizado um supervisor na sala de controle, para mostrar todos os status dos equipamentos presentes na central envolvidos no processo.

Palavras-chaves: Climatização, CAG, automação, controle, supervisor.

¹ Graduando em Bacharelado em Engenharia Elétrica pelo Centro Universitário UNINTER.

² Especialista em Novas Tecnologias no Ensino de Matemática pela UNICESUMAR, Especialista em Engenharia de Produção pelo Centro Universitário UNINTER, Licenciatura Plena em Matemática pela UNICESUMAR, Bacharel em Engenharia Elétrica pela Faculdade Estácio de Curitiba, Orientador de TCC no Centro Universitário UNINTER, Professor na rede pública de ensino, Professor corretor de provas discursivas EAD e presencial no Centro Universitário UNINTER.

1 INTRODUÇÃO

O bem-estar no ambiente de trabalho é de fundamental importância para a produtividade dos colaboradores dentro de uma empresa, e a climatização consiste em um aspecto relevante para proporcionar este conforto. Foram abordados neste capítulo os princípios de funcionamento de um sistema de climatização do tipo expansão indireta, assim como a aplicação das bombas de água gelada (BAGs) e os benefícios que alcançados com a implantação da automação do sistema de climatização para as indústrias automobilísticas.

A automatização do sistema de conforto térmico garante uma eficiência no processo de climatização, ou seja, menor consumo de energia, menor emissão de produtos (com o controle das BAGs utilizando somente o necessário para o processo), melhores condições de segurança dos operadores e dos maquinários, além de propiciar o acesso rápido às informações sobre o sistema (BETTONI, 2013).

Atualmente, a utilização dos centros de climatização nas empresas é do tipo expansão indireta, que se caracteriza pela utilização de um fluido intermediário que em contato com o ar, realiza troca de calor a fim de se alcançar temperaturas satisfatórias. O termo “intermediário” é devido ao fato de não ser o fluido refrigerante que condiciona o ar: é a água que desempenha este papel, por ter um custo relativamente baixo e, principalmente, por ter um calor específico considerado alto (1cal/g.C), propriedade que lhe confere a característica de poder absorver e ceder energia térmica sem sofrer grandes variações de temperatura (GONÇALVES, 2006).

Após a análise introdutória realizada acima, acerca dos sistemas de expansão indireta das indústrias automotivas, bem como do uso de bombas centrífugas na CAG, vale observar que, nos dias atuais, é inimaginável conceber um ambiente de trabalho automotivo que não garanta conforto térmico aos seus colaboradores, principalmente no ambiente em que está instalado o complexo (indústria automobilística), submetido a elevadas temperaturas causadas pelo alto nível de poluentes emitidos no polo petroquímico.

É importante evidenciar que nenhum sistema de automação, por si só, é capaz de propiciar eficiência energética em sistemas de climatização que não tiveram sua concepção sob a ótica da racionalidade e da parcimônia no trato da termodinâmica, da psicrometria e da mecânica dos fluidos (DANTAS, 2013).

2 METODOLOGIA

A apresentação do estudo de caso específico de um sistema de conforto térmico de uma indústria automobilística, em que há o detalhamento da situação pesquisada e sugestões de melhoria para o processo, foi compactada em um único documento, confeccionado a partir de normas vigentes e que demonstra todo conhecimento científico adquirido ao longo de uma graduação, que se denomina TCC, Trabalho de Conclusão de Curso. Este pode ser apresentado em diversos formatos, dentre eles, no de artigo.

Conforme Lakatos e Marconi (2004) que conceitua como o estudo sobre um tema específico ou particular, com suficiente valor representativo e que obedece a rigorosa metodologia.

O método de pesquisa adotado foi o exploratório: por meio da pesquisa exploratória foi possível entender e caracterizar o sistema estudado. Eis que, foram levantadas informações e, além do levantamento de melhorias para o processo, incluindo obtenção dos dados através das redes industriais, há a utilização de um software para verificação do processo em funcionamento. O estudo em questão torna-se modelo para analisar sistemas com características similares e possibilitar maior entendimento acerca do processo de automação e controle aplicado em sistemas de climatização.

O procedimento de coleta de dados foi essencialmente documental, na realização do levantamento de informações e documentos, contudo, algumas fontes foram obtidas em campo, na Central de Água Gelada de uma empresa automobilística do Polo Petroquímico da cidade de Camaçari.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 CLIMATIZAÇÃO E REFRIGERAÇÃO

Dois tipos de sistemas possuem funções semelhantes em um resfriamento de determinada área. **Climatização** é a ação de manter a temperatura de certo ambiente agradável aos seres presentes no local. **Refrigeração**, por sua vez, é a ação de resfriar artificialmente certo ambiente para evitar a degradação de alimentos ou para viabilização de processos (LUMERTZ, 2015).

A operação de tratar o ar, ajustando sua temperatura em valores geralmente acima de 20°C. Além da temperatura, a pressão interna, a pureza do ar (filtragem) e a umidade são variáveis que podem ser controladas por sistemas de climatização. A climatização está diretamente ligada ao conceito de conforto térmico, portanto, visa estabelecer a sensação de bem-estar através do controle das variáveis supracitadas. A temperatura é uma propriedade da matéria, definida como uma medida do nível energético de um corpo, logo uma temperatura elevada é um indicativo de alto nível de energia do corpo. Fisicamente já se demonstrou que a temperatura é uma função da energia cinética interna e é diretamente proporcional ao grau de agitação das moléculas do corpo em análise. É expressa em Celsius (°C), mas no sistema internacional em Fahrenheit (°F) e outras medidas (PENA, 2002).

3.1.1 Sistema de condicionamento de ar

Condicionamento de ar é o processo pelo qual são controlados simultaneamente a temperatura, a umidade, a movimentação e a pureza do ar em recintos fechados (PEPITONE, 2014).

O condicionamento de ar pode ser dividido em duas categorias distintas quanto ao seu objetivo: conforto e industrial.

Enquanto o condicionamento de ar para conforto visa proporcionar conforto térmico aos ocupantes de determinado ambiente, o industrial tem por objetivo satisfazer condições de processos, possibilitando um melhor funcionamento de equipamentos

produtivos. A condição de conforto térmico para um indivíduo caracteriza-se pela satisfação deste com as condições térmicas do ambiente que está ocupando. Centrais de processamento de dados, laboratórios de metrologia, salas limpas, laboratórios clínicos são alguns exemplos de locais onde o rigoroso controle do condicionamento de ar é exigido (FANGER, 1995).

3.1.2 Expansão direta

São sistemas de refrigeração em que o fluido refrigerante (fonte fria) expande-se em contato com o fluxo de ar do ambiente a climatizar (fonte quente). Esta expansão se refere ao processo de evaporação do fluido refrigerante no interior da serpentina evaporadora do equipamento, a qual absorve o calor contido no fluxo de ar do ambiente que passa pelo equipamento promovendo a mudança do estado físico, ou seja, o resfriamento do ar ambiente. O ar é forçado, através de ventiladores, a passar pela serpentina, que transfere calor para o fluido refrigerante que circula por entre a tubulação da serpentina evaporadora e respectivas aletas. O fluido refrigerante se expande diretamente com o meio ao qual se deseja climatizar, no caso a massa de ar do ambiente; Por isso chamado de expansão direta.

3.1.3 Expansão indireta (Água Gelada)

São sistemas de refrigeração em que há a transferência de calor em mais de um meio antes de chegar a transferir o calor contido no meio que se deseja resfriar, no caso o ar do ambiente. Tratando-se deste tipo de sistema, faz-se uso de equipamentos de resfriamento de água, chamados *Chillers*, que efetuam o resfriamento da água que circula no interior das tubulações hidráulicas que alimentam as unidades de tratamento do ar do ambiente, chamados de *FanCoil*. São esses *fancoils* responsáveis por promover o arrefecimento dos ambientes, através da transferência de calor contido no ar do ambiente para a água que circula no interior da serpentina (trocador de calor) do equipamento. O calor que foi absorvido pela água é transferido para o fluido refrigerante que circula no sistema fechado de refrigeração do *Chiller*, o qual, pelo

terceiro processo de transferência de calor, rejeita o calor retirado do ambiente, somado às perdas do processo, ao ar externo (Atmosfera). Por isso chamado de expansão indireta, pois o fluido refrigerante é expandido por um meio (água) que não aquele ao qual se deseja resfriar, o ar ambiente.

3.2 AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

A Automação Industrial é um conjunto de técnicas e software destinados a tornar automática a realização de tarefas, substituindo o gasto de energia humana, na forma de esforço físico e mental, por elementos eletrônicos computadorizados (AGUIRRE,2007).

Entende-se por automação qualquer sistema, apoiado em computadores que substitua o trabalho humano em favor da segurança das pessoas, da qualidade dos produtos, da rapidez da produção ou da redução de custos, assim aperfeiçoando os complexos objetivos das indústrias e dos serviços (MORAES, 2007).

Sob o ponto de vista produtivo, a automação industrial pode ser dividida em três classes: a rígida, a flexível e a programável, aplicadas a grandes, médios e pequenos lotes de fabricação, respectivamente, portanto, a automação industrial pode ser entendida como uma tecnologia integradora de três áreas: a eletrônica responsável pelo *hardware*, a mecânica na forma de dispositivos mecânicos (atuadores) e a informática responsável pelo *software* que irá controlar todo o sistema. Desse modo, para efetivar projetos nesta área exige-se uma grande gama de conhecimentos, impondo uma formação muito ampla e diversificada dos projetistas, ou então um trabalho de equipe muito bem coordenado com perfis interdisciplinares. Os grandes projetos neste campo envolvem uma infinidade de profissionais e os custos são suportados geralmente por grandes empresas (ROSÁRIO, 2005).

3.2.1 Controlador Lógico Programável

Segundo João Teixeira de Carvalho Neto, (2011) o controle do tipo discreto, voltado aos processos digitais, teve seu início marcado pela utilização de dispositivos eletromecânicos do tipo a relés e contadores. Com o passar dos anos, os circuitos lógicos tornaram-se mais rápidos, compactos e capazes de receber mais informações

de entrada, atuando sobre um maior número de dispositivos de saída. Chegamos, assim, aos microprocessadores (UCPs), responsáveis por receber informações da memória, dos dispositivos de entrada e, a partir dessas informações, desenvolver uma lógica para acionar saídas. Então, até o início da década de 60, a utilização de relés eletromecânicos era praticamente a única opção possível. Com o advento dos dispositivos microprocessados, vieram os Controladores Lógicos Programáveis, em que a forma básica de programação é oriunda da lógica de programação dos diagramas elétricos a relés. Próprio para ambientes industriais, os controladores realizam uma rotina cíclica de operação, o que caracteriza seu princípio de funcionamento, e operam apenas variáveis digitais, efetuando controle discreto, portanto (CAVALCANTI, 2011).

3.2.2 Arquitetura da automação industrial

A estruturação hierárquica permite uma melhor visualização, organização e entendimento dos sistemas de automação de maior complexidade. Esta arquitetura é conhecida como “pirâmide de automação”, dividida em cinco níveis, que vão desde o chão de fábrica até o nível corporativo (negócios) da empresa.

De uma maneira geral, podemos definir os diferentes estratos da pirâmide da automação da seguinte maneira (MORAES, 2007): Nível 1 – Dispositivos de campo; Nível 2 – Controle do processo; Nível 3 – Supervisão do processo; Nível 4 – Gerenciamento da planta; Nível 5 – Gerenciamento corporativo.

3.3 CONTROLE

Controle é o ramo do conhecimento que estuda maneiras sistemáticas de descrever sistemas e de sintetizar ações tais que esses sistemas se comportem de maneira previamente determinada (AGUIRRE, 2007).

Um sistema de controle é projetado para fazer com que um processo se comporte da maneira como desejamos. Para isso é fundamental que um projetista de sistemas de controle conheça o comportamento desejado ou o desempenho esperado do sistema.

3.3.1 Controle dinâmico

O controle dinâmico tem como finalidade a manutenção de certa variável ou condição num valor predeterminado, denominado valor desejado ou *set-point*. Para manter o set-point o sistema de controle realiza a comparação do valor medido com o valor desejado, faz a geração, a partir da diferença entre os valores comparados (desvio), de um sinal de correção. E aplicação do sinal de correção (realimentação) ao sistema para eliminar o desvio e assim estabelecer o controle.

3.3.2 Controle em malha fechada e malha aberta

No sistema clássico de controle em malha fechada, que na sua forma mais usual é constituído por componentes contínuos ou analógicos, o sinal de saída possui um efeito direto na ação de controle. Essa ação direta da saída influenciando o sistema como um todo denomina-se realimentação, retroação ou *feedback*.

3.3.3 Controle *Pulse Width Modulation* (PWM)

O controle *Pulse Width Modulation* (PWM) transforma a tensão da rede de alimentação, de amplitude e frequência constantes, em uma tensão pulsante de amplitude e frequência variáveis. Os equipamentos utilizados para realizar o controle PWM são os inversores de frequência. Estes dispositivos são capazes de gerar uma tensão e frequência trifásicas ajustáveis, com a finalidade de controlar a velocidade de um motor de indução trifásica. Ao variar a frequência da tensão de alimentação, o inversor varia também a velocidade do campo girante e consequentemente a velocidade de rotação da máquina que estiver sendo controlada pelo mesmo.

Pode-se dizer que o inversor de frequência opera como uma interface entre a fonte de alimentação e as BAG's (FERNANDES, 2012).

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1 DESCRIÇÃO GERAL

Trata-se de uma instalação de expansão indireta, projetada para conforto térmico dos prédios de produção: *Body-Shop*, *Press-Shop* e *Assembly*, localizados na empresa automobilística na cidade de Camaçari-Ba.

Um dos objetivos deste projeto é melhorar as condições de estresse térmico do trabalhador através da automação do sistema de conforto térmico. O método utilizado para coleta de dados e desenvolvimento do projeto foi o método exploratório, buscando informações com operadores de campo e engenheiros responsáveis, além da minha total presença em campo. Um dos requisitos é manter um diferencial de temperatura de 5°C entre o meio exterior e interior dos prédios. Conforme o relato da documentação fornecida pela empresa automobilística, a temperatura do ar exterior é 32,4°C (bulbo seco) e 27,1°C (para bulbo úmido), sendo assim a temperatura no interior dos prédios de produção será de 27,4°C (bulbo seco). Caso a temperatura externa chegue acima de 32,4°C, a temperatura interna dos prédios também será alterada, mantendo sempre o diferencial de 5°C.

A temperatura mínima a ser mantida no interior dos prédios de produção é 27,4°C, o sistema de ar condicionado trabalha com 100% de ar exterior sendo assim, quando o ar exterior estiver com temperatura inferior a 27,4°C, as válvulas de controle de água gelada dos *fan-coil* estarão fechadas e a temperatura interna dos prédios será resultado da carga sensível interna e temperatura do ar exterior.

O sistema de conforto térmico é composto por: uma central de água gelada localizada no prédio de utilidades; redes hidráulicas instaladas no *pipe-racks* (plataformas de tubos, treliças) e nos prédios de produção; *Air Handling Units* (AHU) nos prédios de produção, cuja função é climatizar o ar.

A CAG é responsável pela geração de 4500TR's, resfriando um volume de água gelada a ser bombeado aos prédios de produção.

O diferencial de temperatura da água gelada com o qual a CAG opera é igual 9,5°C (água sai a 7,5°C e retorna a 17°C). Nestas condições, o sistema fornecerá uma vazão de 1420m³/h.

As bombas de água gelada possuem altura manométrica de 70mca.

4.1.1 Automação da CAG

A central de água gelada é o núcleo de um sistema de climatização por expansão indireta. As principais operações e os principais equipamentos do processo estão nela situados. A automação da CAG utiliza os conceitos e técnicas até aqui estudados para, da melhor maneira possível, operar os equipamentos automaticamente e adicionar ao sistema como um todo, a possibilidade de operar de maneira inteligente otimizando ao máximo os recursos disponíveis. Este estudo de caso possui como foco apenas os processos que estão diretamente ligados à central de água gelada.

4.1.2 Operação em modo manual

Para operar a instalação em modo manual, devemos posicionar as chaves seletoras localizadas nos quadros elétricos para a posição manual.

Na condição manual, é importante saber que cada unidade resfriadora de líquido deve operar com uma bomba de água gelada, uma bomba de água de condensação e uma célula da torre de resfriamento, além disso, as válvulas borboletas on-off instaladas nas linhas destes equipamentos (evaporador, condensador, torre) deverão estar na posição aberta. Esta é a condição necessária para que a vazão de água de projeto circule pelo evaporador ($284\text{m}^3/\text{h}$) e condensador ($595\text{m}^3/\text{h}$) das unidades resfriadoras, com isto, garantindo que a capacidade máxima de 900TR's seja atingida por cada equipamento.

A condição obrigatória para a partida de uma unidade resfriadora de líquido é que estejam em operação: uma bomba de água gelada e uma bomba de água de condensação. Isso porque o equipamento só parte se houver fluxo de água por ele circulando, sendo este fluxo detectado por um pressostato diferencial de água que, através de contatos elétricos secos, envia sinal digital ao painel microprocessado da unidade resfriadora, que libera a partida.

Todas as bombas de água gelada e condensação possuem, cada uma, um pressostato diferencial de água, cuja função de garantir a operação da respectiva bomba desde que haja fluxo de água.

4.2 TANQUE DE EXPANSÃO / REPOSIÇÃO

Tem como finalidade observar eventuais golpes de sobrepressão que possam vir a ocorrer nas linhas de água gelada, mantendo a linha hidráulica cheia de água constantemente.

4.2.1 Funcionamento absorvendo golpes de pressão na linha

Para esta função, o tanque trabalha interligado à linha de alimentação de água gelada através de uma válvula de alívio calibrada para pressão 6,5kgf/cm², sendo a pressão de operação no ponto de interligação igual a 5,5kgf/cm². Ocorrendo aumento de pressão de operação de forma a atingir valores iguais ou maiores que 6,5 kgf/cm², a válvula de alívio abrir-se aliviando a pressão da linha e expurgando água gelada para o tanque de expansão.

4.2.1.2. Repondo água nas linhas

Para esta função, o tanque possui bombas de reposição interligada, a ele hidráulicamente, sendo atuada pelas botoeiras existentes no painel elétrico.

O tanque de expansão/reposição possui dois níveis de operação mantidos por duas boias de mercúrio, sendo uma de nível inferior (fecha seu contato quando ultrapassar o nível).

4.3 BY-PASS DE ÁGUA GELADA DA CAG

Quando da operação manual, deve-se ficar atento ao manômetro instalado no *by-pass* na linha de alimentação de água gelada, pois é preciso controlar manualmente a abertura da válvula de *by-pass*.

4.4 ARREFECIMENTO

O arrefecimento do sistema de climatização tem a finalidade de retirar do processo todo o calor que é transferido do ambiente climatizado para a água. Os equipamentos responsáveis por esse processo, neste estudo de caso, são cinco bombas de água de condensação BAC (sendo duas reservas) e cinco torres de resfriamento (sendo duas reservas). Em outras palavras: no processo diário, tem-se apenas três bombas de água e três torres de resfriamento em funcionamento, mas conforme a demanda, essa quantidade pode ser modificada.

Estes equipamentos, a partir da automação, para entrar em operação, obedecem às seguintes condições:

Devem estar com sua respectiva chave automático/manual na posição automática.

É necessário que esteja na hora programada pelo operador.
É necessário que tenha passado o tempo estabelecido pelo programador para abertura das válvulas.

As boias das bacias das torres de resfriamento devem sinalizar condições mínimas de nível de água.

O relé supervisor trifásico de tensão deve liberar a operação (condição mínima de tensão e sequência de fase correta).

A lógica de programação da BAC prevê um revezamento periódico na operação das bombas, deste modo, semanalmente, há uma permuta entre o status de operação das bombas, ocorrendo, então, uma alternância entre a bomba operante e a reserva, visando otimizar o tempo de trabalho de cada equipamento.

As torres entram em operação atendendo a mesma programação horária das bombas de condensação. Uma vez em operação, a quantidade de torres é modulada para atender o *setpoint* de temperatura de água de condensação programado, entrada de água quente 35°C e saída de água fria 29,5°C. Em caso de falha de algum equipamento, este será automaticamente posto na condição de reserva, até que o status de falha seja eliminado. A condição de falha das bombas é reconhecida pelo controlador, a partir da comparação do sinal de ligar com seu respectivo status. Quando o CLP envia um comando de ligar para determinado equipamento e não recebe sinal de funcionamento do mesmo, após um tempo de verificação será atribuído o *status* de falha.

4.5 CONTROLES DAS BAG'S

O *status* operacional das BAG's é realizado no CLP do sistema de automação a partir de oito transdutores de pressão diferencial localizados em pontos estratégicos da rede hidráulica de água gelada.

Um *setpoint* para controle das bombas é estabelecido de modo que o controlador modula a frequência dos inversores (PWM) e, conseqüentemente, a pressão das bombas secundárias.

A rede de distribuição de água gelada da indústria automobilística é constituída por cinco bombas secundárias de forma que determinada combinação destas, satisfazem setores específicos do sistema.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um dos maiores desafios na elaboração desse Trabalho de Conclusão de Curso foi a escassez de materiais como livros, teses, dissertações, entre outros, para formação da base de referencial teórico. Uma vez superada essa etapa, todo material colhido e contido nesse trabalho servirá como material de apoio e consulta para os alunos e professores de cursos técnicos, aos quais esse trabalho é direcionado. Esse material trata de diversas tecnologias de sistemas de controle e processos de campo, trazendo topologias e temas necessários para formação de profissionais que pretendem atuar na área industrial.

A automação de sistemas de climatização de médio a grande porte, como no caso de uma empresa automobilística, tem se tornado um fator de importante contribuição para transformar o conforto térmico num diferencial de mercado. Em algumas instalações, não há outra forma de se alcançar benefícios aliados à economia de recursos, senão por meio da implantação ou atualização do sistema de automação. Neste estudo foram apresentados os modos de operação da CAG de uma empresa automobilística e desenvolvimento de um sistema de automação idealizado sob a ótica de maximizar os recursos da instalação, sempre apoiado nas leis que regem a termodinâmica. Como em todo processo, a automação por si só não é capaz de promover os benefícios desejados, sem a sólida concepção do projeto. Assim, a economia de recursos energéticos aparece como o principal foco da implementação da automação nas centrais de água gelada. O controle da distribuição de água para o sistema de climatização gera uma economia considerável tanto da energia gasta na própria distribuição, quanto da energia gasta na produção de água gelada.

Ao término da pesquisa e finalização deste trabalho, compreende-se que o conteúdo apresentado consegue de forma geral explicar a dinâmica de funcionamento de uma central de água gelada. Para o desenvolvimento do presente trabalho, vários estudos e análises foram realizados junto aos operadores e responsáveis pela manutenção da instalação e automação do sistema de climatização de uma empresa automobilística. Neste contexto, algumas informações foram levantadas baseadas em relatórios e, até mesmo, nas observações feitas pelos técnicos em campo.

REFERÊNCIAS

- AGUIRRE, L. **Enciclopédia de Automática: Controle e Automação**. Blucher, 2007. Disponível em: <http://books.google.com.br/books?id=gBq_XPgAACAAJ>. Acesso em 21 de Abril de 2021.
- BETTONI, R. L. **A Automação como Estratégia para Eficiência**, 2013. Disponível em: <<http://www.engenhariae arquitetura.com.br/noticias/662/Automacaocomo-estrategia-para-eficiencia.aspx>>. Acesso em 21 de Abril de 2021.
- CAVALCANTI, A.L.O e CARVALHO NETO, J.T. **Controladores Lógicos Programáveis**, Natal-RN, 2011. Disponível em: <[https://www.dca.ufrn.br/~joao teixeira /ApostilaCLPFinal.pdf](https://www.dca.ufrn.br/~joao%20teixeira/ApostilaCLPFinal.pdf)>. Acesso em 21 de Abril de 2021.
- DANTAS, F. **A Automação como Estratégia para Eficiência**, 2013. Disponível em: <<http://www.engenhariae arquitetura.com.br/noticias/662/Automacao-comoestrategia-para-eficiencia.aspx>>. Acesso em 21 de Abril de 2021.
- FANGER, P. **Healthy Buildings**, 1995. Disponível em: <<http://books.google.com.br/books?id=RAcKSQAACAAJ>>. Acesso em 21 de Abril de 2021.
- FERNANDES, J. S. **Trabalho de Conclusão de Curso - Estudo de Caso; Sistema SCADA Aplicado na Automação e Controle dos Motores do Laminador de Cobre em uma Empresa Metalúrgica**. Salvador: 2012.
- GONÇALVES, F. **Água: Moderadora de Temperatura**. Ensino de calor específico, calor latente de vaporização e calor latente de ebulição na UFMGS, 2006. Disponível em: <<http://www.infoescola.com/termodinamica/agua-moderadorade-temperatura/>>. Acesso em 21 de Abril de 2021.
- LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Metodologia Científica. 4. ed. São Paulo**. Atlas, 2004.
- LUMERTZ, R. **Entenda como Funciona o Sistema de Refrigeração e Climatização**, 2015. Disponível em: <<https://climatizacaolumertz.com.br/2015/05/09/refrigera-caoclimatizacao>>. Acesso em 21 de Abril de 2021.
- MORAES, C. de; CASTRUCCI, P. de L. **Engenharia de Automação Industrial**. LTC, 2007. Disponível em: <<http://books.google.com.br/books?id=irN1PgAACAAJ>>. Acesso em 21 de Abril de 2021.
- PENA, S. M. **Sistemas de Ar Condicionado e Refrigeração. 1. Ed.** 2002. Disponível em: <[https://static-cms-si.s3.amazonaws.com/media/uploads/arquivos/ manual_ar_condicionado.pdf](https://static-cms-si.s3.amazonaws.com/media/uploads/arquivos/manual_ar_condicionado.pdf)>. Acesso em 21 de Abril de 2021
- PEPITONE, C. **Sistema Prediais: Climatização**, 2014. Disponível em:

<<http://arq.ap1.com.br/climatizacao/>>. Acesso em 21 de Abril de 2021

ROSÁRIO, J. M. - **Princípios de Mecatrônica** - Editora Pearson Prentice Hall, São Paulo, 2005.