

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

JOEL CLAUDIANO DA SILVA

**APLICAÇÃO DOS CONHECIMENTOS DO CEAUT EM UM RETROFIT
DE AUTOMAÇÃO: modernizar um sistema existente com o menor
custo possível**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA
2017

JOEL CLAUDIANO DA SILVA

**APLICAÇÃO DOS CONHECIMENTOS DO CEAUT EM UM RETROFIT
DE AUTOMAÇÃO: modernizar um sistema existente com o menor
custo possível**

Monografia de Especialização, apresentado ao Curso de Especialização em Automação Industrial, do Departamento Acadêmico de Eletrônica, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista.

Orientador: Prof. Dr. Guilherme Alceu
Schneider

CURITIBA
2017

À minha esposa Andréa, á minha filha Júlia, ao meu filho Eduardo e meu filho ao Gustavo que ainda vai nascer, pelo carinho, apoio e paciência nas minhas ausências durante o curso.

AGRADECIMENTOS

À Deus, nosso Grande Arquiteto do Universo, que me deu saúde, perseverança e persistência para me dedicar ao curso com vontade e um sentimento de alegria e realização profissional.

Ao apoio recebido de minha esposa Andréa para que eu pudesse frequentar as aulas e dedicar muitas horas para a realização deste trabalho.

À Companhia Paranaense de Energia que me proporcionou, pelo seu programa de Auxílio Educação, viabilizar a participação nesta especialização.

Aos companheiros de trabalho, pelas trocas de escala em dias de aula.

Ao Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento – Lactec, por ter franqueado o meu acesso às suas instalações e todos os testes, análises e ensaios no seu sistema de automação predial necessários para a realização deste trabalho.

À Elipse Software pelo fornecimento de suporte técnico e treinamentos ao longo do ano de 2016.

RESUMO

SILVA, Joel Claudiano da. **APLICAÇÃO DOS CONHECIMENTOS DO CEAUT EM UM RETROFIT DE AUTOMAÇÃO**: modernizar um sistema existente com o menor custo possível. 2017. 51 f. Monografia (Curso de Especialização em Automação Industrial), Departamento Acadêmico de Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2016.

O Curso de especialização em Automação Industrial – CEAUT tem por objetivo atualizar e capacitar os alunos em relação às principais técnicas, ferramentas e métodos de especificação, desenvolvimento, análise e operação de sistemas de automação industrial, habilitando-os a utilizar equipamentos e sistemas de controle de processos, de instrumentação e de informática industrial para implementar sistemas de automação industrial. Este trabalho tem o objetivo de analisar a aplicação destes conhecimentos na modernização do sistema instalado em 2003 no Edifício Sede dos Institutos Lactec. Sua automação predial é composta por um Supervisório da marca Honeywell que controla e supervisiona o ar condicionado, os circuitos elétricos, a qualidade de energia, o sistema de incêndio e as bombas de recalque. O desafio proposto é desenvolver um novo sistema, de protocolo aberto, que aproveite ao máximo a infraestrutura e *hardwares* instalados, para diminuir ao máximo o custo do *retrofit*. Foram aplicados os conhecimentos adquiridos nas disciplinas ministradas durante o curso para entender e conhecer todos os equipamentos e acessórios envolvidos, suas funcionalidades e peculiaridades para dimensionar e propor as melhorias e atualizações necessárias. Foram identificadas as características dos componentes do sistema para a definição e modelagem do novo sistema, das malhas de controle e das melhorias no *software* de supervisão. Concluiu-se que é possível modernizar o sistema, corrigindo suas falhas sem a necessidade de trocar todos os equipamentos devido ao trabalho de campo, testando e reconhecendo cada componente, o que levou a escolher um novo controlador CLP, porém aproveitando os sensores, atuadores, válvulas e Inversores de frequência.

Palavras chave: Retrofit. Automação. Atuadores. Controladoras. Supervisório.

ABSTRACT

SILVA, Joel Claudiano da. **APPLYING CEAUT KNOWLEDGE IN AN AUTOMATION RETROFIT**: modernize an existing system with the lowest possible cost. 2017. 51 f. Monography (Specialization Course in Industrial Automation), Academic Department of Electronics, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2016.

The course of specialization in Industrial Automation - CEAUT aims to update and train students in the main techniques, tools and methods of specification, development, analysis and operation of industrial automation systems, enabling them to use equipment and control systems Processes, instrumentation and industrial computing to implement industrial automation systems. This work aims to analyze the application of this knowledge in the modernization of the system installed in 2003 in the Headquarters Building of the Lactec Institutes. Its building automation is comprised of a Honeywell Supervisor who controls and oversees air conditioning, electrical circuits, power quality, fire system and booster pumps. The challenge is to develop a new, open-protocol system that takes full advantage of the infrastructure and hardware installed to minimize the cost of retrofit. The knowledge acquired in the courses taught during the course was applied to understand and to know all the equipment and accessories involved, its functionalities and peculiarities to size and propose the necessary improvements and updates. The characteristics of the system components were identified for the definition and modeling of the new system, the control meshes and the improvements in the supervision software. It was concluded that it is possible to modernize the system, correcting its faults without the need to change all the equipment due to the field work, testing and recognizing each component, which led to choosing a new PLC, but taking advantage of sensors, actuators, valves And Frequency Inverters.

Keywords: Retrofit. Automation. Actuators. Controllers. Supervisory.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Controlador XL10 - Honeywell	16
Figura 2 – Fluxograma do Circuito de Água Gelada	18
Figura 3 – Unidades resfriadoras de Água - <i>Chiller</i>	18
Figura 4 – Painel de Comando Elétrico do <i>Chiller</i>	19
Figura 5 – Painel de Comando das bombas Secundárias	20
Figura 6 – Bombas Secundárias	20
Figura 7 – Sensor de Temperatura VF20T	22
Figura 8 – Sensor de Umidade e Temperatura – RHT - WM.....	22
Figura 9 – Fluxograma do Circuito dos Condicionadores de Ar	23
Figura 10 – Painel de Comando dos <i>Fan Coil</i>	24
Figura 11 – Sensores de Pressão Diferencial Setra 264.....	24
Figura 12 – Sensor de corrente - Hawkeye 904.....	25
Figura 13 – Sensor de Temperatura – C7046D Honeywell	26
Figura 14 – Atuador Proporcional ML7984 - Honeywell.....	27
Figura 15 – Caixas de Volume de Ar Variável	28
Figura 16 – Controladora da Caixa de Volume de Ar Variável.....	28
Figura 17 – Disjuntor DW 800NA - Weg	30
Figura 18 – Transdutor MKM-01 - KRON	31
Figura 19 – TCs e TPs no Painel Elétrico - KRON	31
Figura 20 – Esquemas de Ligação Trifásico Estrela (3F + N).....	32
Figura 21 – Chave de Nível Série 010 - Nivetec	33
Figura 22 – Sistema de bombas e reservatórios de água potável	34
Figura 23 – Módulo de Relé de Controle SIGA-CR	35
Figura 24 – Tela de Alarme de Incêndio	35
Figura 25 – Diagrama Esquemático da comunicação TCP/IP	36

Figura 26 – CLP SIMATIC S7-1200.....	37
Figura 27 – Painel da Automação do Subsolo	38
Figura 28 – Exemplo de arquitetura do E3	39
Figura 29 – Tela Central de Agua Gelada	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Lista de pontos (I/Os) do CLP	37
Tabela 2 – Preços dos CLPs	41
Tabela 3 – Preços do <i>Software</i> e Licenças.....	41
Tabela 4 – Preços da Mão de Obra.....	42

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS

CLP	Controlador Lógico Programável
PID	Proporcional Integral Derivativo
CPU	Unidade Central de Processamento
ASCII	<i>American Standard Code for Information Interchange</i>
LAN	<i>Local Área Network</i>
TAG	Endereçamento Lógico
DI	Digital In
DO	Digital Out
AI	<i>Analógic In</i>
AO	<i>Analógic Out</i>
I/O	<i>In / Out</i>
EBI	<i>Enterprise Buildings Integrator</i>
CEAUT	Curso de Especialização em Automação
CC	Corrente Contínua
VCC	Tensão Corrente Contínua
VCA	Tensão Corrente Alternada
CA	Corrente Alternada
IHM	Interface Homem Máquina
<i>AS BUILT</i>	Como Construído
<i>SETPOINT</i>	Valor Desejado
<i>Retrofit</i>	Atualização Tecnológica
Supervisório	<i>Software</i> de Supervisão
VAV	Volume de ar Variável
<i>CHILLER</i>	Unidade Resfriadora de Água
<i>FAN COIL</i>	Condicionador de ar
<i>HVAC</i>	<i>Heating, ventilation and air conditioning</i>
C-BUS	Protocolo de Comunicação <i>C-BUS</i>
<i>PROFNET</i>	Protocolo de Comunicação <i>PROFNET</i>
PTC	<i>Positive Temperature Coeficient</i>
NTC	<i>Negative Temperature Coeficient</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
1.1	PROBLEMA	8
1.2	OBJETIVOS	8
1.2.1	Objetivo Geral	8
1.2.2	Objetivos Específicos	8
1.3	JUSTIFICATIVA	9
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO	9
2	METODOLOGIA	10
2.1	A EMENTA DAS DISCIPLINAS E SUA APLICAÇÃO	10
2.2	A INSTRUMENTAÇÃO	13
2.3	ENDERAÇAMENTO LÓGICO (<i>Tags</i>)	13
2.4	As MALHAS DE CONTROLE	14
3	AUTOMAÇÃO	15
3.1	CONTROLADOR XL 100 - HONEYWELL	16
3.2	SUBSISTEMA - AR CONDICIONADO	17
3.2.1	Central de Água Gelada (CAG)	17
3.2.2	Condicionadores de Ar (<i>Fan Coil's</i>)	23
3.2.3	Caixa de Volume de Ar Variável (VAV)	27
3.3	SUBSISTEMA - ELÉTRICA	29
3.3.1	Monitoramento do <i>Status</i> dos Disjuntores	29
3.3.2	Medição de Energia	30
3.3.3	Gerador a Diesel	32
3.4	SUBSISTEMA - UTILIDADES	33
3.4.1	Bombas de Recalque	33
3.4.2	Sistema de Incêndio	34
4	NOVO SISTEMA DE AUTOMAÇÃO PROPOSTO	36
4.1	SUBSTITUIÇÃO DO CLP	36
4.2	READEQUAÇÃO DOS PAINÉIS DA AUTOMAÇÃO	38
4.3	O <i>SOFTWARE</i> DE SUPERVISÃO	39
4.4	CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO	40
4.4.1	Custo dos Equipamentos	41
4.4.2	Custo das Licenças de Software	41
4.4.3	Contratação da Mão de obra	41
5	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	43
5.1	O DIAGNÓSTICO DO SISTEMA	43
5.2	O <i>SOFTWARE</i> ELIPSE E3	43
5.3	A EXPERIÊNCIA PESSOAL	44
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	45
	REFERÊNCIAS	46

1 INTRODUÇÃO

Um curso de especialização confere ao graduado o título de especialista, porém os conhecimentos adquiridos são em vários segmentos e o próprio curso pode especializar o aluno em um determinado segmento, de acordo com suas habilidades ou talento. Neste trabalho será analisada se é possível executar um *retrofit* de um sistema de automação com a aplicação dos conteúdos das disciplinas ministradas no Curso de especialização em Automação Industrial CEAUT da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

O trabalho do especialista para a execução de um projeto de automação se inicia na fase em que se escreve o projeto, analisa as necessidades a serem atendidas, os controles e comandos necessários e também os itens mais complexos, como malhas de controle para definição da planta a ser automatizada, na sequência há a necessidade de especificar os equipamentos a serem empregados, neste momento a tomada de decisão é fundamental para a aprovação e o sucesso do projeto, há que se definir e escolher o equipamento que o especialista conhece minuciosamente, aliando a questão custo/benefício pois, um sistema muito caro não significa que é bom e muito barato não significa que é ruim, ambos podem não atender plenamente o que se deseja ou até ser superdimensionado, encarecendo o sistema.

A questão analisada é se realmente, após concluir o curso CEAUT, o especialista já está em condições de atuar no mercado de trabalho com especialista em Automação Industrial. O caso de estudo foi realizado no Edifício Sede dos Institutos Lactec, situado no Complexo FIEP em Curitiba, inaugurado em 2003, sua automação é composta por controladoras CLPs XL100 e XL500, com sensores e atuadores da marca Honeywell, o sistema possui um servidor com o software EBI da Honeywell, ele controla e supervisiona o ar condicionado, os circuitos elétricos, a qualidade de energia, o sistema de incêndio e as bombas de recalque. O desafio é fazer um diagnóstico para uma atualização tecnológica, um *retrofit*, apresentando um novo supervisório com protocolo aberto, que possibilite a atualização do servidor sem a necessidade de trocar todos os equipamentos do sistema existente.

1.1 PROBLEMA

O sistema instalado já está apresentando falhas na comunicação entre os CLPs e o supervisor. Como o modelo dos controladores já é descontinuado pelo fabricante, existe a necessidade de efetuar atualização tecnológica efetuando a sua troca. O desafio é diagnosticar o sistema atual e apresentar uma opção de um novo sistema com um programa supervisor com protocolo aberto, que possibilite a atualização do servidor e das controladoras, porém sem substituir toda a instrumentação, atuadores e demais máquinas e equipamentos do sistema existente. O supervisor do sistema atual é o EBI, que está instalado em um servidor da marca Dell com o sistema operacional *Windows 2000 Server*, versão já descontinuada e sem suporte e atualizações da *Microsoft*, seu *hardware* já é considerado obsoleto pelo *helpdesk* da empresa e há dificuldade para encontrar peças de reposição.

1.2 OBJETIVOS

Nesta seção são apresentados os objetivos geral e específico do trabalho, relativos ao problema anteriormente apresentado.

1.2.1 Objetivo Geral

Aplicar os conhecimentos adquiridos durante o Ceaut, usando os conceitos de cada disciplina nas diferentes etapas de desenvolvimento de um diagnóstico do sistema de automação.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Identificar as Tags de controladoras, instrumentos e acionadores do sistema.
- Identificar as malhas de controle para cada serviço ou aplicação.
- Especificar um novo controlador CLP.
- Apresentar um novo software de supervisão.

1.3 JUSTIFICATIVA

As propostas feitas pelos fornecedores foram todas prevendo a troca de todo o sistema, desde equipamentos ao software, o custo ficou estimado em R\$ 450.000,00. Durante inspeções e levantamentos realizados, foram constatadas as seguintes falhas:

- Intermitência de comunicação entre o servidor EBI e as controladoras Honeywell e ausência de comunicação entre EBI e medidores de energia.
- Lentidão e baixa performance do servidor durante a navegação e execução de tarefas.
- Software EBI com arquivos corrompidos.
- O Servidor roda em Windows 2000 Server, sem suporte da *Microsoft*; existe também a dificuldade para aquisição de peças de reposição, como fontes, placas e outros.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho será realizado de acordo com as seguintes etapas:

Capítulo 1 – Introdução: serão apresentados o tema, o problema, os objetivos da pesquisa, a justificativa e a estrutura geral do trabalho.

Capítulo 2 – Metodologia: será abordado o método aplicado ao trabalho e a correlação com as disciplinas ministradas curso CEAUT .

Capítulo 3 – Automação: será abordado o tema automação no contexto histórico e a aplicação dos conhecimentos adquiridos no curso CEAUT para os trabalhos de campo, testando e ensaiando os equipamentos instalados no sistema.

Capítulo 4 – Novo Sistema de Automação Proposto : será abordado o tema atualização tecnológica e sua aplicação na automação instalada no Edifício Sede do Lactec.

Capítulo 5 – APRESENTAÇÃO E ANALISE DOS RESULTADOS: serão abordados os resultados atingidos e analisado sua relevância.

Capítulo 6 – Considerações Finais: serão analisadas as metas atingidas, as dificuldades encontradas e as melhorias possíveis para futuros trabalhos .

2 METODOLOGIA

O Curso de Especialização em Automação - CEAUT é destinado a graduados nas áreas de engenharia, informática e tecnologia que desejam atuar nas áreas de concentração de controle de processos, instrumentação industrial e informática industrial. Seu objetivo é de atualizar e capacitar os alunos em relação às principais técnicas, ferramentas e métodos de especificação, desenvolvimento, análise e operação de sistemas de automação industrial, tais como: implementar sistemas de automação industrial; utilizar equipamentos e sistemas de controle de processos e instrumentação; utilizar equipamentos e sistemas de informática industrial. É composto por onze disciplinas que serviram de referência e de base de conhecimento para a realização deste trabalho, serão apresentadas na seqüência.

Este trabalho proporcionou a aplicação de grande parte do conteúdo apresentado no curso de Especialização em Automação Industrial da UTFPR - CEAUT diagnosticando a reconfiguração de todo o sistema existente, de seus componentes de comunicação, de instrumentação, acionadores ou atuadores de válvulas, as mais diversas leituras de sensores, identificação de endereços e tags, desenvolvimento do supervisório. Tudo comunicando em rede industrial e executando os mais diversos comandos e malhas de controle.

O trabalho de campo possibilitou a verificação do funcionamento dos equipamentos em operação, foi possível efetuar intervenções para medição de grandezas, tais como: tensão e corrente, pesquisas em manuais e documentação disponível, para a compreensão do funcionamento do equipamento tanto de forma isolada, como de sua atuação dentro do sistema.

2.1 A EMENTA DAS DISCIPLINAS E SUA APLICAÇÃO

A ementa da disciplina Acionamento Elétrico, contempla os seguintes tópicos: Motores CC. Controle de motor CC. Motor CA monofásico, motor de indução monofásico com rotor em gaiola de esquilo. Motor CA trifásico. Especificação de motores em função da aplicação Tipo de carga, potência nominal e curvas torque / velocidade. Técnicas de controle de motores CA. Controle escalar e controle vetorial. Acionamento CC através de conversores Controle com torque disponível

constante e controle com potência disponível constante. Acionamento CA através de conversores de frequência. Controle da velocidade pela variação da tensão e da frequência, modulação por largura de pulso (PWM). Perdas harmônicas, pulsações no torque e frenagem dissipativa e regenerativa; Servoacionamento; Motor CC sem escova. Posicionadores (*encoders*). Motores de passo. O sistema analisado possui vários motores instalados, os principais são utilizados nas bombas pressurizadoras da central de água gelada, nos ventiladores do *Chiller*, nos ventiladores dos *Fan Coils*, estes são controlados por variadores de frequência e controlados por malha fechada, com atuadores e sensores realimentando as informações do controle PID do Inversor de frequência.

A disciplina de Controle de Processos possui em sua ementa: Sistemas de controle industrial; Estratégias de controle; Sintonia de controladores; Fundamentos de controle multivariável. Complementando o assunto, a disciplina de Fundamentos de Controle traz em sua ementa: Instruções e ferramentas de programação para desenvolver sistemas de controle e automação. Representação e modelos de sistemas. Propriedades dos sistemas de controle. Estabilidade. Ferramentas de análise e projeto de sistemas contínuos. Sinais discretos. Transformada Z. Métodos de discretização. Ferramentas de análise e projeto de sistemas discretos. Erro de quantização. Controlador PID discreto. O sistema possui várias malhas de controle, para várias finalidades distintas, desde controle de temperatura a controle de nível de caixa d'água. Algumas malhas de controle já possuem uma pré-programação no próprio CLP, outras estão atuando diretamente entre o Inversor de frequência e o ventilador do *Fan Coil*. Estas duas disciplinas foram de extrema importância para este trabalho.

A disciplina de Instrumentação Industrial possui em sua ementa: Simbologia para instrumentação e controle. Fundamentos de medição de Pressão. Fundamentos de medição de Vazão. Fundamentos de medição de Nível. Fundamentos de medição de Temperatura. Válvulas de controle. Foi muito importante para o reconhecimento do tipo de instalação e de funcionamento dos equipamentos de instrumentação.

A disciplina de Pesquisa Operacional contempla: Programação Linear. Formulação de Problemas de Programação Linear. Análise de Sensibilidade. Dualidade. Programação Inteira. Aplicações de Pesquisa Operacional. Foi importante na compreensão do funcionamento do sistema.

A disciplina Sistemas de Supervisão tem em sua ementa: Conceitos de sistemas de supervisão. Uso de sistemas de supervisão em processos industriais. Programação e configuração de sistemas de supervisão. Comunicação OPC. Tipos de Tela. Alarmes. Foi utilizado o software Elipse Scada para desenvolvimento de um supervisório, aliado ao seminário apresentado pela empresa Elipse Software, foi definido o uso do software Elipse E3 para desenvolver o supervisório do novo sistema.

A disciplina Visão da Máquina na Indústria apresentou em sua ementa: Introdução aos sistemas de visão e de imagem. Hardware dos sistemas de visão: câmeras, unidade de processamento e ambiente de captura. Princípios de funcionamento e especificação dos sistemas de visão industriais. Softwares de programação das tarefas de visão. Processamento digital de imagens para visão de máquina. Aplicações na indústria: inspeção dimensional, inspeção visual, controle robótico e controle de células da manufatura. O conceito de célula na manufatura foi aplicado na compreensão dos subsistemas.

A disciplina Sistemas Sequenciais com CLPs possui a ementa: Arquitetura e estrutura do CLP; Tipos de CLP's; Linguagens de programação (Norma IEC61131-3); Programação de sistemas seqüenciais; Programação e configuração de CLP; Uso dos CLP's em processos industriais. Foram feitas várias práticas com os diagramas de blocos e programado o CLP S7-300 da *Siemens*, possibilitou a escolha segura do CLP S7-1200 por ser mais compacto e de menor custo e atender plenamente as necessidades do projeto. Foi uma das mais importantes e mais influentes em relação ao resultado do trabalho .

Os Seminários Direcionados proporcionaram palestras sobre Redes Industriais com enfoque em Redes Locais (LANs); Topologias de Rede; Modelo de referência OSI; Modelo TCP/IP Padrão IEEE 802; Diferença entre redes comerciais e industriais; Redes de Sensores; Redes de Dispositivos; Redes de Instrumentação *Foundation FieldBus*; Foram muito importantes para a definição dos equipamentos e dos métodos de instalação e integração dos sistemas.

Na disciplina de Sistemas Flexíveis de Manufatura foram apresentados: Fundamentos de sistemas flexíveis de manufatura (FMS); Arquiteturas de FMS; Componentes dos sistemas flexíveis.

A disciplina de Metodologia da Pesquisa que contemplou: Pesquisa científica; Elaboração de registros científicos – monografias e artigos; Normas de redação científica. Foi fundamental para a elaboração e confecção desta monografia.

2.2 A INSTRUMENTAÇÃO

O sistema possui diversos dispositivos de instrumentação, os quais foram identificados e testados para confirmar sua compatibilidade com um novo controlador CLP proposto, tais como: termômetros, sensores de pressão, válvula proporcional hidráulica, termostatos, sensor de umidade relativa do ar, sensores de nível, entre outros.

A metodologia empregada foi a de ensaiar o equipamento *in loco*, consistiu em desconectar a fiação, medir tensão e corrente e conferir como é o seu funcionamento, verificando dados de placa e do manual do fabricante. Em cada subsistema apresentado nos próximos capítulos, sua instrumentação estará descrita e identificada.

2.3 ENDERAÇAMENTO LÓGICO (*Tags*)

Dentro dos controladores existe uma lista de pontos chamada *Point Database*, que relaciona um nome de 30 (trinta) dígitos a um endereço do controlador. Neste endereço, podem ser conectados um sensor, atuador, contactor ou borne (conector elétrico) ou outro equipamento.

Um ponto pode ser físico ou virtual. Um ponto físico corresponde a um equipamento conectado no sistema, enquanto um ponto virtual é apenas um valor armazenado na memória.

Exemplo:

BOMBA2 – endereço 1.2.1.2.1

TEMP1 – endereço 1.2.1.3.1

Esses pontos foram divididos conforme o seu tipo em analógicos e digitais. Um ponto digital é aquele que varia entre ligado e desligado. Exemplos: bomba, ventilador, nível de tanque, estado de motores, iluminação e etc. Já os pontos analógicos variam dentro de uma escala. Exemplos, temperatura, umidade, pressão, posição de válvula, de damper, variador de frequência, etc.

Assim, os pontos foram agrupados em:

- Entrada Digital – DI
- Saída Digital - DO
- Entrada Analógica - AI
- Saída Analógica – AO

Para comandar os pontos de saída em função dos pontos de entrada do sistema, utiliza-se uma linguagem de software que comanda as saídas automaticamente, fazendo assim o intertravamento de equipamentos, calculo de variáveis e malhas de controle de temperatura, pressão, vazão e etc.

2.4 As MALHAS DE CONTROLE.

Este é um sistema de controle discreto, pois um ou mais sinais estão associados a variável tempo discreta. Seu sistema possui realimentação baseada em amostras realizadas por um microprocessador. O controle é feito em malha fechada ou controle realimentado, caracterizado por utilizar um sinal de erro para regular a saída de um sistema, por exemplo o aumento ou diminuição da temperatura. A diferença entre o sinal de entrada (referência) e o sinal de saída realimentado, chamado de sinal de erro, é introduzido no controlador que atua na planta ou no processo de forma a reduzir o erro e manter a saída em um valor desejado.

O sistema possui várias malhas de controle, sendo malhas de controle proporcional integral derivativo (PID), abertas ou fechadas de acordo com o amortecimento necessário para o processo.

A malha de controle da central de água gelada é executada pelo painel do próprio *Chiller*, no *Fan Coil* é executada pelo inversor de frequência para manter a pressão diferencial dos dutos, controlando a velocidade do ventilador, conforme o desejado e pela válvula proporcional de água gelada para manter a temperatura. Nas caixas de Volume de Ar Variável o controlador XL10 atua diretamente na abertura e fechamentos das aletas de passagem do ar.

Serão apresentados os detalhes sobre o funcionamento e atuação destas malhas na descrição de cada subsistema nos próximos capítulos.

3 AUTOMAÇÃO

A Automação Industrial surgiu para otimizar os processos de produção, baratear seus custos e diminuir o tempo de execução, historicamente pode-se resumir que a Indústria teve sua primeira Revolução industrial no final do século XVIII, quando empregou a produção mecanizada e a Energia a Vapor; no início do século XX houve a segunda Revolução Industrial quando se empregou a Produção em Massa, a Divisão das Tarefas e a Energia Elétrica; a partir da década de 70 ocorreu a terceira Revolução a Industrial, quando houve o Incremento da Digitalização e Automação, com o uso da eletrônica e a Tecnologia da Informação. Iniciou-se desde então, a automação que temos hoje, com sistemas de supervisão e integração homem maquina - IHM. Já no século XXI, estamos vivenciando o que já é chamada de quarta Revolução Industrial, denominada Indústria 4.0, onde a Automação é integrada por sistemas físicos e cibernéticos para produção.

Neste caso de estudo, a automação resumidamente é descrita como tendo um computador na função de servidor do sistema, possuindo um software de supervisão da marca Honeywell, *Enterprise Buildings Integrator* (EBI), nele estão conectados oito controladores lógicos programáveis (CLP's) da linha XL, comunicando por uma rede RS485, estes CLP's possuem entradas e saídas do tipo digital e analógicas, as quais se conectam os pontos de supervisão e controle.

Neste capítulo serão apresentados os componentes da automação existente e suas características de funcionamento, de acordo com o trabalho de campo realizado. A documentação contida no *As Built* do projeto não correspondeu ao que realmente está instalado, isto demandou muito trabalho de análises de funcionamento, medições de grandezas e testes com desconexão e conexão de fios, desmontagem de peças, simulações de partida e parada dos sistemas.

Este sistema foi projetado para supervisionar e controlar a automação dividida em três subsistemas, o Ar Condicionado, o Elétrica e o Utilidades, que serão apresentados a seguir:

3.1 CONTROLADOR XL 100 - HONEYWELL

O Controlador XL 100 é um CLP, baseado em microprocessador, para gerenciar funções, ele monitora e comanda controles de equipamentos HVAC para edifícios (industriais, varejo, hotel, escola, edifícios de saúde, etc.). É o item principal do sistema de automação predial do edifício, tem a função de controlar as tabelas de horário dos subsistemas, receber e tratar os sinais recebidos de toda a instrumentação instalada. Ele pode funcionar como uma unidade autônoma ou como parte integrante de um sistema de ordem superior. Acomoda facilmente a expansão através de um sofisticado peer-to-peer Communication Bus (C-Bus). Uma estação de trabalho do *Excel Building Supervisor* baseada em PC fornece uma interface de operador gráfico para gerenciar uma rede de controladores. Possui doze entradas analógicas, doze entradas digitais e doze saídas configuráveis digitais ou analógicas. São alimentadas em 24Vcc e possuem comunicação C-BUS a dois fios blindado

Porém, instalado entre 2002 e 2003, hoje é considerado um equipamento considerado obsoleto e foi descontinuado pelo fabricante.

Na figura 1, é possível identificar o CLP XL10 utilizado para o gerenciamento de todas as informações do sistema e a integração com o software de supervisão.



Figura 1 – Controlador XL10 - Honeywell
Fonte: Autoria própria (2016) (2016)

3.2 SUBSISTEMA - AR CONDICIONADO

O Subsistema Ar Condicionado é composto por uma Central de Água Gelada (CAG), com dois *Chiller's* resfria a água que, através de um sistema de bombas e tubulações hidráulicas, circula por todo o edifício, passando pelas serpentinas dos *Fan Coil's*, resfriando o ar que circula nas salas pelo sistema de ventilação e as caixas de Volume de Ar Variável (VAV).

3.2.1 Central de Água Gelada (CAG)

A Central de Água Gelada (CAG) é responsável pela produção e distribuição de água gelada aos condicionadores de ar (*Fan Coil's*), que são interligadas ao sistema através de tubulações hidráulicas distribuídas pelo prédio. O sistema de controle foi concebido de forma a proporcionar economia de energia com um máximo de eficiência. Para que isso seja possível existem várias malhas de sensoriamento e controle para garantir o correto desempenho e funcionamento do sistema. A central de água gelada é composta por:

- Unidades Resfriadoras de água (*Chiller*)
- Bombas de água gelada primária.
- Bombas de água gelada secundária.

A quantidade de unidades resfriadoras em operação é calculada em função da vazão requerida pela instalação, apurada através da vazão do secundário. Após o cálculo da vazão, o sistema compara a quantidade de vazão necessária com a capacidade de refrigeração de cada unidade resfriadora (*Chiller*), definindo assim, a quantidade de grupos bombas e unidades resfriadoras que deverão ser ligados para evitar ciclagem do equipamento. Esta malha de controle está configurada no painel do próprio *Chiller* e a automação apenas envia o comando de ligar ou desligar, conforme sua programação de tabela de horário.

A figura 2 abaixo representa o Fluxograma do Circuito de Água Gelada de forma esquemática, a distribuição dos equipamentos em que se resfria a água e a faz circular por todo o circuito de água gelada que percorre o edifício, trocando calor nos radiadores de cada *Fan Coil* e retornando para ser novamente resfriada.

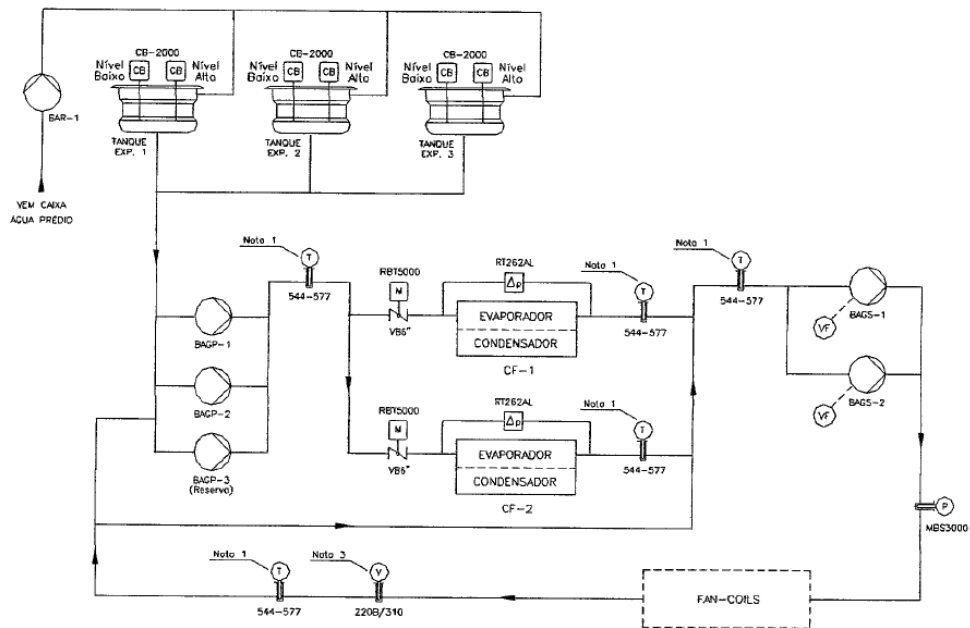


Figura 2 – Fluxograma do Circuito de Água Gelada
Fonte: Autoria própria (2016) (2016)

Na figura 3 abaixo, é possível ver as duas unidades resfriadoras de água e as tubulações em que a água circula pelo sistema até o prédio.



Figura 3 – Unidades resfriadoras de Água - Chiller
Fonte: Autoria própria (2016) (2016)

Na figura 4 abaixo, é possível ver os detalhes do painel de comando Elétrico do *Chiller* :



Figura 4 – Painel de Comando Elétrico do *Chiller*
Fonte: Aatoria própria (2016) (2016)

A malha de pressão Hidráulica tem a função de garantir a vazão de água em todos os condicionadores de ar do sistema, mantendo-se a pressão diferencial, no circuito de alimentação em um determinado valor (*setpoint*). O sensor de pressão instalado na tubulação da casa de maquinas irá fornecera informação necessária á malha PID do controlador para que este envie o sinal aos variadores de frequência das bombas secundárias, que operam em paralelo. Caso a pressão suba, o variador é comandado para diminuir a frequência até a pressão estabilizar no *setpoint* desejado. Caso contrario, a pressão estando abaixo do *setpoint*, o variador aumenta a rotação destas bombas. A pressão calculada em projeto para este sistema é de 3 Bar.

Na figura 5 abaixo, é possível ver os dois variadores de frequência Danfoss série VLT 2800 que controlam as bombas secundárias:



Figura 5 – Painel de Comando das bombas Secundárias
Fonte: Aatoria própria (2016) (2016)

Na figura 6 é possível ver as duas bombas secundárias:



Figura 6 – Bombas Secundárias
Fonte: Aatoria própria (2016) (2016)

Para o controle da temperatura da água que circula no sistema e realimentar a malha PID é utilizado o Sensor de Temperatura VF20T Honeywell, Este é um sensor de imersão 6" (152 mm, -25°C a 130°C), pode ser utilizado para o controle do ar de duto de descarga ou de retorno, ar externo, ambiente ou de imersão para líquidos, neste caso é utilizado para medição da temperatura da água gelada que circula pelo sistema, mede a temperatura da água na tubulação saída do *Chiller* e também no retorno, depois que já circulou pelas serpentinas dos *Fan Coils* de todos os andares. Este tipo de sensor pode ser definido como um componente que sofre variação em uma grandeza elétrica (resistência elétrica, corrente elétrica ou tensão elétrica) de acordo com uma outra grandeza física (som, luz, temperatura, movimento, vibração, etc.) desde que haja uma relação conhecida entre a variação elétrica e a grandeza física, são componentes de estado sólido e seu funcionamento é baseado em um efeito resistivo, o qual varia de acordo com a temperatura, são tipos de sensores onde a relação entre resistência elétrica e a temperatura são conhecida, mensuráveis e possuem uma boa tolerância e precisão. Por terem distorções na resistência elétrica devido à temperatura estes componentes também levam o nome de termistores. O termistor utilizado é do tipo NTC (*negative temperature coefficient*) de 20kOhms, é um semicondutor que tem a variação de resistência de forma inversamente proporcional, onde a resistência elétrica irá diminuir à medida que se eleva a temperatura.

No CLP ele é conectado a uma entrada analógica - AI (*Analogic In*), e varia sua corrente de 4 a 20mA de acordo com a variação da temperatura. Deverá ser especificada uma entrada analógica AI no novo CLP para cada ponto de medição com este modelo de sensor, neste caso foram identificados cinco pontos de medição.

Na figura 7, é possível ver o sensor instalado na tubulação de água gelada que circula no sistema, bem como desmontado em bancada:



Figura 7 – Sensor de Temperatura VF20T
Fonte: Aatoria própria (2016) (2016)

O sistema também utiliza a medição da Umidade relativa do ar e da temperatura externa, para isso é utilizado o Transmissor de Umidade e Temperatura RHT-WM da Novus, este é um sensor utilizado para medir o nível da umidade relativa do ar e a temperatura externa do ambiente, segundo o manual do fabricante, este modelo incorpora sensores de alta precisão e estabilidade. Os valores medidos são convertidos em sinais de saída 4 a 20 mA linearmente relacionados à suas leituras. Opcionalmente as saídas podem ser oferecidas em tensão 0 a 10 Vcc, neste sistema foi optado por este modelo, é ligado a quatro fios, sendo dois ligados a uma entrada analógica do CLP e sua tensão varia de 0 a 10V de acordo com a variação de temperatura e umidade, os outros dois fios são conectados a uma fonte de alimentação de 12Vcc.

Na figura 8, é possível ver o sensor instalado na área externa próximo ao Chiller.



Figura 8 – Sensor de Umidade e Temperatura – RHT - WM
Fonte: Aatoria própria (2016) (2016)

3.2.2 Condicionadores de Ar (*Fan Coil's*)

Os Condicionadores de Ar (*Fan Coil's*) são compostos por um ventilador de insuflamento, com controle de velocidade executado por um variador de frequência Danfoss VLT 2800, uma serpentina de água gelada e os dutos de circulação de ar pelo ambiente climatizado. Este *Fan Coil* insuflará ar para as caixas de volume de ar variável (VAV's) fazendo circular e renovar o ar do ambiente. A figura 9 ilustrada abaixo representa de forma esquemática o *Fan Coil* recebendo a água gelada e insuflando o ar resfriado para o ambiente:

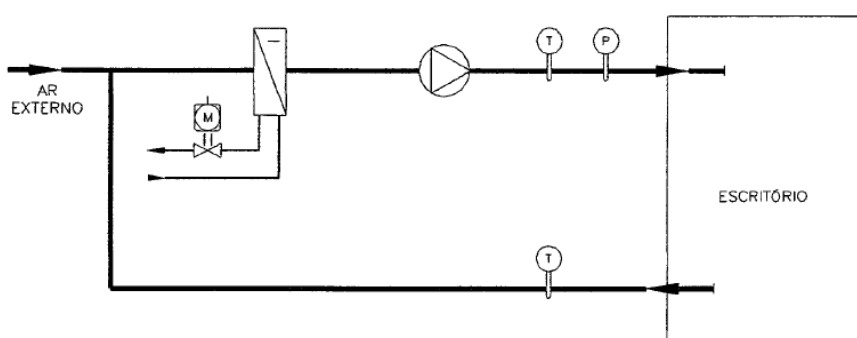


Figura 9 – Fluxograma do Circuito dos Condicionadores de Ar
Fonte: Autoria própria (2016) (2016)

As variáveis de controle são a temperatura e a pressão no duto de insuflamento. Os valores de *setpoint* de temperatura e pressão no duto serão em conformidade com o desejado em cada ambiente, assim como o horário em que é ligado ou desligado, é definido de acordo com a tabela de horário de cada departamento, pode ser alterados pelo operador no próprio supervisório.

O loop de pressão é efetuado exclusivamente pelo variador de frequência, não havendo interferência da automação e nem leitura de pressão. A automação irá apenas mandar um sinal de comando através de uma rele de 24V acionando por ele mesmo. A pressão do duto de insuflamento de ar é mantida constante através de um variador de frequência que atua diretamente na velocidade de rotação do motor do ventilador, é inversamente proporcional à pressão lida pelo próprio variador, ou seja, quando a pressão estiver baixa em relação ao seu *setpoint*, a rotação do variador será elevada e reduzida quando o inverso for verdadeiro.

Na figura 10, é possível ver no painel de comando do Fan Coil o variador de frequência Danfoss série VLT 2800 que controla a velocidade do ventilador do *Fan Coils*.



Figura 10 – Painel de Comando dos *Fan Coil*
Fonte: Aatoria própria (2016) (2016)

Os sensores de Pressão Diferencial - Setra 264 detectam a pressão diferencial ou manométrica (estática) no duto da saída de ar e convertem essa diferença de pressão em uma saída elétrica proporcional para intervalos de pressão unidirecionais ou bidirecionais. São oferecidas duas versões de saída padrão: Uma saída de tensão de 0 a 5 VDC ou uma saída de corrente de 4 a 20 mA, nesta aplicação é utilizado a saída analógica de corrente de 4 a 20 mA, é ligado a dois fios diretamente ao inversor de frequência Danfoss, atuando como uma variável de controle realimentando a malha que regula a velocidade do ventilador do *Fan Coil*.

Na figura 11, é possível ver o detalhe do sensor instalado na saída do duto de ar do *Fan Coil* para o ambiente.



Figura 11 – Sensores de Pressão Diferencial Setra 264
Fonte: Aatoria própria (2016) (2016)

O ventilador é monitorado através de um sensor de corrente instalado na saída de carga do Inversor de frequência. Caso haja uma condição anormal, um alarme é gerado no sistema de supervisão para o operador. É o Sensor de Corrente - Hawkeye 904, ele possui um microprocessador de *status* de corrente, é uma solução para o monitoramento de motores controlados por acionamentos de frequência variável substituindo a utilização de pressostatos. Basicamente possui uma bobina que ao sofrer indução magnética da corrente que circula pelo cabo elétrico a que está instalado, fecha ou abre o contato do rele de estado sólido. Não necessita de alimentação e é ligado á dois fios a uma entrada digital DI (Digital In) do CLP.

Na figura 12, é possível ver o detalhe do sensor instalado em uma das fases que alimentam o motor do ventilador e os fios que estão conectados ao CLP.



Figura 12 – Sensor de corrente - Hawkeye 904
Fonte: Autoria própria (2016)

O controle proporcional das válvulas de água gelada que circula pela serpentina deste sistema é executado em função da temperatura de insulflamento medida dentro do duto de ar, que seguirá um valor de *setpoint* para servir as varias salas simultaneamente, através das caixas de VAV e controles individuais de temperatura. A ação do controle sobre a modulação de abertura da válvula de agua gelada é feita de maneira direta: baixas temperaturas diminuem o percentual de abertura da válvula, altas temperaturas aumentam o percentual da mesma, utilizando algoritmo proporcional, integral e derivativo (PID). Para isso é utilizado o Sensor de Temperatura C7046D Honeywell. Este é um sensor termistor do tipo

PTC (positive temperature coefficient), trata-se de um semicondutor que tem a variação de resistência de forma diretamente proporcional, onde a resistência elétrica irá se elevar à medida que se eleva a temperatura. Sua construção consiste em um elemento de sensor de película fina de platina montado numa sonda. Pode ser aplicado em vários locais, em sistemas de duto de zona única e multizona. Sua resistência nominal é de 1097 ohms a 25°C e sua sensibilidade é de 3.9 ohms por °C.

No CLP ele é conectado a uma entrada analógica - AI (Analogic In), e varia sua corrente de 4 a 20mA de acordo com a variação da temperatura. Deverá ser especificada uma entrada analógica AI no novo CLP para cada ponto de medição com este modelo de sensor, neste caso foram identificados um ponto de medição na saída do duto de ar dos Fan coils para os ambientes.

Na figura 13, é possível ver o sensor instalado no duto de ar na saída do Fan Coil que circula pelos ambientes:



Figura 13 – Sensor de Temperatura – C7046D Honeywell
Fonte: Autoria própria (2016)

Após analisado o sinal da temperatura, de acordo com a malha de controle, é aberta ou fechada proporcionalmente à válvula que regula a quantidade de água que passa pela serpentina, esta atuação é feita por meio de um Atuador Proporcional ML7984 – Honeywell, esta é basicamente uma Válvula de Controle pois, são atuadores lineares com linkage integrado e estão diretamente acoplados às válvulas Honeywell de 3 vias V5013, permitem um deslocamento de até 19 mm (3/4”). Este equipamento possui um circuito eletrônico em estado sólido e através de uma parte móvel abre, obstrui ou regula a passagem de fluido através da tubulação. Seu objetivo principal é a variação do fluxo de acordo com a malha de controle, essa

obstrução pode ser parcial ou total, manual ou automática dependendo do valor de temperatura desejado para o ambiente.

Nesta aplicação é empregado na tubulação de água gelada, instalada na entrada do Fan Coil, tem a função de controlar a quantidade percentual de água que circula de água da serpentina, atuando diretamente na malha de controle da temperatura do ambiente.

É ligada a quatro fios, sendo dois fios para a alimentação elétrica de 24VAC e dois fios para sinal, variando de 0 a 10 VCC, é ligado a uma saída analógica AO (Analogic Out) do CLP.

Na figura 14, é possível ver o sensor instalado na tubulação de água gelada que chega no *Fan Coil*.



Figura 14 – Atuador Proporcional ML7984 - Honeywell
Fonte: Autoria própria (2016)

3.2.3 Caixa de Volume de Ar Variável (VAV)

A Caixa de Volume de Ar Variável faz o controle fluxo ar no ambiente de forma individualizada e pontual. Os valores de vazão máxima e mínima são definidos conforme projeto de ar condicionado. O controle individual de temperatura é feito através das caixas VAV, cada qual com sua própria controladora que atua sobre o damper. O controlador mantém uma vazão de ar de acordo com a necessidade verificada pela monitoração da temperatura ambiente, para se garantir que a temperatura fique dentro da faixa de controle especificada. O Controlador da

abertura do damper é o XL10 da Honeywell, conectado em uma rede Lon Work a dois fios a uma interface RS485 diretamente ao servidor.

A figura 15 ilustra o funcionamento da caixa de volume de ar variável (VAV):

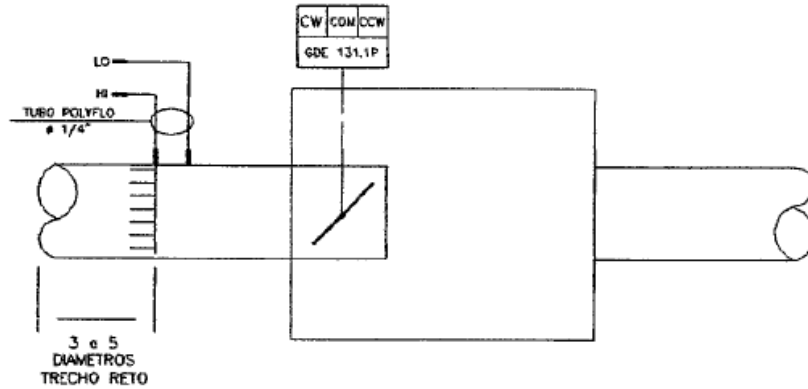


Figura 15 – Caixas de Volume de Ar Variável
Fonte: Autoria própria (2016)

Na figura 16, é possível ver o controlador XL10 da Caixa de Volume de Ar Variável conectado mecanicamente direto no eixo de movimentação de abertura e fechamento da passagem de ar pelos dutos do sistema do *Fan Coils*:



Figura 16 – Controladora da Caixa de Volume de Ar Variável
Fonte: Autoria própria (2016)

3.3 SUBSISTEMA - ELÉTRICA

O Subsistema Elétrica monitora as grandezas elétricas dos transformadores da entrada de energia da concessionária e grupo motor gerador á diesel, controla os sistemas de iluminação e os quadros de distribuição de energia.

3.3.1 Monitoramento do *Status* dos Disjuntores

Os disjuntores de MT e BT pertencentes ao Cubículo de entrada e os quadros de baixa tensão são apenas monitorados pelo sistema de Supervisão Predial. Os pontos monitorados são:

- Estado do Disjuntor Geral
- Estado das Chaves Seccionadoras
- Alarme de Temperatura dos transformadores
- Tensão no Barramento Principal
- Comando de Desligamento dos Disjuntores de Entrada
- Medição de Energia Ativa

Na sala da Subestação, além do gerador Diesel existem dois transformadores particulares abrigados de 13.8kV, estes transformadores possuem dois painéis elétricos com seus respectivos barramentos, cabeamentos e proteções elétricas, que não é o objetivo deste trabalho. Em relação à automação, é feito o monitoramento do *Status* dos disjuntores, o modelo é utilizado o Disjuntor DW 800NA – WEG, eles são equipados com Blocos de Contato Auxiliar e Alarme e seu Contato Auxiliar BC, que sinaliza a posição aberto e fechado dos contatos principais, tipo reversor (1 NAF), é ligado á dois fios em uma entrada Digital DI (Digital In) do CLP.

Na figura 17, é possível ver o cabo do sinal BC saindo lateralmente ao disjuntor e ligado aos bornes dos fios que estão conectados ao CLP para monitorar seu status de ligado ou desligado, nos demais circuitos de toda a instalação também é usado esse contato para a mesma finalidade de verificação de *status* do disjuntor.



Figura 17 – Disjuntor DW 800NA - Weg
Fonte: Aatoria própria (2016)

3.3.2 Medição de Energia

Para a medição das grandezas elétricas é utilizado o Transdutor MKM-01 – KRON, ele é um equipamento nacional, fabricado por uma empresa genuinamente brasileira, o MKM-01 é um instrumento digital microprocessado que permite a medição de até 33 parâmetros elétricos em sistema de corrente alternada (CA). Segundo o fabricante, por meio dos sinais de tensão e corrente do sistema a ser medido ele calcula os parâmetros elétricos, utilizando um conversor A/D interno de alta resolução e com 64 amostras por ciclo. Pode ser aplicado tanto em sistemas de baixa quanto de média ou alta tensão, uma vez que é possível programar a relação do TP (transformador de potencial) ou TC (transformador de corrente) envolvidos na medição. Nesta aplicação é utilizado para o monitoramento das grandezas elétricas dos transformadores da entrada de energia, tais como:

- Tensão fase-fase (delta) ou fase-neutro (estrela)
- Frequência
- Corrente (por fase e trifásica)
- Potência ativa (por fase e trifásica)
- Potência reativa (por fase e trifásica)
- Potência aparente (por fase e trifásica)
- Fator de Potência (por fase e trifásico)
- Demanda ativa (média e máxima) - opcional
- Demanda aparente (média e máxima) - opcional
- Energia ativa (positiva e negativa)
- Energia reativa (positiva e negativa)

De acordo com o manual do fabricante, a precisão das medições são as seguintes:

- Tensão, corrente, potências: 0,5%*
- Freqüência: 0,1 Hz
- Fator de potência: 0,5%*
- Energia: 1%

* A precisão se refere a fundo de escala (a 25° C, respeitadas as faixas recomendadas para tensão e corrente)

Na figura 18, é possível ver o transdutor instalado no painel elétrico, com seus bornes recebendo os fios dos TCs e TPs, o cabo de comunicação blindado e a alimentação 220VAC a dois fio:



Figura 18 – Transdutor MKM-01 - KRON
Fonte: Aatoria própria (2016)

Na figura 19, é possível ver os TCs e TPs instalados junto aos cabos de alimentação do painel elétrico.



Figura 19 – TCs e TPs no Painel Elétrico - KRON
Fonte: Aatoria própria (2016)

A sua ligação elétrica está de acordo com o diagrama elétrico apresentado na figura 20 abaixo:

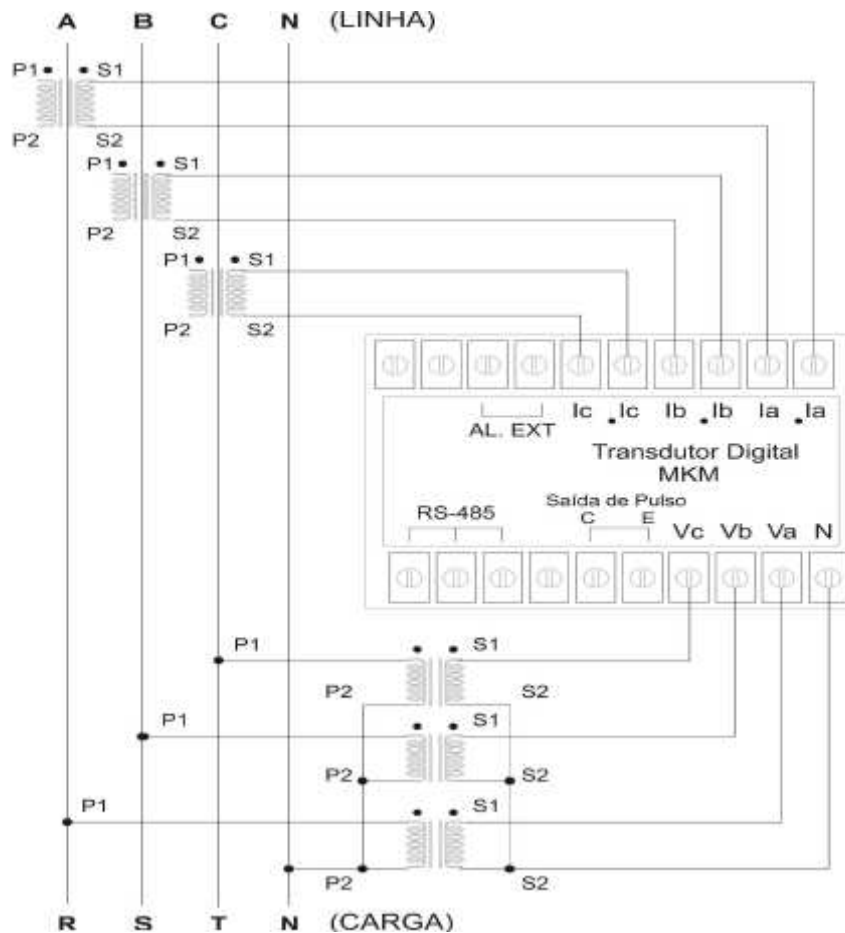


Figura 20 – Esquemas de Ligação Trifásico Estrela (3F + N)
Fonte: Ficha Técnica – k0009

Nesta aplicação o Transdutor MKM-01 é conectado diretamente ao servidor por uma rede MODBUS, a dois fios, conectado através de uma interface RS-485. O Software para leitura e parametrização é fornecido gratuitamente pela KRON, é compatível com aplicativos supervisórios, CLPs e concentradores que suportam o protocolo MODBUS-RTU.

3.3.3 Gerador a Diesel

O grupo motor gerador Diesel GMG funciona de forma automática e autônoma sendo apenas monitorado pela automação, possui quadro de comando e lógica de

funcionamento próprio, tendo com a automação apenas pontos de supervisão de *status* ligados às entradas digitais DI (*Digital In*) do CLP. Possui em seu reservatório de combustível a chave de Nível Série 010 – Nivetec, é do tipo chave bóia magnética, consiste no livre movimento de uma boia magnética em um tubo guia, de acordo com a variação que ocorre com o nível do líquido. No interior deste tubo guia encontra-se sensores magnéticos (*reed switches*) posicionados em locais predeterminados para indicar um determinado nível e que são acionados pela passagem da boia. Neste caso especificamente, foi utilizada no tanque de óleo diesel do gerador, foram configuradas duas posições, sendo uma para nível alto e uma para nível baixo, gerando um alarme ao operador quando houver a necessidade de reabastecimento. A ligação é feita a 4 fios, sendo conectados ao contato seco NA das duas posições e á duas entradas digitais DI no CLP.

Na figura 21, é possível ver os detalhes de instalação da chave de nível Série 010.



Figura 21 – Chave de Nível Série 010 - Nivetec
Fonte: Autoria própria (2016)

3.4 SUBSISTEMA - UTILIDADES

O Subsistema Utilidades monitora e supervisiona os sistemas não controlados pela automação, sendo o sistema de água potável e Sistema de Incêndio.

3.4.1 Bombas de Recalque

No sistema de bombas de recalque os níveis dos reservatórios superiores são supervisionados através de três sensores de nível do tipo boia magnética que indica a percentagem de cada cela, sendo nível baixo, médio ou alto. O sinal destas boias

estão conectados a dois fios á entradas digitais DI do CLP, haverá a indicação de alarme ao operador toda vez que a água atingir o nível baixo, indicando que os reservatórios estão sem agua ou se atingir o nível mais alto, indicando um possível extravasamento de agua. Também é possível efetuar o comando de Liga/desliga das bombas através da saída digital DO do CLP ligada a dois fios com a bobina de acionamento do contactor de partida da desta.

Na figura 22, é possível ver os detalhes dos reservatórios de água potável que abastece todo o edifício:

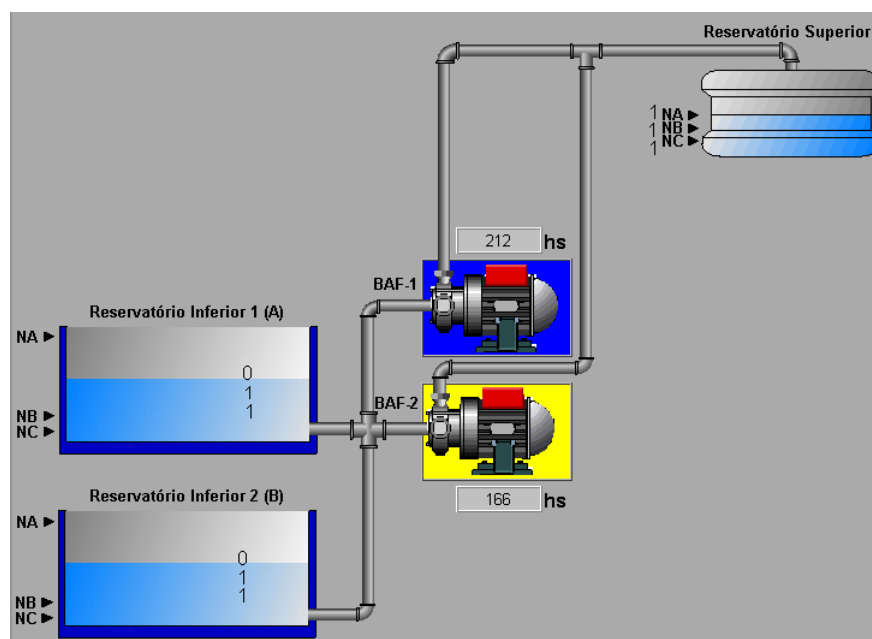


Figura 22 – Sistema de bombas e reservatórios de água potável
Fonte: Autoria própria (2016)

3.4.2 Sistema de Incêndio

O edifício possui uma central de incêndio EST equipada com sensores de detecção de incêndio, sirenes, lâmpadas flash e botoeiras de acionamento manual, bem como sistema de hidrantes, porém seu detalhamento não fazem parte deste estudo, o que é supervisionado pelo software de supervisão é o *status* dos sistema de incêndio por área. Através da ligação a dois fios do módulo de relé de controle SIGA-CR á uma entrada digital DI do CLP, este modulo é um dispositivo auxiliar da central de incêndio EST, é endereçável e utilizado para fornecer um contato de relé seco para controlar Aparelhos (fechos de portas, Amortecedores, etc.) ou equipamentos para desligar. Fisicamente está conectado ao laço de comunicação

dos sensores de incêndio e faz a interface com o CLP por uma entrada digital DI. Gera um alarme para o operador e desliga os circuitos elétricos do andar onde dispara o alarme de incêndio.

Na figura 23, é possível ver os detalhes de instalação do módulo de relé no painel do CLP.



Figura 23 – Módulo de Relé de Controle SIGA-CR
Fonte: Autoria própria (2016)

Na figura 24, é possível ver o detalhe de exibição da área onde atuar o alarme de incêndio na tela do supervisório, lembrando que a central de incêndio possui Painel Sinótico próprio na sala de automação e outro na recepção do edifício.








Estado	Pavimento
Ok 	Subsolo
Ok 	Térreo
Ok 	1º Pav.
Ok 	2º Pav.
Ok 	3º Pav.
Ok 	Ático
Ok 	Subestação/C.A.G.

Figura 24 – Tela de Alarme de Incêndio
Fonte: Autoria própria (2016)

4 NOVO SISTEMA DE AUTOMAÇÃO PROPOSTO

Neste capítulo será apresentada a sugestão das alterações e substituições necessárias para atualizar o sistema com o menor custo possível, foi levado em consideração os testes de campo que mostraram o bom funcionamento do sistema no modo manual, porém este modo demanda que um operador de comandos via painel para ligar ou desligar o sistema, perdendo funções automáticas importantes, inclusive funções que economizam energia elétrica.

4.1 SUBSTITUIÇÃO DO CLP

Para modernizar o sistema, restabelecendo seu bom funcionamento e ainda promover uma economia de energia, otimizando seu funcionamento, não será necessário a troca de todos os seus componentes. Após avaliar e testar todos os itens de controle, a sugestão é trocar as controladoras CLP XL100 da Honeywell por controladoras SIMATIC S7-1200 da Siemens, este controlador é compacto e modular, permitindo ser dimensionado de acordo com cada parte do sistema.

A rede escolhida para este projeto foi a PROFINET. Onde Cada item desta rede terá uma inteligência local, este permanecerá em funcionamento mesmo em caso de falha no cabo ou falha em algum outro componente da rede. É a rede industrial mais avançada atualmente, possui alta flexibilidade e velocidade de comunicação.

Na figura 25 é representada a conexão dos CLPs á mesma rede Lan TCP/IP:

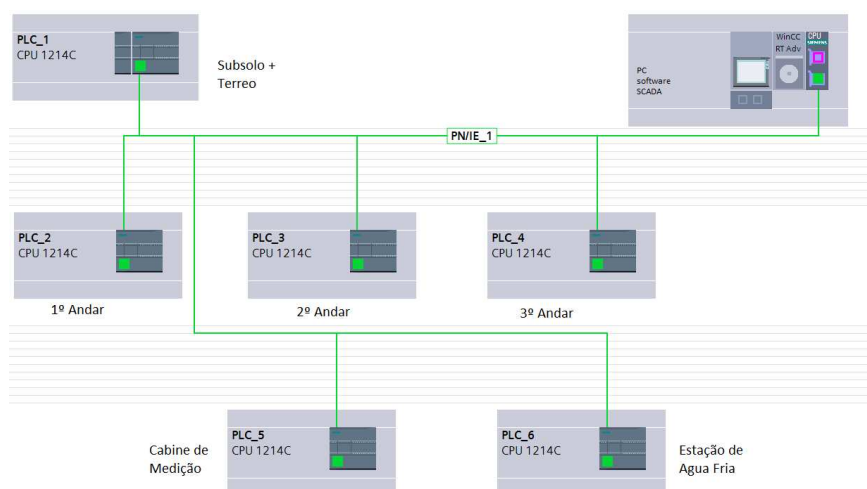


Figura 25 – Diagrama Esquemático da comunicação TCP/IP
Fonte: Autoria própria (2016)

A Siemens atualmente é umas das maiores empresas de automação industrial do mundo. Assim, com estes novos equipamentos os serviços de manutenção não ficarão restritos a uma única empresa, por exemplo, poderão contratar diversos profissionais e empresas do segmento de automação que possuem conhecimento técnico com estes controladores.

Os controladores são extremamente resistentes, já que são projetados para o ambiente industrial. São compatíveis com diversos outros equipamentos de outras marcas e de diversos outros protocolos.

Na figura 26, é possível ver o detalhe da montagem modular do CLP S7-1200, de acordo com a quantidade de acessórios necessários, encaixa-se um modulo ao outro.



Figura 26 – CLP SIMATIC S7-1200
Fonte: Siemens (2016)

Após definir o tipo de comunicação, o próximo quesito para dimensionar o CLP é o número de portas lógicas (I/Os), de acordo com o sistema já existentes, foram definidos os pontos de acordo com a Tabela 1 - Lista de pontos (I/Os) do CLP abaixo:

Tabela 1 – Lista de pontos (I/Os) do CLP

Local	AI	AO	DI	DO
CLP subsolo e térreo	12	21	12	10
CLP 1° Pavimento	8	12	6	6
CLP 2° Pavimento	11	12	6	6
CLP 3° Pavimento	12	12	6	6
CLP SALA DO GERADOR	4	6	6	6
CLP CAG	6	6	36	12

Fonte: Aatoria própria (2016) (2016)

4.2 READEQUAÇÃO DOS PAINÉIS DA AUTOMAÇÃO

As controladoras XL100 estão instaladas sobre trilho DIN, o CLP S7-1200 será instalado no mesmo local do painel, aproveitando o mesmo trilho e as mesmas ligações dos fios aos reles e demais acessórios e proteções já existentes. Na figura 27 é possível ver os detalhes de instalação do painel do subsolo, onde ficam instaladas os CLPs do subsolo e térreo, na nova configuração será necessário apenas um CLP S7-1200 neste painel.



Figura 27 – Painel da Automação do Subsolo
Fonte: Autoria própria (2016) (2016)

Os painéis da automação estão instalados nos seguintes locais:

- Subsolo – (01 CLP S7-1200)
- CLP 1º Pavimento – (01 CLP S7-1200)
- CLP 2º Pavimento – (01 CLP S7-1200)
- CLP 3º Pavimento – (01 CLP S7-1200)
- CLP SALA DO GERADOR – (01 CLP S7-1200)
- CLP CAG – (01 CLP S7-1200)

Nos painéis de comando elétrico não haverá mudança na operação Local/Manual dos sistemas. Serão mantidos os padrões e interfaces eletromecânicas da operação do sistema.

4.3 O SOFTWARE DE SUPERVISÃO

A solução de *software* sugerida é o Elipse E3, é um sistema de supervisão e controle de processos desenvolvido para atender os atuais requisitos de conectividade, flexibilidade e confiabilidade, sendo ideal para uso em sistemas críticos. Baseado em padrões abertos de mercado, como TCP/IP, XML, OPC, SQL, entre outros.

De acordo com sua proposta, o E3 é totalmente orientado para a operação em rede e para aplicações distribuídas, oferece um novo e avançado modelo de objetos, uma poderosa interface gráfica, e uma nova e exclusiva arquitetura que permite o desenvolvimento rápido de aplicações e o máximo de conectividade a vários equipamentos e outras aplicações. Também incorpora as mais recentes tecnologias de desenvolvimento de software, maximizando o desempenho e a produtividade, otimizando a qualidade de suas aplicações e seu processo de desenvolvimento, além de minimizar custos e perdas.

Na figura 28 é apresentado um modelo de arquitetura de funcionamento do E3 com os sistemas integrados por ele.

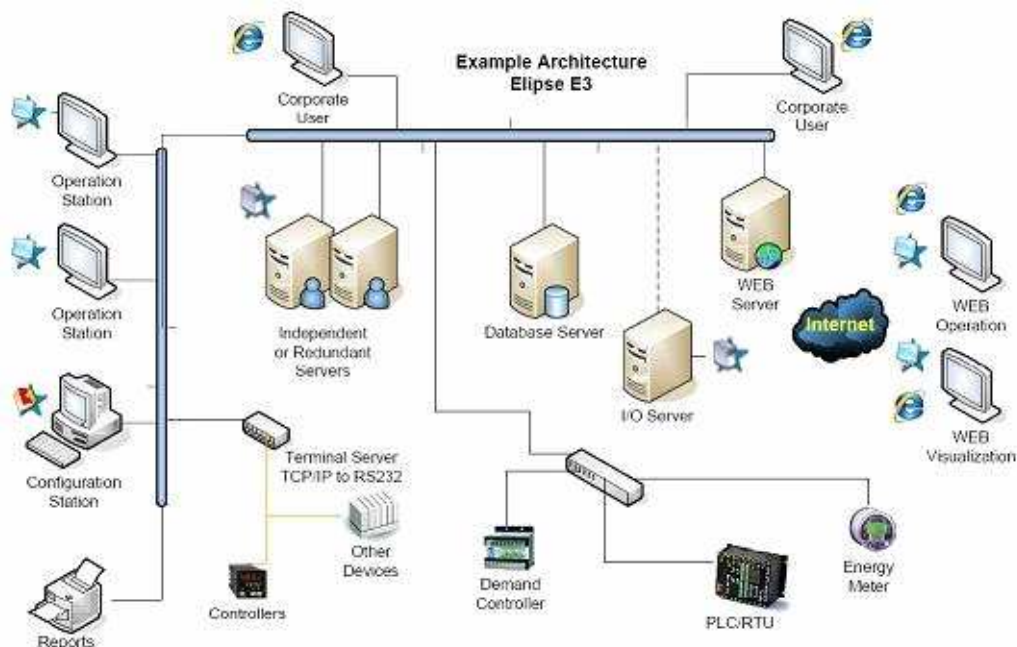


Figura 28 – Exemplo de arquitetura do E3
Fonte: Elipse (2016)

As telas do supervisório anterior serão utilizadas como modelo para a elaboração das novas telas, com alguma melhorias, principalmente melhoramento da interface gráfica das telas do supervisório, diminuindo a quantidade de telas e otimizando os comandos. Também utilizando a tela de alarmes no rodapé das páginas, para a rápida ciência e reconhecimento do operador. Também o software Elipse E3 permite a possibilidade futura de integrar o sistema com o Elipse Mobile, que é uma plataforma móvel para integração com sistemas de automação, possibilitando monitorar indicadores e comandar equipamentos do seu processo remotamente, através de smartphone ou tablets, via internet.

Na figura 29 é apresentado um modelo de tela importada para o E3.

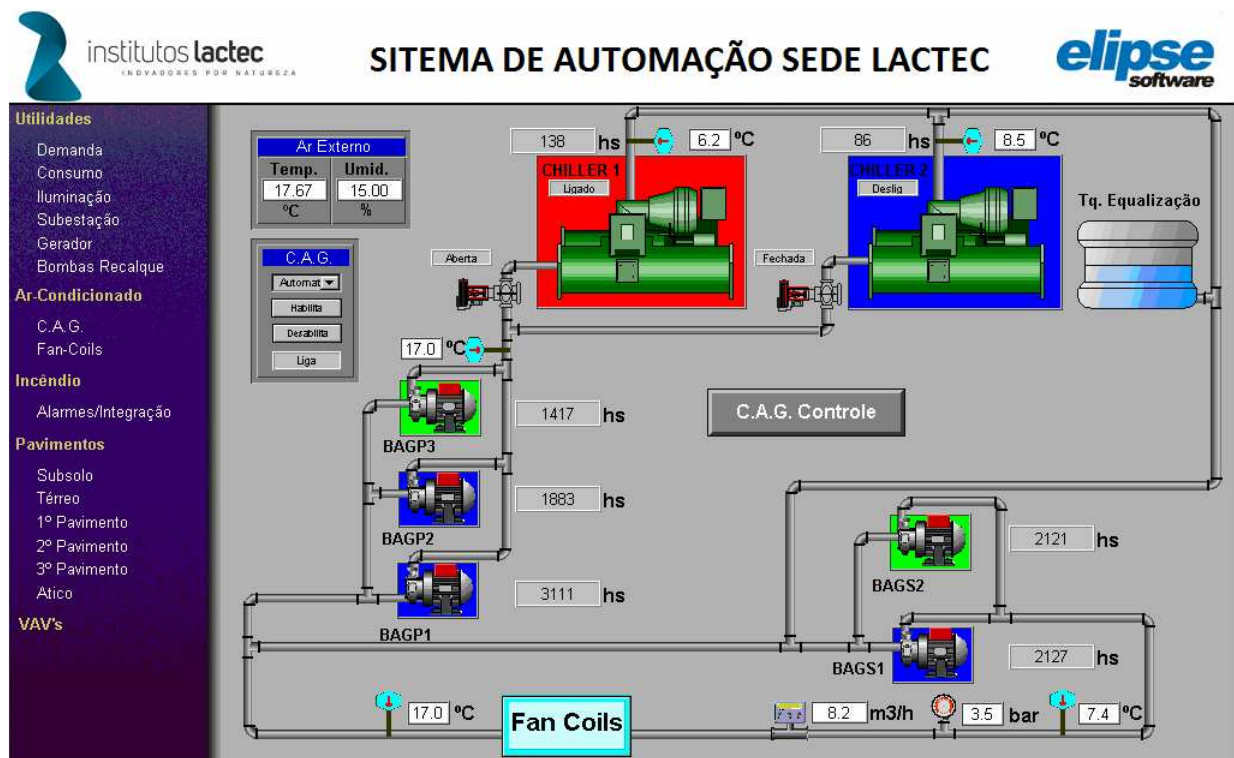


Figura 29 – Tela Central de Água Gelada
Fonte: Autoria própria (2016) (2016)

4.4 CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO

O valor estimado para o investimento para o *retrofit* do sistema ficou em **R\$ 137.443,24** ou seja, menos de um terço do valor estimado para troca total do sistema. Abaixo estão apresentados os valores discriminados de cada item, porém .

4.4.1 Custo dos Equipamentos

Na Tabela 2 estão os valores para a compra dos CLPs, os demais itens serão aproveitados.

Tabela 2 – Preços dos CLPs

Item	Descrição	Local	Preço
1	CLP Siemens S7 1200	SUBSOLO E TERREO	13.700,87
2	CLP Siemens S7 1200	1º ANDAR	12.273,67
3	CLP Siemens S7 1200	2º ANDAR	13.700,87
4	CLP Siemens S7 1200	3º ANDAR	11.138,22
5	CLP Siemens S7 1200	GERADOR	6.465,98
6	CLP Siemens S7 1200	CAG	9.716,82
	Total		66.996,43

Fonte: Autoria própria (2016) (2016)

4.4.2 Custo das Licenças de Software

Na Tabela 3 estão os valores para a compra da licença do *software* Elipse E3 e dos *Drivers* de comunicação para a integração do CLP S7-1200 com o *software* E3.

Tabela 3 – Preços do Software e Licenças

Qde	Descrição	Preço unitário	ICMS	Valor Final
1	E3 Lite Master 750 V4.0	R\$10.740,00	R\$ 685,53	R\$11.425,53
1	Driver Siemens M-Prot (PPI, MPI)	R\$1.400,00	R\$ 89,36	R\$1.489,36
6	Driver Siemens M-Prot (connection)	R\$ 240,00	R\$ 15,32	R\$1.531,92
	Total			R\$14.446,81

Fonte: Autoria própria (2016) (2016)

4.4.3 Contratação da Mão de obra

Na Tabela 4 estão os valores para a mão de obra para a execução da atualização tecnológica de todo o sistema, foram estimadas 700 horas/homem de trabalho, foi calculado o valor de R\$80,00 por hora/homem.

Tabela 4 – Preços da Mão de Obra

Qde	Descrição	Valor Final
400 hs	Substituição dos CLPs e readequação dos Painéis	R\$32.000,00
200 hs	Desenvolvimento das telas do Supervisório E3	R\$16.000,00
100 hs	Comissionamento e treinamento dos operadores do sistema	R\$8.000,00
Total		R\$56.000,00

Fonte: Autoria própria (2016) (2016)

5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

No início deste trabalho, acreditava-se que apenas substituindo o software de supervisão já resolveria o problema, porém o custo pra desenvolver o *driver* de comunicação entre o E3 e a controladora XL 100 da Honeywell seria muito alto, o que levou a alternativa de trocar por CLP S7-1200 da Siemens. A demanda de trabalho de campo foi grande, porém proporcionou um aproveitamento maior dos conhecimentos e informações recebidas durante o curso CEAUT. A seguir, serão apresentados alguns resultados alcançados durante a pesquisa.

5.1 O DIAGNÓSTICO DO SISTEMA

Durante os testes do sistema, toda a operação foi passada para manual e as malhas de controle funcionaram normalmente, o que demonstrou que os acionadores e sensores estão funcionando corretamente, uma vez que as malhas de controle dos diferentes sistemas também funcionaram. Por isso a opção de se aproveitar o máximo de equipamentos existente se mostrou uma questão importante no quesito economia. A escolha do CLP Siemens também foi reforçada pelo grande número de fornecedores e distribuidores disponíveis no mercado, o que transmite uma segurança em relação ao suporte técnico de fácil acesso. Os valores apresentados também foram fator com uma boa aceitação pelo Lactec.

5.2 O SOFTWARE ELIPSE E3

A escolha do *Software* Elipse E3 proporcionou um importante contato comercial e criou um relacionamento profissional com a empresa. A Elipse ofereceu todo o suporte técnico necessário, bem como o treinamento gratuito para os módulos Desenvolvedor e Avançado do Elipse E3. O que proporcionou um complemento e um aprimoramento dos conhecimentos recebidos na disciplina de Sistema de Supervisão.

5.3 A EXPERIENCIA PESSOAL

A escolha do tema proporcionou um contato direto com um sistema de automação completo, com malhas de controle, instrumentação, atuadores, sensores, redes de comunicação e *software*. A oportunidade foi muito especial e na prática, complementou o curso ao ponto de constituir a empresa Claudiano Automação Industrial em 2016, sob o CNPJ 25.139.394/0001-94, estabelecida em Curitiba e já prestando serviços na área.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise do sistema existente, com o mapeamento dos pontos, malhas de controle e suas peculiaridades, como foi feito, não é uma prática usual praticada no mercado, a não ser em sistemas críticos onde não seja possível a parada da planta ou o seu custo seja muito elevado, justificando o número excessivo de horas empregadas.

Os conhecimentos aplicados envolveram as disciplinas trabalhadas durante todo o curso, desde os conhecimentos dos materiais utilizados, os tipos de redes e comunicação aplicados, a instrumentação, os métodos de controle e comandos e por fim a supervisão e a integração com o operador através do software de supervisão a ser desenvolvido.

Para uma melhoria futura possíveis para este sistema, fica a sugestão de integração com a rede IP na nuvem, possibilitando o acesso remoto ao supervisor, bem como o acesso móvel por smartphone ou tablets, seguindo a tendência da internet das coisas e da Indústria 4.0.

Os conceitos e conhecimentos adquiridos no curso CEAUT mostram seguramente que ao concluir o curso, o especialista está apto a executar o que proposto neste trabalho, analisar e diagnosticar um sistema existente, executar um projeto de automação industrial de um processo produtivo ou de supervisão e controle.

A solução proposta por este estudo foi aprovada e já foi incluída na previsão orçamentária para 2017 para sua execução.

REFERÊNCIAS

BAU, Yves R. **Modernização na automação de uma prensa para fechamento de rolos de lixa**. 2012. 76 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Tecnologia em Mecatrônica Industrial), Departamentos Acadêmicos de Eletrônica e Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2013.

Elipse, **Como o Elipse E3 funciona**, 2014. Disponível em <<http://kb.elipse.com.br/pt-br/questions/2/Como+o+Elipse+E3+funciona.>>. Acesso em: 13 Jul 2016.

Honeywell, **System Overview Excel 100/500/600 Controlles**, 2002 Disponível em <<https://customer.honeywell.com/resources/Techlit/TechLitDocuments/74-0000s/74-3563.pdf>>. Acesso em: 24 Jun 2016.

UTFPR, **Normas para elaboração de trabalhos acadêmicos**, 2008. Disponível em <http://www.utfpr.edu.br/dibib/normas-para-elaboracao-de-trabalhos-academicos/normas_trabalhos_utfpr.pdf>. Acesso em: 20 Jul 2016.

Honeywell, **Catalogo de Produtos 2013/2014**, 2012. Disponível em <http://sistemastermicos.com.br/wa_files/Honeywell_Catalogo_HVAC.pdf>. Acesso em: 26 Ago 2016.

Siemens, **Descritivo SIMATIC S7-1200**, 2009. Disponível em <https://www.atec.pt/images/stories/eventos/2010/sales_presentation_pt.pdf>. Acesso em: 20 Ago 2016.

Danfoss, **Manual do Inversor de Frequência**, MG.27.A1.28. Disponível em <<http://pt.slideshare.net/augustocampos1656/manual-vlt2800-port>>. Acesso em: 10 Set 2016.

Kron, **Ficha Técnica do Transdutor MKM-01**, 2013. Disponível em <<http://www.kron.com.br/br/produto-15-mkm-01-consultar-linha-de-produtos-mult-k>>. Acesso em: 18 Nov 2016.

NIVITEC, **Manual de Instruções Série 010**, 2000. Disponível em <<http://www.nivetec.com.br/docs/manual/manual010.pdf>>. Acesso em: 12 Dez 2016.