

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ – UTFPR
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA – DAELT
CURSOS SUPERIORES DE TECNOLOGIA EM AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL E
TECNOLOGIA EM ELETROTÉCNICA

BRUNO LUIZ ROGERIO
ROBERTO CARLOS FERRAZ

**PROJETO DE AUTOMAÇÃO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES
EM BERTIOGA – SÃO PAULO**

CURITIBA

2014

BRUNO LUIZ ROGERIO
ROBERTO CARLOS FERRAZ

**PROJETO DE AUTOMAÇÃO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES
EM BERTIOGA – SÃO PAULO**

Trabalho de Conclusão de Graduação dos Cursos Superiores de Tecnologia em Automação Industrial e Tecnologia em Eletrotécnica, Modalidade Automação Industrial do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica – DAELT – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR.
Orientador: Prof. Me. Daniel Balieiro Silva.

CURITIBA

2014

BRUNO LUIZ ROGERIO

**PROJETO DE AUTOMAÇÃO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO
DE EFLUENTES EM BERTIOGA – SÃO PAULO**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado e aprovado como requisito parcial para a obtenção do Título de **Tecnólogo em Automação Industrial**, do **Curso Superior de Tecnologia em Automação Industrial** da **Universidade Tecnológica Federal do Paraná**.

Curitiba, 03 de junho de 2014

Prof. José da Silva Maia, M.Sc.
Coordenador de Curso
Departamento Acadêmico de Eletrotécnica

Prof. Rafael Fontes Souto, M.Sc.
Responsável pelo Trabalho de Diplomação da Tecnologia
Departamento Acadêmico de Eletrotécnica

BANCA EXAMINADORA

Prof. Vilmair Ermenio Wirmond, M.Sc.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Daniel Balieiro Silva , M.Sc.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Orientador

Prof. José da Silva Maia, M.Sc.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Marco Antonio Buseti de Paula, D.Sc.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

ROBERTO CARLOS FERRAZ

**PROJETO DE AUTOMAÇÃO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO
DE EFLUENTES EM BERTIOGA – SÃO PAULO**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado e aprovado como requisito parcial para a obtenção do Título de **Tecnólogo em Eletrotécnica**, Modalidade Automação Industrial, do **Curso Superior de Tecnologia em Eletrotécnica**, Modalidade Automação Industrial da **Universidade Tecnológica Federal do Paraná**.

Curitiba, 03 de junho de 2014

Prof. José da Silva Maia, M.Sc.
Coordenador de Curso
Departamento Acadêmico de Eletrotécnica

Prof. Rafael Fontes Souto, M.Sc.
Responsável pelo Trabalho de Diplomação da Tecnologia
Departamento Acadêmico de Eletrotécnica

BANCA EXAMINADORA

Prof. Vilmair Ermenio Wirmond, M.Sc.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Daniel Balieiro Silva, M.Sc.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Orientador

Prof. José da Silva Maia, M.Sc.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Marco Antonio Buseti de Paula, D.Sc.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

AGRADECIMENTOS

A minha esposa Laura que me acompanhou e ajudou nos momentos mais difíceis desde o início do curso até a conclusão deste trabalho.

Aos meus pais pelo incentivo na minha educação e que juntos com minha irmã são o alicerce fundamental da minha família.

Aos meus empregadores da Força Total Engenharia Elétrica, Ironi e Rosana, que permitiram a utilização dos dados e recursos da empresa neste projeto.

Aos meus familiares e amigos, pelo apoio e principalmente paciência ao longo do período de graduação.

Ao orientador, Prof^o Me. Daniel Balieiro e ao coordenador do curso, Prof^o Me. José da Silva Maia, pela tranquilidade, paciência e suporte nos momentos decisivos do desenvolvimento deste trabalho.

Aos professores examinadores desta banca pela compreensão e oportunidade.

Aos profissionais que também atuaram neste projeto agradeço pelos ensinamentos práticos e técnicos nas várias áreas da engenharia.

Bruno L. Rogerio

AGRADECIMENTOS

Agradeço a meus pais por mostrarem, lá no início, a importância dos estudos.

A minha esposa pelo apoio, dedicação, incentivo e companheirismo nos momentos mais difíceis.

A meus filhos, pela compreensão de todos os momentos de minha ausência.

Aos colegas e professores que tanto me ajudaram a vencer cada etapa.

Agradeço a Deus que os colocou em minha vida, sabendo que necessitaria de cada um nesta jornada.

Roberto Carlos Ferraz

RESUMO

Rogério, Bruno Luiz e Ferraz, Roberto Carlos. **Projeto de Automação da Estação de Tratamento de Efluente em Bertioga – São Paulo** – Tecnologia em Automação Industrial e Tecnologia em Eletrotécnica - Modalidade Automação Industrial, UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

A preocupação com o saneamento e o tratamento dos dejetos ao longo da história esteve na maioria das vezes relacionada à transmissão de doenças e à poluição do meio ambiente. Com o aumento exponencial da população e das indústrias (principalmente de grande porte) houve um aumento no consumo e, conseqüentemente, na produção dos dejetos. A história apresenta leis e normas que foram criadas a partir das últimas décadas para regularizar o tratamento da água e dos efluentes, a canalização de esgotos domésticos e industriais, a criação de estações de tratamento de esgotos (ETE's) e a preservação do meio ambiente. Este trabalho tem como finalidade apresentar, através de revisão bibliográfica, os processos e meios de tratamento de efluentes, além de descrever a automatização dos processos e integração de equipamentos de uma obra de grande porte realizada na ETE Bertioga. Inicialmente foram apresentados dados históricos relacionados à poluição das águas, às leis regulamentadoras e à gestão ambiental. Em seguida foram descritos os tipos de tratamentos de efluentes existentes, conceitos sobre automação, equipamentos e instrumentos utilizados, execução e finalização da obra da ETE Bertioga.

Palavras-chave: Automação. Rede e Protocolos Industriais. Estação de Tratamento de Efluentes. Sistema de Supervisão. Processos de tratamentos de esgotos.

ABSTRACT

Rogério, Bruno Luiz and Ferraz, Roberto Carlos. **Project to Automate a Wastewater Treatment Plant in Bertioga, São Paulo.** Industrial Automation Technology and Electrotechnical Technology - Modality Industrial Automation, UTFPR, Federal Technological University of Paraná.

Concern with sanitation and sewage treatment throughout history has usually been related to the transmission of disease and pollution of the environment. As the population and the number of companies (particularly large ones) has grown exponentially, so there has been a corresponding increase in consumption and, hence, sewage production. Over the years a range of laws and standards have been created governing the treatment of water and sewage, the piping systems used for domestic and industrial sewage, the development of wastewater treatment plants (WWTPs) and the preservation of the environment. The aim of this study was to describe, by means of a literature review, the different ways in which wastewater can be treated and the processes used for this purpose, as well as the automation of processes and integration of equipment in a major project undertaken at Bertioga WWTP. First, we present historical data on water pollution, the laws governing this area and environmental management. Then we describe existing methods of wastewater treatment and the automated systems, equipment and instruments used for this purpose. Finally, we discuss how the project in Bertioga WWTP was implemented and completed.

Keywords: Automation. Industrial Networks and Protocols. Wastewater Treatment Plant. Supervisory System. Sewage Treatment Processes.

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1 - Vista frontal dos dois conjuntos que compõem o pré-tratamento do afluyente	61
Fotografia 2 - Vista lateral do pré-tratamento. A caçamba do lado esquerdo recebe os sólidos grosseiros e a do direito areia	62
Fotografia 3 - Medidor de vazão de entrada de esgoto	63
Fotografia 4 - Calha Parshall com medidor ultrassônico instalado	63
Fotografia 5 - Comportas de entrada do efluente bruto. a esquerda VEP-01 para os tanques 4.1 e 4.2 e a direita a VEP-02 para os tanques 4.3 e 4.4	65
Fotografia 6 - Tanque de aeração 4.3	65
Fotografia 7 - Comporta de entrada VEP- 06 do tanque 4.4	66
Fotografia 8 - Válvula VEP- 12 de descarte de efluente do tanque 4.2	67
Fotografia 9 - Aerador AER – 4.3A	68
Fotografia 10 - Eletrônica do analisador de oxigênio dissolvido dos tanques 4.1 e 4.2	69
Fotografia 11 - Misturador MIX-4.2A com visto do fundo do tanque 4.2 assoreado	70
Fotografia 12 - Caixa de válvulas de primeira água	76
Fotografia 13 - Bombas de lodo e painel comando ao fundo	77
Fotografia 14 - Tanque de câmaras de contato. Ao fundo no lado esquerdo as bombas de arraste de cloro (BDA-01 e BDA-02) e do lado direito a VEP-17	78
Fotografia 15 - Analisador de cloro livre	79
Fotografia 16 - Montagem do bulbo com o sensor de cloro, analisador de cloro livre e bomba de acido clorídrico	79
Fotografia 17 - Vista interna do Adensador 03	80
Fotografia 18 - Tanque de lodo adensado	81
Fotografia 19 – Centrifugas	83
Fotografia 20 - Preparador de polímero	84
Fotografia 21 - Dosador de cloro DSL-01	86
Fotografia 22 - Neutralizador de gás cloro	87
Fotografia 23 - Compressores de ar comprimido	88
Fotografia 24 - Gradeamento de sólidos grosseiros da antiga entrada de esgoto da ETE	91
Fotografia 25 - Vista lateral do antigo pré-tratamento da ETE- Bertioga	91
Fotografia 26 - Antiga calha Parshall com uma das comportas manuais dos tanques ao fundo	92
Fotografia 27 - Antiga dosadora de polímero e a antiga centrífuga de lodo ao fundo (lado esquerdo)	93
Fotografia 28 - Foto do painel de comando dos aeradores 4.1 A e B existente	93
Fotografia 29 - Estaqueamento estrutural e rebaixamento de lençol freático sendo realizados para o tanque 4.3	94
Fotografia 30 - Painel de Comando da Estação. Lado esquerdo CLP com seus módulos e sistemas de proteção elétrica. Lado direito interligação dos cabos de campo com as proteções de sinais elétricos	97
Fotografia 31 - Painel elétrico dos Aeradores do tanque 4.3	98
Fotografia 32 - Painel elétrico dos misturadores do tanque 4.3	98
Fotografia 33 - Caixa de interligação de comando do solenoide, sensores de posição e válvula de comando da comporta VEP-9	99
Fotografia 34 - Tanque 4.2 assoreado	102
Fotografia 35 - Tela inicial da IHM	103
Fotografia 36 - Tela central para o comando de válvulas da IHM	104
Fotografia 37 - Tela de controle do tanque 4.4 da IHM	104
Fotografia 38 - Monitor mostrando o sistema de supervisão sendo executado e notebook monitorando as lógicas de programação durante os testes	107
Fotografia 39 - Painel de telemetria padrão das elevatórias, a foto foi retirada da Elevatória EEH	108
Fotografia 40 - Instalação do mastro e antenas dos rádios concentradores no CCR	109
Fotografia 41 - Instalação dos eletrodutos que protegem os cabos de radiofrequência	109
Fotografia 42 - Painel do concentrador de sinais CCR, no momento da foto a comunicação dos rádios estava sendo testada	110

LISTA DE IMAGENS

Tabela 1 – Principais Agentes para a Desinfecção de Água utilizada em Saneamento. Continua.	36
Imagem 1 - Linha de Equipotencial.....	46
Imagem 2 - Protetor de Surto VAL-MS para classe de tensão tipo 1 e 2	48
Imagem 3 - Mensagem de alarme crítico de extravazão no tanque 4.1	60
Imagem 4 - Canto da tela do sistema de supervisão com o resumo dos últimos alarmes.....	60
Imagem 5 - Tela no sistema de supervisão do pré-tratamento	62
Imagem 6 - Tela geral dos tanques de aeração e decantação.....	71
Imagem 7 - Tela de configuração no supervisório do tanque 4.4	72
Imagem 8 - Tela da neutralização de cloro no sistema de supervisão.....	87
Imagem 9 - Tela dos compressores no sistema supervisório.....	89
Imagem 10 - Tela de configuração da dosagem de cloro no sistema de supervisão	105
Imagem 11 - Diagrama de telemetria das Elevatórias de esgoto	108
Imagem 12 - Tela do sistema de supervisão mostrando o resumo das elevatórias de esgoto	111

LISTA DE ABREVIATURAS, ACRÔNIMOS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AER	Aerador
CA	Corrente Alternada
CCM	Centro de comando de motores
CCO	Centro de Controle Operacional
CCR	Centro de Controle Regional
CEPT	<i>Chemical Enhanced Primary Treatment</i>
CLP	Controlador Lógico Programável
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
EE	Elevatória de Esgoto
EMI	<i>Electromagnetic Interference</i>
ETE	Estação de Tratamento de Efluentes
FBD	<i>Function Block Diagram</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IEC	<i>International Electrotechnical Committee</i>
IHM	Interface Homem Máquina
IL	<i>Instruction List</i>
IP	<i>Internet Protocol</i>
LD	<i>Ladder Diagram</i>
LSH	Chave de Nível Alto
LSL	Chave de Nível Baixo
LT	Limite de Tolerância
LTDA	Limitada
MIS	Misturador Submersível
NBR	Norma Brasileira
NR	Norma Regulamentadora
OD	Oxigênio Dissolvido
PCE	Painel de Controle da Estação
PID	<i>Proportional Integral Derivative</i>
PV	Poços de Visita
RS	Regional Santos
RTU	<i>Remote Terminal Unit</i>
SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SCADA	<i>Supervisory Control and Data Acquisition</i>
SFC	<i>Sequential Flow Chart</i>
SPDA	Sistema Proteção contra Descargas Atmosféricas
ST	<i>Structured Text</i>
TC	Transformadores de Corrente
TCP	<i>Transmission Control Protocol</i>
TP	Transformadores de Potência
VEP	Válvula Eletropneumática
VM	Valor Máximo

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 TEMA	15
1.1.1 Delimitação do Tema	16
1.2 PROBLEMAS E PREMISAS	17
1.3 OBJETIVOS	18
1.3.1 Objetivo Geral	18
1.3.2 Objetivos Específicos	18
1.4 JUSTIFICATIVA	18
1.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	19
2 SISTEMAS DE TRATAMENTO DE EFLUENTES	21
2.1 POLUIÇÃO NAS ÁGUAS.....	22
2.1.1 Qualidade da água e dos efluentes	23
2.2 LEIS REGULAMENTADORAS E GESTÃO AMBIENTAL	25
2.3 TIPOS DE TRATAMENTOS DE EFLUENTES.....	27
2.3.1 Pré-Tratamento	28
2.3.1.1 Retirada de Sólidos Grosseiros.....	28
2.3.1.2 Remoção de Areia.....	29
2.3.1.3 Remoção de Gorduras e Sólidos Flutuantes.....	30
2.3.1.4 Retirada de Sólidos Sedimentáveis.....	31
2.3.2 Tratamento Primário Quimicamente Assistido – CEPT	31
2.3.3 Adensamento do lodo	32
2.3.4 Digestão Aeróbia e Anaeróbia do lodo	33
2.3.5 Estabilização química	33
2.3.6 Remoção da umidade do lodo	34
2.3.7 Destino e aproveitamento do lodo desidratado	34
2.3.8 Lagoas de Aeração	35
2.3.9 Desinfecção do Efluente Final	35
2.3.10 Neutralização, lavagem, abatimento e exaustão de gás cloro	37
3 CONCEITOS DE AUTOMAÇÃO	38
3.1 CONTROLE DE PROCESSOS.....	38
3.2 CONTROLE PID	40
3.3 REDES INDUSTRIAIS	40
3.4 SISTEMA DE SUPERVISÃO	44
3.5 ATERRAMENTO EM AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL	45
4 EQUIPAMENTOS E INSTRUMENTOS	47
4.1 EQUIPAMENTOS	47
4.1.1 Protetores de Surto, Isoladores Galvânicos e relés	47
4.1.2 Inversor de Frequência	48
4.1.3 Soft-starters	49
4.1.4 Válvulas eletro-pneumáticas e cilindros pneumáticos	50
4.1.5 CLP	50
4.1.6 IHM (Interface Homem Máquina)	52
4.2 INSTRUMENTOS.....	53
4.2.1 Medidores de Grandezas Elétricas	53
4.2.2 Dosador de Cloro	53
4.2.3 Analisador de Cloro	54

4.2.4 Analisador de Oxigênio Dissolvido (OD).....	54
4.2.5 Medidor de Vazão Ultrassônico / Calha Parshall.....	55
4.2.6 Chaves Boia.....	56
5 DESCRITIVO DE FUNCIONAMENTO DA ESTAÇÃO	58
5.1 ALARMES	60
5.2 COMANDOS LOCAIS	58
5.3 COMANDOS AUTOMÁTICOS E REMOTOS.....	59
5.4 STATUS DOS EQUIPAMENTOS E INSTRUMENTOS.....	59
5.5 HISTÓRICO DAS VARIÁVEIS DO SISTEMA	59
5.6 TRATAMENTO PRELIMINAR.....	61
5.7 MEDIDOR DE VAZÃO	62
5.8 DISTRIBUIDORES DE VAZÃO.....	64
5.9 TANQUES DE AERAÇÃO E DECANTAÇÃO	65
5.9.1 Comportas/Válvulas Eletropneumáticas	66
5.9.2 Aeradores Flutuantes	67
5.9.3 Analisadores de Oxigênio Dissolvido	68
5.9.4 Misturadores Submersíveis	69
5.10 OPERAÇÃO AUTOMÁTICA DOS TANQUES DE AERAÇÃO	70
5.10.1 Observações Gerais	70
5.10.2 Set Points de teor de Oxigênio Dissolvido	72
5.10.3 Etapa de enchimento dos tanques com o misturador ligado	72
5.10.4 Etapa para enchimento com Aeração	73
5.10.5 Etapa de Aeração	73
5.10.6 Etapa de Sedimentação	74
5.10.7 Etapa de Retirada do Efluente	74
5.11 CAIXA DE VÁLVULAS DE PRIMEIRA ÁGUA.....	74
5.12 RETIRADA DO EXCESSO DE LODO.....	76
5.13 ELEVATÓRIA DE RECIRCULAÇÃO.....	77
5.14 CÂMARAS DE CONTATO	77
5.15 ANALISADOR DE CLORO LIVRE	78
5.16 ELEVATÓRIA DE EFLUENTE FINAL	79
5.17 ADENSADORES E ELEVATÓRIA DE LODO ADENSADO	80
5.18 TANQUE DE LODO ADENSADO	81
5.19 TRANSFERÊNCIA DE LODO PARA AS CENTRÍFUGAS.....	82
5.20 CENTRÍFUGAS.....	82
5.21 PREPARADORES DE POLÍMERO.....	83
5.22 BOMBAS DE ÁGUA PARA A PREPARAÇÃO DE POLÍMERO	84
5.23 BOMBAS DE ARRASTE DE CLORO	84
5.24 DOSAGEM DE CLORO	85
5.25 SISTEMA DE ABATIMENTO DE CLORO.....	86
5.26 SISTEMA DE AR COMPRIMIDO	88
6 AUTOMAÇÃO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES BERTIOGA	90
6.1 HISTÓRICO ANTERIOR À OBRA	90
6.2 DESCRIÇÃO DO TRABALHO REALIZADO	94
6.2.1 Cronograma de execução da obra	94
6.2.2 Ajustes no descritivo de automação	96
6.2.3 Testes e comissionamento de campo	97
6.2.4 Lógica de controle e supervisão	102
6.2.5 Instalação do Sistema de Supervisão	105

6.2.6 Telemetria das elevatórias de esgoto	107
7 CONCLUSÃO	112
REFERÊNCIAS	113
APÊNDICE A	118
APÊNDICE B	128
APÊNDICE C	136
APÊNDICE D	137
APÊNDICE E	140

1 INTRODUÇÃO

As indústrias tomaram tardiamente a conscientização da necessidade de tratamento e controle de poluentes – por volta da década de 70, segundo Jutta Gutberlet (1996). Quando começaram as “preocupações” com os dejetos industriais foi criada a “política da chaminé alta”, onde os empresários e donos de fábricas migraram de suas cidades para países onde pudessem criar filiais “para evitar prescrições do próprio país de origem”. Maria de Lourdes Conte e Paulo Rodolfo Leopoldo (2001) falam que a Revolução Industrial teve sua origem na Inglaterra, e foi o primeiro país que observou e tomou atitudes (criando normas e proibições) relacionadas à poluição atmosférica e aos recursos hídricos.

Apesar de leis e normas (que aumentam cada dia mais) direcionarem as empresas na questão ambiental, os danos ao meio ambiente foram escancarados somente após a Revolução Industrial, e segundo Gutberlet (1996), “a pressão crescente exercida contra as indústrias tem levado à instalação de filtros e à realização de programas de redução das emissões de poluentes”.

Após pesquisas sobre a Revolução citada acima e sobre poluição doméstica pode-se apontar que as empresas e indústrias tem uma participação significativa e influente, positiva ou negativa, quando se trata do meio ambiente. Quando se analisa a preservação ambiental o primeiro item citado sempre é a água. Sua conservação é essencial, pois ela é um item de sobrevivência para os seres vivos (e é mais afetado quando se trata de uma Estação de Tratamento de Efluentes). Ênio Viterbo Jr (1998, p.57) diz que: “o uso desordenado da água e a ação poluidora do homem estão provocando seu esgotamento, havendo crescente necessidade de sua preservação”.

Uma das primeiras normatizações existentes relacionadas ao desperdício de água (principalmente da doce) e à poluição foi a Carta Europeia da Água (criada em 06 de maio de 1968 pelo Conselho da Europa). Segundo Viterbo (1998), a qualidade da água “é representada por características (...) de natureza física, química e biológica. Estas características, se mantidas dentro de certos limites, viabilizam determinado uso. Esses limites constituem os padrões de qualidade da água.” O

autor ainda fala que os tratamentos de efluentes podem ser divididos em primário, secundário e terciário, divisão que será mais especificada no decorrer do trabalho.

Caso as diretrizes para o tratamento da água não sejam cumpridas, podem acontecer contaminações. Eduardo Pacheco Jordão e Constantino Arruda Pessôa (2005) falam que a contaminação acontece quando “substâncias tóxicas ou organismos patogênicos” transmitem doenças que circulam através de esgotos, rios os canais, oferecendo “riscos à saúde da população.” Os autores ainda falam que:

A contaminação das águas pela presença de diversos organismos – bactérias, protozoários, vermes, vírus – chamados nesse caso genericamente de patogênicos, traz consequência indesejáveis não apenas de natureza de saúde pública como também econômica como:

- Maior incidência de doenças;
- O aumento da mortalidade infantil;
- A redução da produtividade;
- A redução da vida média;
- O aumento de custos hospitalares; e
- Os incômodos próprios das doenças.

(JORDÃO E PESSÔA, 2005, p.15)

Para embasamento teórico sobre tratamento de efluentes, foram utilizadas, além dos autores citados acima, a Resolução nº 357, de 17 de Março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) – que estabelece as condições de padrões de lançamento de efluentes –, a Constituição Federal de 1988 e a Lei nº 6938 de 31 de agosto de 1981 que visam controlar o lançamento de poluentes no meio ambiente.

1.1 TEMA

Nos sistemas de saneamento básico, os processos de tratamento de água e esgoto possuem vários tipos de equipamentos que precisam de controle e monitoramento constante para que cada etapa possa ser realizada com sucesso. A operação manual do sistema pode ocasionar falhas rotineiras e despesas financeiras elevadas.

As principais razões para automatizar um processo de saneamento são a redução dos custos operacionais, a eficiência energética e a melhora da qualidade no processo de tratamento. Após o comissionamento correto dos parâmetros de

equipamentos e ajustes necessários, o sistema precisará apenas de um operador para eventualmente monitorá-lo. Deste modo o mesmo profissional poderá realizar as análises químicas do processo, descarte dos resíduos sólidos, manutenções preditivas e preventivas e reposição dos materiais químicos necessários para os equipamentos de dosagens.

As interações do processo ficam simplificadas e permitem realizar comparações do sistema de saneamento básico com o setor elétrico, devido à separação dos mesmos. Muitos autores relacionam esses dois setores, como por exemplo, na revista Controle e Instrumentação:

O conceito de automação em saneamento básico assemelha-se muito ao que acontece no setor elétrico. Da mesma forma que esse segmento pode ser dividido em geração, transmissão e distribuição de energia, o setor de saneamento possui a produção de água, transporte para os reservatórios e distribuição aos consumidores. Entretanto, a água usada precisa ser descartada, e aí entra todo o sistema de coleta de esgoto e tratamento de efluentes. (CONTROLE E INSTRUMENTAÇÃO, 2001, Edição nº 61)

Devido ao aumento da população e, conseqüentemente, a crescente demanda de saneamento, fez-se necessário ampliar esses sistemas com um controle que proporcione o monitoramento dos gastos desse setor.

1.1.1 Delimitação do Tema

Em 2008 a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp) – Regional Santos (RS) – licitou uma reforma geral na Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) em Bertioga. No escopo desta reforma além das obras nas edificações também constava a ampliação da ETE, a implementação de novas tecnologias e a automação do processo.

Este trabalho é um estudo sobre o projeto de automação da ETE em Bertioga, que possui processo em batelada e do tipo lodo ativado, com vazão média de 170 l/s (litros/segundo) de entrada após a conclusão das obras.

1.2 PROBLEMAS E PREMISSAS

Os problemas estão relacionados às dificuldades e soluções do processo para automatizar uma Estação de Tratamento de Efluentes. As dificuldades se apresentaram logo na fase de projeto onde foram constatados problemas estruturais.

Como o projeto inicial não previa a automação para a maior parte das etapas do tratamento, várias alterações de projeto e no descritivo de automação precisaram ser realizadas para atender as operações do processo.

Como existiam equipamentos de diversos modelos e fabricantes houve certa dificuldade na integração do sistema de automação, sendo necessário manter contato direto com a engenharia de produto e aplicações dos fornecedores.

Durante a execução dos serviços ocorreram problemas na instalação de equipamentos, entre eles no sistema de ar comprimido das válvulas eletropneumáticas e na comunicação dos controladores e rádios modem das elevatórias de esgoto.

Por ser uma região litorânea o solo é formado praticamente por compostos arenosos que causaram problemas nas instalações das construções existentes (que possuíam fissuras devido à movimentação de solo). Outro problema relacionado é a instalação de hastes de aterramento e a funcionalidade dos equipamentos de proteção que não atendiam as normas da ABNT e as exigências da Concessionária de Energia para liberação de maior demanda elétrica. Antes da reforma o potencial energético existente era suficiente para abastecer a ETE, sendo que após as obras, devido ao aumento de carga dos equipamentos, não era possível permanecer com a mesma demanda contratada.

A cidade de Bertioga possui alto volume pluviométrico e devido à incidência de chuva durante a obra o cronograma precisou ser revisto várias vezes. As instalações elétricas de montagem e interligações de fios não poderiam ser feitas com chuva. Apesar do andamento das obras da reforma, a ETE Bertioga (por ser a única estação de tratamento em funcionamento daquela região) continuou recebendo efluentes nas instalações antigas. Os órgãos ambientais monitoraram a

todo o momento os rios e o mar, pois caso as normas fossem desrespeitadas gerariam multas que chegariam a milhares de reais.

No decorrer do trabalho de conclusão de curso será apresentado o desenvolvimento de um sistema de automação feito sem prejuízo à operação do sistema atual (cujo processo em baixa temporada tem a média de entrada do esgoto bruto ultrapassando 70 l/s).

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Abordar o processo de automação de uma Estação de Tratamento de Efluentes.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Apresentar a importância do tratamento da água para as pessoas e para o meio ambiente;
- Descrever sobre os processos de tratamentos de efluentes;
- Detalhar a utilização dos equipamentos, painéis elétricos, redes de comunicação e sistema de supervisão na integração do processo;
- Apresentar os resultados da Automação da ETE Bertioga.

1.4 JUSTIFICATIVA

Automação em Saneamento não é algo novo. Com advento de vários equipamentos e instrumentações mais eficientes e em conjunto com leis ambientais mais rígidas, há uma necessidade atual de automatizar sistemas de saneamento buscando eficiência e a possibilidade de monitorar remotamente todas as estruturas

de produção, reservação, distribuição de água tratada e de captação, direcionamento e tratamento de esgoto.

Com o intuito de melhorar o sistema de Tratamento de Esgoto da população de 47,5 mil habitantes fixos¹ e 150 mil habitantes² em alta temporada, a Sabesp solicitou a reforma e Automação da ETE Bertioga.

A automação tem como finalidade tornar o sistema a ser implantado o mais eficiente possível e registrar e supervisionar todas as variáveis do processo para manter ou melhorar o resultado final.

Em qualquer processo existe a necessidade de buscar a eficiência, tanto para manter a qualidade dentro dos parâmetros exigidos quanto para a redução de custos.

1.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para a conceituação desse Trabalho de Conclusão de Curso foi utilizado como metodologia: pesquisa bibliográfica, que tem como principais autores Ida Regina Stumpf, Amado L. Cervo e Pedro A Bervian, etnografia, por Isabel Travancas e estudo de caso por Márcia Yukiko Matsuuchi Duarte.

Segundo Ida Regina C. Stumpf (2005), Pesquisa Bibliográfica se resume em:

(...) o planejamento global inicial de qualquer trabalho de pesquisa que vai desde a identificação, localização e obtenção da bibliografia pertinente sobre o assunto, até a apresentação de um texto sistematizado, onde é apresentada toda a literatura que o aluno examinou, de forma a evidenciar o entendimento do pensamento dos autores, acrescido de suas próprias ideias e opiniões. (IDA REGINA C. STUMPF, 2005 p. 51)

A pesquisa bibliográfica procura explicar um problema a partir de referências teóricas publicadas em documentos e livros. Segundo Amado L. Cervo e Pedro A. Bervian (2007), “ela pode ser realizada independentemente ou como parte de pesquisa descritiva ou experimental. Em ambos os casos, busca conhecer e analisar

¹ INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Infográfico e Dados gerais do Município de Bertioga**, São Paulo. Acesso em: 13/02/2013

² PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE BERTIOGA. Estância Balneária. **Histórico do número de habitantes**. Acesso em: 24/03/2014.

as contribuições culturais ou científicas do passado existentes sobre um determinado assunto, tema ou problema”.

A etnografia é a elaboração de uma descrição detalhada de um trabalho de campo, “não é apenas um método cuja prática significa estabelecer relações, selecionar informantes, transcrever textos, mapear campos, assim por diante” (Clifford Geertz, 1997, p. 15). Segundo Travancas (2005), a etnografia passa por três etapas. A primeira compreende no levantamento bibliográfico e a leitura do material encontrado. A segunda é a elaboração de um caderno ou diário de campo, que compreenda informações relevantes sobre o assunto a ser descrito. A terceira e última é a inserção do pesquisador no campo.

Márcia Duarte (2005) fala que em um Estudo de Caso: “o pesquisador trabalha com o pressuposto de que o conhecimento não é algo acabado, mas que está sempre em construção e por isso faz parte de sua função indagar e buscar novas respostas ao longo da investigação”.

Ela ainda complementa:

Nos estudos de caso, os detalhes de um objeto o tornam único, pois suas imperfeições, na verdade, traduzem sua história. Cada fenômeno analisado é, portanto, fruto de uma história que o torna exclusivo. (...) o método do estudo de caso permite ao investigador identificar os vários elementos que constituem uma situação ou problema de modo a possibilitar que outros leitores tirem suas próprias conclusões. Além disso, o pesquisador se beneficia da ampla variação de experiência pessoal que o estudo de caso lhe confere; pois, ao buscar os significados dos dados registrados, estará compartilhando de muitas relações sociais e obrigando-se a aplicar várias técnicas de coleta de dados, o que pode contribuir para sua formação e capacidade de análise. Em resumo, o estudo de caso é o método que contribui para a compreensão dos fenômenos sociais complexos, sejam individuais, organizacionais, sociais ou políticos. É o estudo das peculiaridades, das diferenças daquilo que o torna único e por essa mesma razão o distingue ou o aproxima dos demais fenômenos. (MARCIA YUKIKO MATSUUCHI DUARTE, 2005 e p. 233 e 234)

2 SISTEMAS DE TRATAMENTO DE EFLUENTES

A humanidade busca desde o prelúdio da civilização se estabilizar em regiões que contenham grande quantidade de luz, ar, água e alimento. A autora Vilma Maria Cavinatto (2001) escreve que o instinto de auto-conservação das grandes comunidades provocou a implantação de sistemas de controle de poluição, sistemas de saneamento e aproveitamento de energia.

Segundo Jordão e Pessôa (2005), a energia que os recursos proporcionam nunca são completamente eficazes, pois geram resíduos que se amontoam de acordo com o consumo.

Cavinatto (2001) fala que antigamente alguns povos desenvolveram técnicas de captação, condução, armazenamento e utilização da água, como, por exemplo, no Egito, quando os egípcios dominaram a técnica de irrigação do solo na agricultura e armazenamento da água. Esse líquido era retirado durante as cheias do rio Nilo e ficava parado por um ano para que a sujeira descesse até o fundo do recipiente. Apesar de não terem conhecimento sobre microorganismos, observaram que quem tomava a água não filtrada contraía doenças. Cavinatto (2001) ainda afirma que os processos de filtragem (a água passava de uma vasilha para a outra filtrada por tecidos que tiravam as impurezas) foi descoberto por arqueólogos ao encontrarem gravuras em túmulos. Durante o século XIV alguns decretos sobre a limpeza pública espalharam-se pela Europa, onde era possível perceber que ainda não existiam ruas, calçadas, canalização, distribuição central de água e coleta de lixo. A autora ainda ressalta para a situação na Inglaterra, França, Bélgica e Alemanha, onde o lixo e as fezes eram armazenados em reservatórios públicos e, muitas vezes, eram atirados nas ruas. Nessa época as áreas industriais cresciam exponencialmente e os serviços de saneamento básico não acompanhavam essa expansão, levando a epidemias como a Cólera e a Febre Tifóide, além da peste negra (que era transmitida pela pulga do rato, animal atraído pela sujeira).

Essa poluição inconsequente acabava contaminando a água, que é o primeiro fator para fixação do homem e criação de novos centros.

Segundo a cartilha de resoluções do CONAMA nº 258 de 26 de agosto de 1999, o despejo inadequado de resíduos industriais e domésticos resultam em grave

risco para a saúde pública. Esse tratamento é essencial para a manutenção da saúde da população, preservação do meio ambiente e manutenção dos centros urbanos.

Neste capítulo serão apresentados os tipos de tratamentos de efluentes bem como suas etapas e componentes, além de sua ligação com a ETE Bertioga.

2.1 POLUIÇÃO NAS ÁGUAS

Tendo base na introdução deste trabalho, conclui-se que as empresas e indústrias têm grande influência (positiva ou negativa) quando se trata do meio ambiente. Um dos problemas citados relacionados à poluição é o lançamento inadequado de efluentes. Nesse tópico não há a intenção de explanar em profundidade sobre todos os problemas existentes relacionados ao tratamento de efluentes, mas, sim, fazer ligação da sua importância com a obra realizada na ETE Bertioga.

Quando é constatado um problema de preservação ambiental, analisa-se primeiramente a água, que é um item básico de sobrevivência. Seu tratamento e sua conservação são retratados por Ênio Viterbo Jr (1998):

A água é um bem essencial na natureza, sendo necessário a todos os processos básicos da vida. Apesar de ser um recurso natural encontrado em grande quantidade na superfície da Terra, o uso desordenado e a ação poluidora do homem estão provocando o seu esgotamento, havendo crescente necessidade de sua preservação. A grande importância deste recurso natural escasso foi apresentada de forma objetiva e clara, através da Carta Europeia da Água, promulgada pelo Parlamento da Europa, em 06/05/68. (VITERBO, 1998, p. 57)

A Carta Europeia da Água, citada por Ênio Viterbo Jr (1998) foi proclamada pelo Conselho da Europa em 06 de maio de 1968, em Estrasburgo, para combater os problemas relacionados ao desperdício e à poluição, principalmente da água doce. Essa carta contém 12 itens, segundo o Comitê Paulista para a Década da Cultura de Paz, eles se dividem em:

I – Não há vida sem água. A água é um bem precioso, indispensável a todas as atividades humanas.

II – Os recursos de águas doces não são inesgotáveis. É indispensável preservá-los, administrá-los e, se possível, aumentá-los.

III – Alterar a qualidade da água é prejudicar a vida do homem e dos outros seres vivos que dependem dela.

IV – A qualidade da água deve ser mantida a níveis adaptados à utilização para que está prevista e deve, designadamente, satisfazer as exigências da saúde pública.

V – Quando a água, depois de utilizada, volta ao meio natural, não deve comprometer as utilizações ulteriores que dela se farão quer públicas, quer privadas.

VI – A manutenção de uma cobertura vegetal adequada, de preferência florestal, é essencial para a conservação dos recursos de água.

VII – Os recursos aquíferos devem ser inventariados.

VIII – A boa gestão da água implica um esforço crescente de investigação, formação de especialistas e de informação pública.

IX – A salvaguarda da água implica um esforço crescente de investigação, formação de especialistas e de informação pública.

X – A água é um patrimônio comum, cujo valor deve ser reconhecido por todos. Cada um tem o dever de a economizar e de a utilizar com cuidado.

XI – A gestão dos recursos de água deve inscrever-se no quadro da bacia natural, de preferência a ser inserida no das fronteiras administrativas e políticas.

XII – A água não tem fronteiras. É um recurso comum que necessita de uma cooperação internacional.” (<www.comitepaz.org.br/carta_europeia.htm>. Acesso em: 29/03/2013)

2.1.1 Qualidade da água e dos efluentes

Assim, percebe-se a necessidade do tratamento da água e dos esgotos industriais. Segundo Viterbo (1998), a qualidade da água “é representada por características (...) de natureza física, química e biológica. Estas características, se mantidas dentro de certos limites, viabilizam determinado uso. Esses limites constituem os padrões de qualidade da água”.

Para determinar a qualidade do efluente pode-se dividir em parâmetros físicos, químicos e biológicos. Segundo Viterbo (1998), nos parâmetros físicos predominam os fenômenos mecânicos que caracterizam-se, principalmente, pelos processos de remoção das substâncias fisicamente separáveis dos líquidos. Para determinar os parâmetros físicos é necessária a determinação da “cor, turbidez, sabor e temperatura.” Ainda segundo o autor, nos parâmetros químicos os produtos muito dificilmente são usados isolados, sendo que na maioria das vezes são aplicados em conjunto com os parâmetros físicos e/ou biológicos. Por fim, ainda

segundo o autor, os processos biológicos dependem da ação dos microorganismos presentes nos esgotos, buscando “transformar componentes complexos em compostos simples, como sais minerais, gás carbônico entre outros”.

Para a obra da ETE Bertioga não se fez necessária a análise mineral da água, o interesse maior estava relacionado aos compostos químicos e biológicos residuais no esgoto. Com base no grau desses compostos é que se determinou o grau de tratamento de cada processo (da água e do lodo).

Segundo o manual de saneamento do Ministério da Saúde (2006), a partir do crescimento das comunidades o destino do esgoto deve ter soluções coletivas e dividem-se em esgotos domésticos, industriais, águas pluviais e águas de infiltração.

Os tipos de sistemas de esgotos determinam o meio mais propício de destino e tratamento. O sistema unitário é a reunião de água pluvial, dos esgotos domésticos e dos esgotos industriais em um único coletor. Ele é "vantajoso" quando estiver determinado o lançamento do esgoto bruto sem um corpo receptor próximo. Esse sistema tem um custo elevado e problemas de "deposição de material nos coletores por ocasião da estiagem". A estação feita para esse sistema deve ser projetada com capacidade máxima, ou seja, o volume que ocorre durante as chuvas.

Ainda segundo o manual, no Brasil o esgoto doméstico e o esgoto industrial ficam separados do pluvial. Como nem todas as ruas necessitam de rede de esgoto pluvial (ruas em declive esgotam as águas naturalmente), essas águas podem ser encaminhadas a rios e lagos. Como nem todo esgoto industrial pode ser encaminhado ao esgoto sanitário, esse sistema, chamado de separador absoluto, tem um custo mais baixo do que o sistema unitário.

Além desses dois sistemas ainda existe o misto, onde a rede recebe os esgotos sanitários e parte da água pluvial. O manual separa em partes o sistema de coleta:

Ramal Predial: são os ramais que transportam os esgotos das casas até a rede pública de coleta;

Coletor de esgoto: recebem os esgotos das casas e outras edificações, transportando-os aos coletores tronco;

Coletor Tronco: tubulação da rede coletora que recebe apenas contribuição de esgoto de outros coletores;

Interceptor: os interceptores correm nos fundos de vale margeando cursos d'água ou canais. São responsáveis pelo transporte dos esgotos gerados na sub-bacia, evitando que os mesmos sejam lançados nos corpos d'água. Geralmente possuem diâmetros maiores que o coletor tronco em função de maior vazão;

Emissário: são similares aos interceptores, diferenciando apenas por não receber contribuição ao longo do percurso;

Poços de Visita (PV): são câmaras cuja finalidade é permitir a inspeção e limpeza da rede. Os locais mais indicados para sua instalação são:

- início da rede;
- nas mudanças de: (direção, declividade, diâmetro ou material), nas junções ou em trechos longos. Nos trechos longos a distância entre PV's deve ser limitada pelo alcance dos equipamentos de desobstrução.

Elevatória: quando as profundidades das tubulações tornam-se demasiadamente elevada, quer devido à baixa declividade do terreno, quer devido à necessidade de se transpor uma elevação, torna-se necessário bombear os esgotos para um nível mais elevado. A partir desse ponto os esgotos podem voltar a fluir por gravidade.

Estação de Tratamento de Esgotos (ETE): a finalidade da ETE é a de remover os poluentes dos esgotos, os quais viriam causar uma deterioração da qualidade dos cursos d'água. Um sistema de esgotamento sanitário só pode ser considerado completo se incluir a etapa de tratamento. A estação de tratamento (ETE) pode dispor de alguns dos seguintes itens, ou todos eles:

- grade;
- desarenador;
- sedimentação primária;
- estabilização aeróbica;
- filtro biológico ou de percolação;
- lodos ativados;
- sedimentação secundária;
- digestão de lodo;
- secagem de lodo;
- desinfecção do efluente.

(MANUAL DE SANEAMENTO, Fundação Nacional de Saúde, p. 166)

Para regulamentar essas formas de coleta e tratamento tornam-se necessárias Lei e Normas que direcionam o que é mais benéfico para o meio ambiente.

2.2 LEIS REGULAMENTADORAS E GESTÃO AMBIENTAL

Por existir uma grande preocupação referente às consequências no meio ambiente de um mau descarte e tratamento de esgotos foi criada a Resolução nº 357, de 17 de Março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que estabelece as condições de padrões de lançamento de efluentes. A Constituição Federal de 1988 e a Lei nº 6938 de 31 de agosto de 1981 visam controlar o lançamento de poluentes no meio ambiente.

Segundo a Norma Brasileira 9648 da Associação Brasileira de Normas Técnicas de 1986, o esgoto sanitário é o despejo líquido constituído de esgoto

doméstico e industrial, água de infiltração e contribuição pluvial parasitária. O esgoto doméstico é o despejo líquido do uso da água para higiene e necessidades fisiológicas; esgoto industrial é o resultante dos processos industriais; água de infiltração é a água proveniente do subsolo e contribuição pluvial parasitária é a parcela do deflúvio superficial que é absorvida pela rede de esgoto sanitário.

Os autores Jordão e Pessoa (2005) descrevem que os poluentes em Potencial podem ser classificados quanto à natureza:

- “físicos - sólidos em suspensão, sedimentáveis, flutuantes e de calor.
- químicos - compostos orgânicos, inorgânicos e radiotivos
- biológicos - bactérias, protozoários, vírus, fungos e outros organismos patogênicos.”

Quanto à forma eles são classificados como:

- “sólidos - areia, cascalho, silte, argila, cinzas, lodos, lixo e etc.
- líquidos - esgoto sanitário, industrial, pluviais, lixiviados de áreas agrícolas, de aterros
- gasosos - emitidos para a atmosfera, eventualmente retornando as coletas hídricas.”

Quanto ao tipo em geral:

- “substâncias tóxicas que afetam a saúde,
- substâncias que afetam a qualidade organolépticas,
- substâncias que consomem oxigênio,
- substâncias químicas refratárias,
- nutrientes,
- matéria sólida,
- organismos transmissores de doenças,
- substâncias radioativas e calor.”

Devido ao alto custo de implantação várias fábricas despejam os resíduos - sem nenhum tipo de tratamento - nos rios, gerando uma contaminação através das substâncias tóxicas resultantes.

Segundo Jordão e Pessôa (2005), a presença de componentes tóxicos influencia a vida aquática de forma hostil e indesejável; as populações que utilizam dos rios como fonte de água e pesca podem ter a saúde prejudicada. Ainda segundo os autores, o Ministério da Saúde classifica como agentes de toxicidade da água os compostos orgânicos: aldrin, dieldrin, benzenos, clordano, endrin, heptacloro, lindano, metoxicloro, pentaclorofenos, tetracloreto de carbono, tetracloroteno, toxafeno, tricloroeteno, trihalometanosv, entre outros e compostos inorgânicos: arsênico, bário, cádmio, chumbo, cianetos, cromo, fluoretos, mercúrio, nitratos, prata, selênio, e etc.

Esses componentes podem gerar três níveis de contaminação: efeitos imediatos, efeitos crônicos e até mesmo consequências genéticas para as gerações futuras. A cor, odor e sabor da água (qualidade organoléptica) são oriundos de agentes tenso-ativos, cloretos, alumínio, cobre, dureza, ferro, manganês, sulfatos, zinco e sólidos orgânicos (dejetos animais e humanos).

Jordão e Pessôa (2005) destacam que a presença de oxigênio dissolvido (O.D.) na água é fundamental para a manutenção da sua vida, e que dependendo da função entre temperatura e altitude, os rios requerem pelo menos 50% da saturação do oxigênio dissolvido, isto é, de forma geral a concentração deverá ser de aproximadamente 4 miligramas por litro (mg/l) de O.D.

Na prática, o excesso de matéria orgânica acumulada na água pode aumentar o nível de OD e os microorganismos que dissociam a matéria utilizam os compostos orgânicos como fonte de energia. Os processos de decomposição biológica quebram esses compostos em matéria inorgânica estabilizada e gases chegando a condições de anaerobiose e perda da vida aquática.

2.3 TIPOS DE TRATAMENTOS DE EFLUENTES

Para se determinar o grau do tratamento deve-se antes considerar as características dos compostos despejados e do corpo receptor.

Viterbo (1998, p. 62) divide o tratamento de efluentes em primário, secundário e terciário, sendo que o primeiro tem como característica o uso de

processos físicos, como flotação, decantação e neutralização. O tratamento secundário (ou biológico) tenta melhorar, “sob condições artificiais o processo de degradação de matéria orgânica e de alguns compostos inorgânicos que ocorre na natureza”. O tratamento terciário é utilizado somente quando os dois primeiros não são suficientes, pois ele é mais caro por “utilizar produtos químicos ou técnicas mais arrojadas”.

Para cada etapa do tratamento de esgoto (Primário, Secundário ou Terciário) é necessário distinguir qual processo é o mais adequado dentre os parâmetros biológicos, físicos e químicos apresentados anteriormente.

Considerando as configurações regionais aonde será implementada uma ETE, também é necessário determinar a robustez do pré-tratamento. Nele são separados os sólidos grosseiros que podem atrapalhar o processo de tratamento.

2.3.1 Pré-Tratamento

2.3.1.1 Retirada de Sólidos Grosseiros

Jordão e Pessôa (2005) escrevem que para que os resíduos sólidos sejam considerados grosseiros, precisam ser de fácil retenção e remoção através de gradeamento e peneiramento. O uso inadequado do sistema de esgotamento sanitário, bem como possíveis conexões irregulares pioram esse problema e, por isso, esses dejetos devem ser previamente removidos por unidades de grades de barras (que tem um dispositivo de retenção e remoção). Em algumas situações também podem ser utilizadas peneiras para remover os resíduos menores.

Jordão e Pessôa (2005) destacam também que retirar os sólidos grosseiros tem como finalidade proteger os dispositivos dos esgotos (de transporte, de tratamento, dos corpos d'água receptores), como bombas, tubos, transportadores, peças especiais, raspadores, removedores, aeradores e meios filtrantes. Além disso, retirar os dejetos maiores diminui a carga poluidora, assim, condiciona os esgotos para tratamento ou lançamento no corpo receptor, o rio.

Para fazer esse processo de separação de dejetos maiores são usados dispositivos de retenção, que são barras de ferro ou aço colocadas de forma a

permitir o fluxo do esgoto e retém o material que deve ser separado. Conforme o tamanho dos sólidos grosseiros determina-se o espaço entre as barras. Outro destaque dos autores é que a ABNT criou recomendações para o dimensionamento e projeto da unidade de remoção do material grosseiro.

A norma recomenda que o dimensionamento das grades de barras deve estar de acordo com a vazão máxima afluente a cada unidade e que o gradeamento pode ser processado através de cesta removível por içamento (para elevatórias de pequeno porte).

2.3.1.2 Remoção de Areia

Segundo Jordão e Pessôa (2005), a areia encontrada nos esgotos é constituída de material mineral e contém uma pequena quantidade de matéria orgânica (como grãos de café, de feijão, frutas e verduras); gordura, cascas de ovos, pedaços de ossos, penas de aves e pêlos, cabelos, plásticos e fibras. A origem desse dejetos é resultado do uso doméstico, do lançamento inadequado de esgotamento sanitário, das ligações clandestinas de águas pluviais, lavagens de pisos, etc.

A remoção de areia serve para diminuir os efeitos adversos ao funcionamento das partes das instalações, assim como impactos nos corpos receptores (principalmente devido a assoreamento). Essa remoção evita a abrasão nos equipamentos e tubulações, reduz a chance de estragos e obstrução nas ETEs e facilita o manuseio e transporte das fases líquida e sólida ao longo das ETEs.

Ainda segundo Jordão e Pessôa (2005) um tratamento preliminar engloba a remoção do material grosseiro e da areia e tem a função de pré-condicionar o esgoto bruto de maneira favorável aos processos de tratamento posteriores. Se existirem estudos aprofundados (da capacidade de assimilação e comportamento das cargas orgânicas e hidráulicas), o efluente desse Tratamento pode ser lançado no corpo receptor.

A unidade de remoção da areia é chamada de Caixa de Areia ou Desarenador e deve ser projetada para reter a areia que seja indesejável ao efluente

ou ao corpo receptor, armazenar o material retido entre as limpezas e remover (e transferir) o material para o destino final. A falta de adequação do projeto e das recomendações técnicas são as principais causas de perturbações operacionais ou mau desempenho dessas unidades.

Jordão e Pessôa (2005) separam os tipos de caixas de areia segundo a forma: prismática, cilíndrica, de acordo com a separação sólida-líquida (por gravidade ou centrifugação), de acordo com a remoção (manual, ciclone separador) e mecanizada. Ainda pode ser de acordo com a forma construtiva do fundo: plano, inclinado e cônico.

2.3.1.3 Remoção de Gorduras e Sólidos Flutuantes

Jordão e Pessôa (2005) escrevem que como nos esgotos existem óleos, gorduras, graxas e restos de manteigas, margarinas, gorduras de carnes e matérias oleosas, remover esses dejetos evita a obstrução dos coletores, a aderência das peças especiais da rede de esgotos, o acúmulo das unidades de tratamento e aspectos desagradáveis nos corpos receptores. Uma unidade de remoção de gordura é chamada de caixa de gordura, e pode ser domiciliar (que normalmente recebe esgotos de cozinhas e se situa na instalação predial de esgoto) ou coletiva (são de maior porte e podem atender casas, indústrias ou fazer parte de uma unidade de tratamento do sistema de tratamento de esgoto de uma comunidade).

Jordão e Pessôa (2005) esclarecem que os dispositivos de remoção de gordura em decantadores permitem recolher o material flutuante em depósitos; os tanques aerados por ar comprimido são unidades compostas de um dispositivo que leva ar comprimido ao tanque para permitir a remoção da matéria oleosa por flotação³; os separadores de óleo devem remover o óleo presente em um esgoto e os tanques de flotação, por ar dissolvido, devem remover a matéria graxa e oleosa através da insuflação de ar dissolvido ao esgoto.

³ Segundo o site da Sociedade Brasileira de Química (acessado em 04/04/2014), flotação é “uma técnica de separação de misturas que consiste na introdução de bolhas de ar a uma suspensão de partículas. Com isso, verifica-se que as partículas aderem às bolhas, formando uma espuma que pode ser removida da solução e separando seus componentes de maneira efetiva.”

Jordão e Pessôa (2005) ainda escrevem que as unidades de remoção de gordura devem ser capazes de acumular a gordura entre cada operação de limpeza, ter condições para permitir a flutuação do material, possuir dispositivos de entrada e saída projetados para permitir ao efluente escoar normalmente - e ter distância entre esses dispositivos - e ter condições de vedação suficiente para evitar o contato com insetos, roedores, etc.

2.3.1.4 Retirada de Sólidos Sedimentáveis

Os autores falam que a sedimentação é quando as partículas em suspensão não podem mais ser relevatadas pela ação erosiva, e são classificadas em três tipos: a sedimentação discreta – onde as partículas não floculam⁴ nem se aglomeram umas às outras, além de a partícula individual mantém sua forma, volume e peso inalterados no processo – a sedimentação floculenta – onde as partículas são floculentas e se apresentam em pequena concentração – e a sedimentação em massa – onde as partículas são coesivas, se apresentam em suspensão em altas concentrações e sedimentam como uma massa única.

2.3.2 Tratamento Primário Quimicamente Assistido – CEPT

Jordão e Pessôa (2005) escrevem que o “*Chemical Enhanced Primary Treatment*” – CEPT (sigla em inglês para tratamento primário quimicamente assistido) é uma prática crescente e consiste na “adição de reagentes químicos ao esgoto com o objetivo de promover a coagulação química e a floculação”, além de acelerar a sedimentação. Os autores ainda dizem que:

⁴ Segundo o site do dicionário Priberam online (acessado em 15/04/2014), floculação é “a aglutinação, em flocos, das partículas de um precipitado ou de um sistema coloidal; frequentemente ocasionada pela alteração do pH do sistema.”

Na coagulação são empregadas baixas concentrações de sais de ferro, no entorno de 10 a 30mg/l, combinados ou não com polímeros aniônicos, após a ação de forças eletrostáticas que promovem o agrupamento das partículas coaguladas em flocos de maior tamanho. Finalmente, na sedimentação, observa-se de acordo com a Lei de Stokes o incremento da velocidade de sedimentação das partículas em função do aumento do seu tamanho. (JORDÃO E PESSÔA, 2005, p. 273)

Com isso o CEPT promove eficiência superior se comparada com a sedimentação convencional além de aceitar taxas altas de vazão superficial, o que gera uma economia no tamanho ou no número de decantadores primários.

Jordão e Pessôa (2005) escrevem que o Tratamento físico-químico existe a mais de 100 anos, e foi deixado de lado quando houve “implantação e desenvolvimento de processo de lodos ativados”, a partir das duas primeiras décadas do século passado. Naquela época se exigia uma taxa de sais metálicos de 100mg/l, tornando o processo inviável.

A partir das décadas de 60 e 70 houve um aprimoramento dos coagulantes químicos fazendo com que a técnica voltasse a ser utilizada, agora na implantação de novas estações e “expansão das antigas ETE’s”. Na época da escrita do livro que foi base para esse TCC, no Brasil existiam estações adotando o CEPT, como as “ETE’s Sapucaí (3m³/s) e Pavuna (3m³/s) no Rio de Janeiro” e outras em Goiânia, Macaé e na região dos Lagos do Estado do Rio.

2.3.3 Adensamento do lodo

Segundo Jordão e Pessôa (2005):

O adensamento do lodo proveniente das unidades de tratamento da fase líquida consiste no aumento da concentração de sólidos nele contidos, através da remoção parcial da quantidade de água que caracteriza o seu grau de umidade. (JORDÃO E PESSÔA, 2005, p. 287)

A finalidade do adensamento é reduzir o volume do lodo para facilitar o manuseio e destino final. Na maioria das vezes o líquido retirado volta para a ETE. Com a redução do volume a meta é a diminuição dos custos de “implantação e operação das unidades de digestão e secagem”. Segundo a ABNT na NBR 12209

(Projeto de estações de tratamento de esgoto sanitário) o termo recomendado para as unidades de adensamento de lodo é somente “adensadores”.

2.3.4 Digestão Aeróbia e Anaeróbia do lodo

Jordão e Pessôa (2005) descrevem que o lodo corresponde 0,8% do volume dos esgotos domésticos. Para permitir um adequado destino final da fase sólida a ETE faz a redução dos dejetos através (na maioria dos casos) de estabilização do lodo com o fenômeno natural de mineralização da matéria orgânica.

Esse processo tem como objetivo converter a matéria “putrescível em líquidos, sólidos dissolvidos, subprodutos gasosos e alguma destruição de microorganismos patogênicos, bem como redução dos sólidos secos em lodo”.

Este tratamento bioquímico pode ser realizado através de digestão anaeróbia – onde grupos de organismos assimilam e destroem ao mesmo tempo a matéria orgânica – ou aeróbia – que também é um processo de oxidação bioquímica e favorece a atividade de bactérias aeróbias e a formação de matéria orgânica estabilizada, gás carbônico e água.

Jordão e Pessôa (2005) expõem que essa digestão é mais vantajosa em relação à primeira, pois sua operação é mais simples, tem um baixo custo de implantação, não gera odores, reduz a níveis baixos a quantidade de organismos patogênicos bem como o material graxo ou solúvel em hexano além de reduzir a taxa de respiração do lodo.

2.3.5 Estabilização química

Segundo Jordão e Pessôa (2005), a estabilização química é uma opção de estabilização do lodo adicionando produtos químicos alcalinos para elevar o PH até 12 ou mais (por pelo menos duas horas), fazendo com que as ações dos

microorganismos sejam impedidas. Com esse processo os microorganismos reduzem em cerca de 99% ou mais, fazendo com que o lodo não entre em estado de putrefação e nem gere danos à saúde pública. Nesse processo é utilizada cal virgem, que ao entrar em contato com o lodo aquece em pelo menos 10 °C, podendo chegar até 50 °C.

2.3.6 Remoção da umidade do lodo

Como já foi citado, Jordão e Pessôa (2005) comentam que a remoção da umidade do lodo é feita pelos processos aeróbios ou anaeróbios, e o grau da umidade desejada leva em conta as características do lodo produzido nas fases de tratamento e do local de destino final do lodo. A retirada dessa água pode ser feita por:

- Leitões de secagem: que são unidades de tratamento retangulares projetadas e construídas para receber o lodo dos digestores;
- Lagoas de secagem: que são reservatórios feitos em terra na depressão de um terreno (podem ser temporárias ou definitivas);
- Secagem mecanizada: que é o tipo de secagem utilizado por ETE's de médio e grande porte. Geram a "torta de lodo", que é um lodo seco, com 20 a 30% de teor de sólidos.

2.3.7 Destino e aproveitamento do lodo desidratado

Segundo Jordão e Pessôa (2005), o destino final do lodo, depois de feito o tratamento dos efluentes, determina-se caso a caso levando em conta como foi desidratado, a quantidade resultante, a forma que será transportado, seus impactos ambientais e seu reuso.

Conforme a localização da estação de tratamento, o lodo pode ser o lançado no oceano, ser aproveitado na agricultura, jogado em aterros sanitários, ser incinerado ou ter reuso industrial.

Jordão e Pessôa (2005) escrevem que lodo ativado é o:

Floco produzido num esgoto bruto ou decantado pelo crescimento de bactérias zoogléias ou outros organismos, na presença de oxigênio dissolvido e acumulado em concentração suficiente graças ao retorno de outros flocos previamente formados. (JORDÃO E PESSÔA, 2005, p. 507)

Desde que foi criado, em 1913, no processo dos lodos ativados o esgoto e o lodo são “misturados, agitados e aerados”. Como existe uma quantidade presente baixa dos flocos e eles necessitam de oxigênio, é preciso um período longo de tempo e um tanque grande para que o processo se dê em condições naturais.

2.3.8 Lagoas de Aeração

Ainda segundo os autores, as lagoas aeradas são feitas ou na terra ou no concreto armado e servem para o tratamento dos esgotos industriais e domésticos com alto teor de substâncias biodegradáveis. Com um fornecimento de oxigênio 24h por dia e como tem uma:

Capacidade de mistura dos equipamentos de aeração, permitem adotar maiores profundidades, menos tempo de detenção, resultando conseqüentemente, menor área ocupada. (JORDÃO E PESSÔA, 2005, p. 760)

2.3.9 Desinfecção do Efluente Final

Jordão e Pessôa (2005) também destacam a importância da desinfecção, pois seu objetivo “não é exterminar completamente a presença de microorganismos, (...) mas a inativação seletiva de organismos patogênicos.” Para garantir a saúde pública no uso agrícola e no consumo doméstico é feita uma análise para se determinar a quantidade e qualidade de organismos aceitáveis.

Tabela 1 – Principais Agentes para a Desinfecção de Água utilizada em Saneamento.

Principais Compostos e Produtos de Cloro Usados para a Desinfecção de Água						
Nome do Composto	Fórmula Química	% Cloro Disponível	Características	Embalagem	Prazo de Validade	Nome Comercial
Hipoclorito de Sódio	NaOCl	10 – 15%	Solução aquosa, alcalina, de cor amarelada, límpida e de odor característico.	Recipientes opacos de materiais compatíveis com o produto. Volumes variados.	1 (um) mês. Decompõe-se pela luz e calor, deve ser estocado em locais frios e ao abrigo da luz.	Hipoclorito de Sódio.
Hipoclorito de Cálcio	Ca(OCl) ₂	Superior a 65%	Coloração branca, pode ser em pó ou granulado.	Recipientes plásticos ou tambores metálicos com revestimento.	6 meses	Hipoclorito de Cálcio.
Cloro	Cl ₂	100%	Gás liquefeito sob pressão de coloração verde amarelado, e de odor irritante.	Cilindros verticais de aço de 68Kg e horizontais de 940Kg.		Cloro Gasoso.
Cal Clorada	CaOCl	35 – 37%	Pó branco.	Embalagens de 1 a 50 quilogramas. Sacos de polipropileno. Manter em local seco e ao abrigo da luz.	Pouco estável. Perda de 10% no teor de cloro ativo a cada mês.	Cloreto de Cal.
Água Sanitária	Solução aquosa a base de hipoclorito de sódio ou de cálcio.	2 – 2,5% durante o prazo de validade.	Solução de coloração amarelada.	Embalagem de 1 litro, plástico opaco.	Verificar no rótulo do produto.	Água sanitária ou Água de lavadeira.

Observação: Todos os produtos citados na tabela acima devem ser manuseados com equipamentos de proteção individual (EPI's).

Fonte: Tabela adaptada do manual de saneamento, 2006, p. 95.

2.3.10 Neutralização, lavagem, abatimento e exaustão de gás cloro

Segundo o Manual do Cloro (2004), esse elemento é da família dos halogênios, não é explosivo ou inflamável (mas pode suportar a combustão). Pode ser líquido ou gasoso. O gás cloro tem um odor forte (assemelha-se a água sanitária), coloração amarelo-esverdeada, é aproximadamente duas vezes e meia mais pesado do que o ar e é corrosivo quando em contato com a umidade. Ainda segundo o manual:

O cloro gás é principalmente um irritante das vias respiratórias. Em concentrações elevadas irrita as membranas mucosas, o sistema respiratório e os olhos. (...) o odor característico e penetrante do cloro gás é facilmente percebido pelo olfato humano, gerando um alerta de sua presença no ar. (...) O cloro líquido em contato com a pele ou olhos poderá causar queimaduras químicas e/ou ulcerações por congelamento. No Brasil a norma NR – 15 estabelece o LT – MP (Limite de Tolerância - até 48 horas por semana) em 0,8 ppm e o VM (Valor Máximo) seria 2,4 ppm. (MANUAL DO CLORO, 2004, p. 02)

Em razão do uso do gás cloro para fazer a desinfecção do efluente alguns cuidados na ETE são necessários, como utilizar “um sistema para neutralizar o cloro das instalações, nas operações de preparação de manutenção e quando houver problemas de processo”. Essa neutralização ocorre quando o cloro reage com um composto alcalino ou com uma solução de hidróxido de sódio e pode ocorrer em um “tanque projetado para esse fim ou em um lavador de gases”.

3 CONCEITOS DE AUTOMAÇÃO

Marco Antônio Ribeiro (2010) conceitua automação, em sua publicação sobre o assunto, como sendo a substituição do homem ou animal por máquina, operando automaticamente por controle remoto. Escreve que o conceito de automação varia com o ambiente e a experiência da pessoa envolvida, e que automático significa ter um mecanismo de atuação própria, que realize uma função requerida em um tempo determinado ou em resposta a determinadas condições.

3.1 CONTROLE DE PROCESSOS

Antes de conceituar sistemas de controle é importante entender o que é um processo, Claiton Moro Franchi (2011) explica que:

Processo é um termo utilizado para descrever os métodos de mudança ou refinamento de matérias-primas para obter produtos finais. Essas matérias-primas, que podem ser líquidas, gasosas, sólidas ou uma mistura entre fases, durante o processo, são transferidas medidas, misturadas, aquecidas, resfriadas, filtradas, armazenadas ou tratadas de uma determinada forma para desenvolver o produto final. (FRANCHI, 2011, p.17)

Ribeiro (2010) explica em seu livro “Controle de processos” que controlar um processo consiste em manter uma variável controlada, igual, próxima ou constante ao seu *setpoint*. Quando o operador atua diretamente no processo, tem-se um controle manual. O controle automático é quando não há ou é mínima a intervenção do operador, e o controle é tão preciso quanto a medição realizada na variável. Considera-se um processo monitorado quando há um acompanhamento das variáveis, atuando sempre, para as devidas correções que se fizerem necessárias. Como auxílio ao controle, alarmes são instalados para sinalizarem aos operadores que determinada variável ultrapassou os limites de *setpoint* estabelecido, podendo incluir um intertravamento possibilitando sua atuação, desligando ou ligando algum equipamento para manter a segurança do processo. Automatizar um processo é integrar e coordenar todas as funções de medição, controle, alarme, intertravamento e monitoração.

Marco Antônio Ribeiro (2010) exemplifica em seu livro sobre instrumentação que, em um processo, podem existir milhares de sensores e elementos finais de controle para serem operados, e, portanto, é impossível de ser controlado de forma manual.

José Luiz Loureiro Alves (2005) descreve que o controle de processo pode ser realizado através de uma malha composta por sensores (para detectar a variável do processo que se quer controlar); um transmissor (que converte o sinal do sensor em um sinal pneumático ou elétrico equivalente); um controlador (que compara o sinal do processo com o *setpoint* e produz um sinal de controle) e um elemento final de controle, que altera a variável manipulada. Relata, ainda, que quando alguma condição anormal de processo industrial ou falha de equipamento não consegue manter as variáveis controladas dentro de valores considerados seguros sistemas de proteção, conhecidos por Sistema de Intertravamento de Segurança, devem ser acionados. José Luiz Loureiro Alves (2005) descreve que antigamente era grande a dificuldade em manter o controle das plantas industriais e que a instrumentação e os equipamentos evoluíram, apresentando uma necessidade de distinguir as indústrias pelo ramo de atividade. Ele as diferencia de duas formas:

Indústrias de processo contínuo:

(...) que envolve de maneira mais significativa variáveis contínuas no tempo. A produção é medida em toneladas ou metros cúbicos, e o processo produtivo essencialmente manipula fluidos. (...) as variáveis mais usuais são temperatura, pressão, vazão e nível. (ALVES, 2005, p.04)

Indústrias de processamento discreto:

(...) unidades industriais cujo processo produtivo envolve de maneira mais significativa variáveis discretas no tempo. (...) Nos processos discretos as variáveis de interesse normalmente são ligado, desligado e limites de quaisquer variáveis. (ALVES, 2005, p.04)

Franchi (2011) inclui outra forma de processo, a batelada. Segundo ele “o processo do tipo de batelada fornece produtos finais em quantidades discretas”. Sendo inserida a matéria-prima, ocorre o processo em um determinado intervalo de tempo e o resultado é o produto em sua forma final. “A unidade de batelada deve ser trabalhada e operada por uma sequência apropriada de etapas.”

O tipo de processo na ETE Bertioga é a batelada; são várias etapas de tratamento com ações discretas e a vazão de saída para o rio não é contínua - dependendo da vazão de entrada e do tempo ajustado no processo é possível que

entre as retiradas de efluente clarificado ocorra um espaço de tempo maior que uma hora.

3.2 CONTROLE PID

Alves (2005) descreve que um controlador de processo recebe um sinal, enviado pelo transmissor, compara-o com o *set-point* e fornece um sinal de saída para a válvula. Um controlador PID associa as ações derivativas, proporcional e integral. A ação proporcional, por exemplo, altera o sinal de saída proporcionalmente ao erro, movendo a válvula de controle na proporção direta ao tamanho do erro e o sinal do ganho poderá ser positivo ou negativo, conforme a necessidade do processo. A ação integral move a válvula de controle conforme a integral do erro no tempo. Já a derivativa tem a finalidade de antecipar a ação de controle, atuando na variação do erro com o tempo, ou seja, na sua derivada. Tem importância em processos lentos, pois faz com que o tempo de retorno ao *set-point* não seja lento demais.

Franchi (2011) conclui que o principal objetivo de um controlador PID é apresentar um período de resposta semelhante ao controlador proporcional, porém sem *offset*, pois a ação derivativa aumenta a velocidade de resposta necessária para reduzir o tempo de atraso de resposta do controlador resultante da ação integral.

No sistema de dosagem de cloro da ETE Bertioga o tipo de controle mais utilizado é baseado no PID, mas com modificações para adequar ao processo do tipo batelada.

3.3 REDES INDUSTRIAIS

Ribeiro (2010) afirma em sua publicação sobre automação, que a rede computacional é um conjunto de computadores autônomos interligados, através de um meio físico, para o compartilhamento de recursos. Por serem sistemas

independentes, cada computador processa localmente suas informações e executa seus próprios programas. A implantação de uma rede permite troca de informações entre os computadores, equipamentos e usuários, além de compartilhar informações armazenadas, utilizar recursos associados ao sistema e fazer o gerenciamento centralizado de recursos e dados. Além disso, como os equipamentos são ligados a esta rede e a transmissão pode ser com cabo coaxial ou par de fios trançados, existe uma economia considerável.

Apesar de a rede Ethernet ser a mais conhecida fora do ambiente industrial, é apenas uma dos tipos de rede de comunicação industrial utilizados. Em automação são vários os tipos de protocolos de redes existentes, que podem variar ou não dos protocolos físicos de instalação.

Os protocolos de redes físicas RS-232, RS-485 e RS-422 se distinguem pelo alcance dos cabos e quantidade de equipamentos que podem ser interligados. A RS-232 é utilizada para interligações ponto a ponto com distâncias inferiores a 3 metros, já RS-422 e RS-485 são utilizadas para comunicações multiponto e com distâncias de até um quilômetro.

Para cada tipo de rede física existem topologias de interligação que podem ser adotadas. A mais simples é a ponto a ponto, que interliga um equipamento mestre a um escravo ou um cliente a um servidor. Também existem as redes em barramento em que o mestre é interligado a um equipamento e este a outro, sucessivamente. A topologia estrela interliga todos os equipamentos diretamente ao mestre ou servidor e a anel apesar de se assemelhar ao barramento, tem como diferença mais nítida que o último equipamento interligado volta diretamente ao mestre ou servidor. Outra topologia utilizada é em malha quando todos os equipamentos são interligados entre si.

Algumas redes possuem protocolos físicos e protocolos de comunicação atrelados, são os casos da Profibus-DP, Devicenet e CANBus, por exemplo. Nestas redes as conexões e cabos são regulamentados em conjunto com a forma de transmissão de dados por software.

Ribeiro (2010) em seu livro sobre automação salienta que, como o mais importante para uma rede é a informação, ela deve ser confiável e estar sempre disponível. Para o autor, confiabilidade e desempenho são parâmetros fundamentais; quando se aumenta a confiabilidade diminui-se o desempenho e vice versa.

Seixas Filho (2003) relata que a rede de comunicação Ethernet passou por uma longa evolução nos últimos anos se afixando como uma das melhores para aplicações industriais. Ela foi criada para ser uma rede de barramento *multidrop* com conectores do tipo vampiro (*piercing*), mas este sistema mostrou-se de baixa praticidade. A evolução se deu na direção de uma topologia estrela com par trançado. As velocidades da rede cresceram de 10 Mbps para 100 Mbps e agora alcançam 1 Gbps (IEEE802.3z ou *Gigabit Ethernet*). A outra evolução se dá no uso de *hubs* inteligentes com capacidade de comutação de mensagens e no uso de cabos *full duplex* em substituição aos cabos *half duplex* mais comumente utilizados. Isto faz com que a rede se torne determinística e reduzem a probabilidade de colisão de dados (Seixas Filho, 2003).

Na rede Ethenet o protocolo padrão de controle é o TCP/IP (*Transmission Control Protocol over Internet Protocol* - Protocolo de Controle de Transmissão sobre protocolo de Internet). Elaine Martins (2012) descreve em um artigo digital para o site Tecmundo que o TCP/IP é o principal protocolo de envio e recebimento de dados da internet. Relata que protocolo é a linguagem que dois computadores utilizam para comunicarem-se; se dois computadores estiverem ligados a mesma rede, mas não falarem a mesma língua não é possível estabelecer uma comunicação. O TCP/IP é um conjunto de protocolos e é composto de quatro camadas: aplicação, transporte, rede e interface, que garantem a integridade dos dados que trafegam pela rede. A aplicação é utilizada para enviar e receber informações de outros programas através da rede. O transporte é responsável por receber os dados enviados pelo grupo anterior, verificar a integridade deles e dividi-los em pacotes. Na rede, os dados empacotados são recebidos e anexados ao protocolo de internet (IP) do computador remetente e do destinatário. Para serem enviados pela Internet são passados para a camada Interface, cuja tarefa é receber e enviar pacotes pela rede. Os protocolos utilizados nessa camada dependem do tipo de rede que está sendo utilizado.

Utilizando a base do TCP/IP varias organizações criaram protocolos de comunicação industrial visando o desempenho e manutenção da rede. Os que mais se destacam são: ProfiNet (rede ProfiBus adaptada para Ethernet), Ethernet/IP (protocolo padrão em CLPs com porta *Ethernet*) e ModBus TCP.

O protocolo de rede ModBus não possui definição específica sobre a forma de instalação física, neste aspecto ele é um protocolo transparente. Foi desenvolvido

sob código aberto pela empresa Modcom que posteriormente foi adquirida pela Schneider Electric. A fabricante WEG, em seu manual do usuário para o Modbus RTU (unidade terminal remota) PLC300 (2013), descreve que a estrutura da rede utiliza o sistema mestre-escravo para a troca de mensagens. Permite até 247 escravos, mas somente um mestre. Toda comunicação inicia com o mestre fazendo uma solicitação a um escravo, e este responde ao mestre o que foi solicitado. Em ambos os telegramas (pergunta e resposta), a estrutura utilizada é a mesma: Endereço, Código da Função, Dados e CRC. Apenas o campo de dados poderá ter tamanho variável, dependendo do que está sendo solicitado.

Ainda no manual, WEG Modbus RTU PLC300 (2013) consta que a indicação de quando uma nova mensagem começa ou quando ela termina é feita pela ausência de transmissão de dados na rede, por um tempo mínimo de 3,5 vezes o tempo de transmissão de um *byte* de dados (11 *bits*). Se durante a transmissão de um telegrama, o tempo entre os *bytes* for maior que este tempo mínimo, o telegrama será considerado inválido, pois o controlador programável irá descartar os *bytes* já recebidos e montará um novo telegrama com os *bytes* que estiverem sendo transmitidos.

O ModBus RTU é protocolo para rede de comunicação serial e apesar de ser amplamente utilizado, devido a sua simplicidade, é restrito a velocidade dos canais seriais (máxima 115.200 bit/s). O ModBus TCP possui boa parte das características do ModBus RTU mas é protocolo para redes Ethernet e com isso pode chegar a velocidades de até 1 Gbits/s. Também é possível ter clientes e servidores em um mesmo equipamento, diferentemente do RTU que por ser serial possui um único mestre que solicita a comunicação com os dispositivos escravos.

Alguns fabricantes de CLP possuem protocolos proprietários de redes seriais para a utilização de seus equipamentos. A Altus, por exemplo, possui o Alnet 1 e Alnet 2.

A rede de comunicação de campo adotada na ETE Bertioga é a *Modbus* RTU com protocolo físico RS-485; a comunicação com o sistema de supervisão é realizada através da rede física Ethernet sob o protocolo Modbus TCP/IP; a Interface Homem Máquina (IHM) é interligada ao Controlador Lógico Programável (CLP) pelo protocolo proprietário ALNET 1 da Altus em RS-232 e a comunicação com as elevatórias de esgoto também utiliza RS-232 para interligação dos rádios sob o protocolo Modbus RTU que é transparente para este tipo de equipamento.

3.4 SISTEMA DE SUPERVISÃO

José Luiz Loureiro Alves (2005) observa que em um processo produtivo há a necessidade de monitorar e rastrear todas as informações relevantes a este. Tais informações são coletadas através de equipamentos de aquisição de dados, manipuladas, analisadas, armazenadas e, posteriormente, apresentadas ao usuário. Esse trabalho é realizado pelo sistema supervisorio, também chamado de SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*).

José Luiz Loureiro Alves (2005) diz que o sistema supervisorio é composto por três etapas: leitura e processamento das variáveis; retorno das informações processadas para alterações que se façam necessárias e envio de sinal para o atuador, na planta, executar o comando.

Segundo Ana Paula e Marcelo Salvador (2005), os primeiros sistemas SCADA eram telemétricos, pois informavam periodicamente as condições dos processos, monitorando sinais representativos de medidas e os estados de dispositivos por meio de um painel de lâmpadas e indicadores. Neste sistema não havia uma interface que permitisse atuação do operador. Atualmente os sistemas de automação industrial utilizam tecnologias de computação e comunicação para automatizar a monitoração e controle dos processos industriais, efetuando coleta de dados em ambientes complexos e a respectiva apresentação de modo amigável para o operador, com recursos gráficos elaborados (interfaces homem-máquina) e conteúdo multimídia.

Ana Paula e Marcelo Salvador (2005) descrevem que, para permitir isso, os sistemas de supervisão identificam os *tags*, podendo executar funções computacionais (operações matemáticas, lógicas) ou representar pontos de entrada/saída de dados do processo que está sendo controlado. Neste caso, correspondem às variáveis do processo real (temperatura, nível, vazão), se comportando como a ligação entre o controlador e o sistema. É com base nos valores das *tags* que os dados coletados são apresentados ao usuário. Os sistemas SCADA podem, também, verificar condições de alarmes, sendo possível programar a gravação de registros em bancos de dados, ativação de som, mensagem, envio de mensagens por e-mail, celular, etc.

3.5 ATERRAMENTO EM AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

As normas da ABNT NBR 5410 (instalações elétricas em baixa tensão) e NBR 5419 (proteção de estruturas contra descargas atmosféricas) regulamentam que o aterramento em instalações elétricas visa principalmente evitar os desequilíbrios transitórios das tensões elétricas, prevenir a fuga de energia e proteger as instalações contra descargas de sobretensão.

No sistema proteção contra descargas atmosféricas (SPDA) da ETE Bertioga o aterramento precisou ser refeito, pois não atingia os valores de impedância estabelecidos pela norma NBR 5419. O SPDA utiliza a ferragem do concreto armado das estruturas construídas como uma gaiola de proteção. Um sistema de condutores expostos instalados em cima das edificações são interligados ao aterramento, que dispersa as descargas dos surtos de tensão no solo. A solução adotada para atingir a resistência ideal foi aumentar as hastes enterradas em paralelo na malha de terra.

Todos os painéis elétricos instalados na ETE possuem protetores de surto em diversos níveis, conforme a tensão utilizada nos equipamentos. Estes dispositivos transferem a carga elétrica para o aterramento em caso de sobrecarga, tal qual o SPDA.

O aterramento também é imprescindível para minimizar os ruídos nocivos na instalação dos equipamentos de potência, instrumentação e redes de comunicação. César Cassiolato (2011) escreveu um artigo para SMAR Equipamentos Industriais LTDA sobre aterramento e blindagens nas instalações elétricas. O autor descreve que a Emissão Eletromagnética (EMI) é a energia que causa interferências em qualquer tipo de equipamento seja ele de potência ou eletrônico, para minimizar os efeitos é necessário dimensionar o aterramento para que seja interligado nas carcaças dos equipamentos e fornecer uma referência estável aos circuitos dos equipamentos eletrônicos.

Cassiolato (2011) cita que existem diversos tipos de aterramentos e que é preciso dimensioná-lo conforme as cargas elétricas e resistividade do terreno. Ele também escreve sobre os fenômenos indesejáveis de EMI: indução de tensão e efeito capacitivo nos cabos de potência e comunicação de campo.

Para a comunicação e transmissão de sinais César Cassiolato (2011) informa a necessidade de utilizar cabos blindados e se possível com vias de par trançado. O autor cita que alguns fabricantes recomendam que os equipamentos fiquem “flutuando”, ou seja, que sua estrutura fique isolada do aterramento e se utilize o cabo terra apenas para referência no circuito eletrônico.

Segundo César Cassiolato (2011) a equipotencialização (imagem 1) entre os dois lados da interligação de cabos elétricos deve ser verificada conforme o tipo de equipamento. Na maioria dos casos é importante interligar as pontas do cabo em aterramento local, mas, principalmente em cabos de comunicação, não se pode misturar o terra local com o cabo terra de referência (interligado ao outro equipamento).

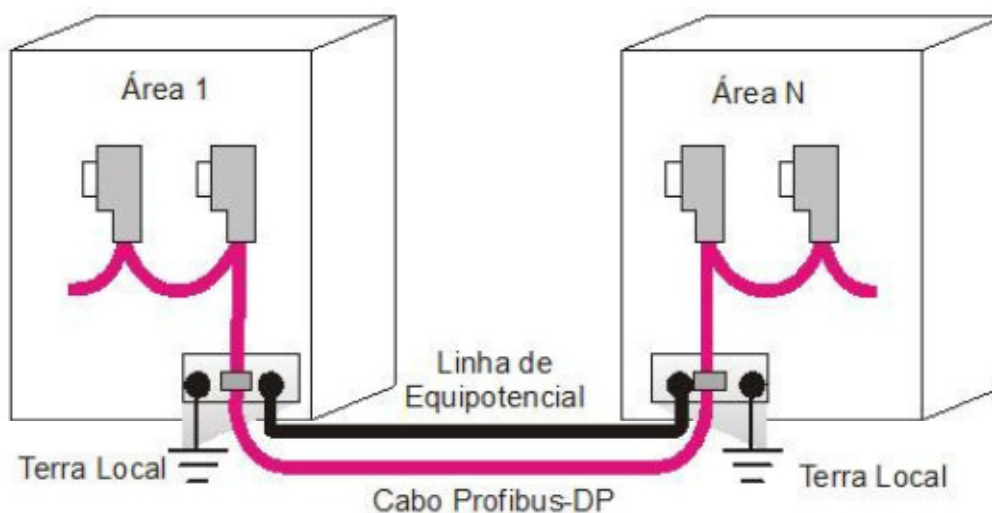


Imagem 1 - Linha de Equipotencial

Fonte: César Cassiolato para a SMAR. Dicas de blindagem e aterramento em Automação Industrial, 2009.

4 EQUIPAMENTOS E INSTRUMENTOS

4.1 EQUIPAMENTOS

4.1.1 Protetores de Surto, Isoladores Galvânicos e relés

No painel de controle da Estação (PCE) da ETE Bertioga são utilizados todos os níveis de proteções possíveis contra descargas atmosféricas e interferências de campo.

O fabricante ABB, em seu manual sobre dispositivo protetor de surto da linha OVR explica que os raios atmosféricos criam correntes que geram sobretensões nas redes de distribuição e transmissão de energia. Os dispositivos protetores de surto (Imagem 2) desviam essas correntes para a terra e limitam a sobretensão a valores compatíveis com os equipamentos conectados à rede. Os dispositivos protetores de surto foram desenvolvidos para limitar sobretensões transientes e desviar as altas correntes provenientes de descargas atmosféricas. São necessários em qualquer instalação industrial, comercial ou residencial que tenha risco de sofrer danos por sobretensão. O manual também explica que no caso de uma corrente de surto exceder a capacidade máxima do dispositivo, irá chavear para a posição de reserva de segurança e o contato remoto de indicação irá mudar para a posição de fim de vida útil. Isso é possível, porque na posição de reserva de segurança a proteção é garantida pelo sistema de desconexão do segundo estágio, ou seja, quando o primeiro varistor chega ao fim de sua vida útil será desconectado e o segundo varistor entra em operação, continuando com a proteção e avisando o operador da breve necessidade de troca do cartucho.

Para proteção das entradas e saídas analógicas do CLP da ETE Bertioga foram utilizados isoladores galvânicos.

No catálogo do protetor galvânico ETI 50 (2002), disponível no site da TJM Automação e Controle, o fabricante ABB explica que a separação galvânica é utilizada para o isolamento entre circuitos independentes. Esses circuitos podem estar associados em uma mesma malha sujeitas a uma diferença de potencial elétrico, o que, se ocorrer, pode ocasionar danos aos instrumentos ou causar interferências indesejáveis na medição. É próprio para conversão de um sinal de entrada de tensão ou corrente contínua, em um sinal proporcional e independente

da carga. O sinal de saída é compatível para ligações de diversos instrumentos, tais como: indicadores analógicos ou digitais, registradores gráficos, controladores, conversores analógico-digitais e outros.

As entradas e saídas digitais do CLP da ETE Bertioga são isoladas das interligações de campo por bornes relés de estado sólido. Este tipo de relé permite grande quantidade de manobras.



Imagem 2 – Protetor de Surto VAL-MS.
Fonte: Site de catálogo de produtos da Phoenix Contacts.

4.1.2 Inversor de Frequência

Segundo Alexandre Capelli (2007) inversor de frequência é um equipamento utilizado para acionar motores elétricos de corrente alternada (CA). Tem como função controlar a velocidade e o torque, segundo um comando eletrônico. Na automação industrial, ganhou importância por contribuir na otimização das plantas fabris, pois facilitou o uso de motores alimentados por corrente alternada, já que é desta forma que a energia é distribuída.

Ainda segundo Capelli (2007), são inúmeras as vantagens do uso de inversores no acionamento de motores CA, pois o inversor contribui para redução das taxas de rejeição e consumo de material na produção; rampas de aceleração e frenagem e reduz impactos diretos sobre os componentes mecânicos, diminuindo o número de partidas e paradas bruscas.

Uma desvantagem da utilização de inversores de frequência é a geração de transientes harmônicos na energia elétrica, que prejudica a qualidade da alimentação de energia no lugar instalado e na linha de distribuição da concessionária, dependendo da potência dos motores. Cada distribuidor de energia possui normas específicas sobre a alimentação de motores e equipamentos de potência; no caso de Bertioga a Elektro solicita a utilização de filtros harmônicos.

Alguns equipamentos já possuem estes filtros incorporados, como os que foram instalados na ETE. As potências dos motores com variador de velocidade instalados são inferiores a 5 cv (cavalo vapor) e, segundo a concessionária, os filtros não seriam necessários. No entanto, este benefício influenciou na escolha do modelo (Aquadrive) e da marca adotados (Danfoss), que tinham preços semelhantes aos concorrentes sem o filtro.

4.1.3 Soft-starters

André Luiz Lenz, da Escola Senai-SP, descreve a chave *soft-starter* como sendo um módulo eletrônico tiristorizado, para partida suave de motores de indução trifásicos do tipo gaiola, que substitui as técnicas tradicionais como estrela-triângulo, chave compensadora e autotransformador. A chave *soft-starter* inicia a transferência gradual e suave de energia para o motor para aceleração do mesmo, reduzindo os trancos e golpes nos componentes mecânicos e sobrecarga na rede elétrica durante a partida.

Na ETE Bertioga os principais equipamentos motorizados utilizam *soft-starters*. Através de uma rede de comunicação com o CLP é possível monitorar a corrente dos motores e diagnóstico de falhas. Apesar de não influenciar diretamente na operação este monitoramento auxilia na manutenção dos equipamentos.

4.1.4 Válvulas eletro-pneumáticas e cilindros pneumáticos

As válvulas hidráulicas da ETE para as principais etapas do processo são comandadas eletricamente pelo CLP e atuadas através de cilindros pneumáticos.

Bonacorso e Noll (2002) descrevem as válvulas de comando eletropneumático como sendo componentes de um sistema automatizado que recebe comandos do circuito elétrico de controle, acionando os elementos de trabalho pneumático. Seu funcionamento baseia-se no deslocamento de um núcleo metálico, mediante a ação de um campo magnético, determinando a trajetória do fluxo de ar. Este acionamento é realizado por solenoides e pode ser unidirecional, acionado por um, ou bidirecional, quando acionado por dois solenoides.

A autora Roberta Gouveia (2012) escreve que um cilindro pneumático é um dispositivo utilizado para gerar força a partir da energia de um gás sob pressão. O cilindro básico é composto de uma câmara cilíndrica com um pistão móvel e canais de admissão e descarga. Quando o ar comprimido (ou outro gás) é bombeado para o fundo do cilindro, este se expande, gerado força e empurrando para cima o pistão móvel. Para poder ser usado requer que o gás seja primeiro pressurizado, que pode ser feito através de compressor.

4.1.5 CLP

Segundo Claiton Moro Franchi (2011), Controladores Lógicos Programáveis (CLP's) são controladores projetados para uso em um ambiente industrial e tem como finalidade desempenhar funções lógicas, sequenciais, temporização, contagem e aritmética, para controlar através de entradas e saídas (digitais ou analógicas) vários tipos de máquinas ou processos. O CLP e seus periféricos associados são projetados para serem facilmente integráveis em um sistema de controle industrial.

José Luiz Loureiro Alves (2005) relata que, inicialmente, o Controlador Lógico Programável (CLP) substituiria relés recebendo sinais de dispositivos de

entrada como teclas, chaves limite ou chaves digitais, acionando as saídas conforme o programa do usuário armazenado em sua memória de modo a partir motores sequencialmente, válvulas solenoides ou alarmes. Concorda com Claiton Moro Franchi (2011) sobre as finalidades de uso do CLP em ambientes industriais e descreve, ainda, que seus terminais de programação tornaram mais fácil a introdução de programas e a capacidade de monitoração em tempo real. Relata que seus subsistemas remotos reduziram ainda mais os custos de fiação, já que as entradas e saídas poderiam estar localizadas a centenas de metros de distância da CPU comunicando-se, com a mesma, através de um par de fios.

José Luiz Loureiro Alves (2005) descreve que existem várias linguagens de programação para controladores programáveis:

A padronização dessas linguagens é feita pelo IEC – International Electrotechnical Committee, através da norma IEC 1131-3 Programming Languages. Essas linguagens são classificadas como tubulares textuais e gráficas. A linguagem tubular é a Tabela de Decisão. As linguagens textuais são a Lista de Instrução (IL – Instruction List) e Texto Estruturado (ST – Structured Text) e as linguagens gráficas são o Diagrama de Escada (LD – Ladder Diagram) o Diagrama de Blocos Funcionais (FBD – Function Block Diagram) e Diagrama Funcional (SFC – Sequential Flow Chart). (ALVES, 2005, p. 243)

Em seu manual, descritivo e de operação, encontramos que a Série Ponto (mesma série utilizada na ETE Bertioga) possui uma arquitetura flexível que permite o acesso a módulos remotos via diferentes padrões de rede de campo. Os módulos eletrônicos incorporam em suas bases os bornes e fusíveis de campo, simplificando muito o projeto, montagem e comissionamento dos painéis de controle. A manutenção é facilitada pelo extensivo diagnóstico e pela troca a quente de todos os módulos de E/S. Permite acesso via internet, por meio de browser. Assim é possível a supervisão, comando e diagnóstico em equipamentos de controle.

Dentro das especificidades de cada CLP e devido a sua alta taxa de troca de dados, soluções compactas, econômicas e flexibilidade para conexão com CPUs de outros fabricantes, o escolhido para uso no processo de automação desta ETE foi o Série Ponto, da Altus, pois suas características de trabalho foram as que mais se adequaram ao proposto no projeto.

4.1.6 IHM (Interface Homem Máquina)

Winderson Santos e Paulo Rogério Silveira (2007) descrevem que, em um processo industrial, é a rede de comunicação de dados que possui a tarefa principal de levar a informação do nível do planejamento para o nível de controle, de forma a estabelecer uma rede local, possibilitando a integração entre estes. As IHM's se fazem presente para tornar o sistema automatizado mais flexível e produtivo. Dotadas de tela e teclado, possibilitam melhores condições de controle e supervisão do extenso número de variáveis existentes. Uma das formas disponíveis no mercado possui comunicação com *hardware* específico do fabricante. Por ser um dispositivo integrado ao CLP possui alta adaptação ao ambiente industrial, mas só pode ser utilizada com os equipamentos do próprio fornecedor. Existem, porém, IHMs que possibilitam comunicação com equipamentos de outros fornecedores, mas apesar da flexibilidade, possuem limitações na sua utilização com determinados produtos.

Independente do hardware utilizado, as IHM's são mais econômicas em relação aos sistemas de supervisão. Armazenam conjuntos de *setpoints* gravados em arquivos que, ao serem enviados ao controlador, definem as várias parametrizações do sistema, possibilitando ao operador alterar rapidamente uma variável com um único comando. Liberam a CPU do controlador da monitoração de anomalias do processo gerando sinais de alarme, pois age constantemente na monitoração das *tags* com possibilidade de apresentarem defeitos, podendo até sugerir as alterações necessárias para correção de falhas. Permitem a comunicação com outros computadores possibilitando trocas dinâmicas de dados. (Santos e Silveira, 2007).

Na estação de tratamento de Bertioga existem IHMs individuais instaladas na porta dos painéis para os equipamentos controlados por *soft-starter* e inversores de frequência. No painel de controle da estação, onde está instalado o CLP, também existe uma IHM que permite parametrizar os valores em automático do processo e controlar as válvulas eletropneumáticas remotamente.

4.2 INSTRUMENTOS

4.2.1 Medidores de Grandezas Elétricas

No catálogo de medidores de grandezas elétricas da Schneider Eletric é possível encontrar o modelo utilizado na ETE – Bertioga. Segundo o documento, o PM 210 (modelo do medidor) é um produto de fácil manuseio que monitora as principais grandezas elétricas: tensão, corrente, potência ativa, potência aparente, potência reativa e fator de potência. As informações podem ser visualizadas pelas três fases ou pela média trifásica. A instalação elétrica do equipamento é realizada em conjunto com transformadores de corrente (TCs) e transformadores de potência (TPs) que realizam as conversões de valores para que possam ser lidos no medidor.

4.2.2 Dosador de Cloro

Em sua página eletrônica, a GUARUJÁ Equipamentos para Saneamento apresenta um folder sobre os dados técnicos do dosador de cloro gás e descreve que o equipamento opera por um sistema sob vácuo remoto produzido pelo ejetor. O gás proveniente dos cilindros entra no equipamento através da válvula reguladora de vácuo. O diafragma atua sobre a agulha da válvula, liberando a passagem do gás, que segue até o módulo de dosagem, passando pelo rotâmetro indicativo de vazão. O fluxo de gás é controlado por válvula tipo agulha, de acionamento manual, ou por controlador automático que recebe sinal de 4 a 20 (mA) proporcionando a dosagem desejada. O gás, então, segue até o ejetor misturando-se com a água. Esta solução de água fortemente clorada vai para o ponto de aplicação. Um equipamento semelhante a esse foi instalado na ETE Bertioga para a desinfecção do efluente clarificado.

4.2.3 Analisador de Cloro

Na página da Process Instruments descreve-se que os sensores de cloro funcionam com a separação dos eletrodos realizando as medições das amostras através de uma membrana, que permite a passagem de cloro residual livre (HOCl e OCl-) ou cloro residual total (HOCl e OCl- mais cloraminas). Dentro do sensor o cloro residual encontra-se com os eletrólitos que estão a um nível baixo de pH. Isto converte a maioria de OCl- em HOCl. O HOCl reduz-se nos eletrodos de ouro e a corrente gerada é proporcional à quantidade de cloro livre ou total presente e é estimado em ppm ou mg/l.

Na ETE Bertioga o analisador de cloro é responsável para a dosagem de cloro e o monitoramento do efluente tratado enviado ao rio Itapanhaú.

4.2.4 Analisador de Oxigênio Dissolvido (OD)

Na página virtual da revista Mecatrônica Atual (2013) há um artigo publicado que relata que, além da automação do controle do processo, a medição contínua e confiável do oxigênio dissolvido assume relevada importância no tratamento de efluentes. O oxigênio dissolvido é necessário para a respiração dos micro-organismos e todas outras formas de vida aeróbicas. Uma medição *online* pode representar os valores e suas variações continuamente e disponibilizá-las por todo período de operação do processo. Por ser uma variável que pode alterar-se com facilidade, tal informação é imprescindível para uma operação eficiente do processo, pois, tanto na fase nitrificante, quanto, na fase desnitrificante, o desempenho do sistema de controle da aeração é que estabelece a carga de oxigênio no tanque de tratamento. Para que se possa determinar a concentração de oxigênio dissolvido, a análise é feita por um sensor colocado diretamente no processo.

O artigo da Mecatrônica Atual (2013) descreve que na célula galvânica processam-se reações eletroquímicas no sistema eletrodo/eletrólito, quando os dois eletrodos são interligados por um circuito elétrico externo. Essas reações na célula

produzem uma corrente que circula pelo circuito externo. A intensidade desta corrente depende da composição da solução eletrolítica, da natureza dos eletrodos, da temperatura e da forma como é constituída a célula. Independente da tecnologia, para que haja sucesso na aplicação do sensor escolhido, faz-se necessário um estudo mais aprofundado do sistema de tratamento e qual célula melhor se adapta a este processo.

O controle do oxigênio dissolvido é essencial no processo de aeração da ETE, pois o excesso de oxigênio misturado ao efluente faz com que bactérias patogênicas se proliferem e o nível baixo pode matar as bactérias responsáveis pela digestão do lodo.

4.2.5 Medidor de Vazão Ultrassônico / Calha Parshall

No manual de instalação da A. F. MASTER Sistema de Medição LTDA, consta que a calha Parshall é muito utilizada em aplicações industriais e de saneamento para a medição de vazão em canais abertos, onde líquidos fluem por gravidade, como por exemplo, nas estações de tratamento de água para medir de forma contínua as vazões de entrada e saída, além de atuar como misturador rápido, facilitando a dispersão dos coagulantes durante o processo.

O manual da F. Master Sistema de Medição LTDA, descreve que a calha Parshall, como medidor de vazão, poderá situar-se na condição de escoamento livre (onde a vazão é obtida mediante a leitura da lâmina d'água). Essa leitura deve ser feita no início da seção convergente e o valor, em centímetros, deverá ser comparado com os valores da tabela de vazão, já calculada para os medidores Parshall mais comuns. Para se alcançar o valor de vazão ou nível da calha em processos automatizados é utilizado um medidor ultrassônico.

José Luiz Loureiro Alves (2005) diz que a velocidade de propagação do som em um fluido tem relação com sua densidade, mas, se esta densidade for constante, pode-se utilizar o tempo de reflexão ou para atravessar o fluido, ou como forma de determinação de sua vazão.

A Incontrol (2005) descreve em seu manual de operação que o medidor de nível ultrassônico baseia-se no tempo de trânsito que uma onda sonora leva para se deslocar em um meio. O sensor emite uma onda na frequência do ultrassom que ao atingir a superfície o sinal é refletido novamente ao sensor. Pelo tempo entre a emissão e o retorno, obtêm-se a distância percorrida. O sinal é enviado a um módulo eletrônico para ser processado que, por um algoritmo, será convertido em vazão, nível ou outra variável associada. Além de ser responsável pelo cálculo o módulo responde, também, por outras funções, tais como: linearização do sinal, saída de 4 a 20 mA, totalização de vazão, alarme e comunicação digital.

Apesar de existir apenas um medidor de vazão com calha Parshall instalado na ETE, ele permite ao operador tomar decisões em tempo hábil para manobras manuais e remotas do sistema. O histórico da entrada de vazão também ajuda a traçar o perfil de consumo de água dos habitantes de Bertioga.

4.2.6 Chaves Boia

A Nivitec, em seu site, apresenta um catálogo que define a chave de nível - tipo boia magnética - como sendo um instrumento utilizado na detecção e controle de nível em tanques ou reservatórios, onde são armazenados materiais líquidos como água, produtos químicos (agressivos ou não), óleos, entre outros. Seu funcionamento baseia-se no movimento de uma boia em torno de uma haste onde estão definidos os respectivos pontos de atuação; quando a boia atinge cada um desses pontos, a saída correspondente (contato elétrico) é acionada. A chave permite a definição de até 5 pontos de atuação que podem ser usados para funções de alarme ou controle.

Já a apostila de Instrumentação Industrial, elaborada pelo professor Luis Francisco Casteletti, do Colégio Politec, apresenta a descrição de que o sistema de controle de nível por boia baseia-se na mudança de altura de um flutuador colocado na superfície de um líquido. Seu movimento pode transmitir uma informação contínua que possibilita o conhecimento da altura efetiva ocupado pelo líquido dentro do recipiente que o contém.

Na estação de tratamento de Bertioga são utilizadas chaves boias para determinar o nível dos tanques do processo. Várias ações do processo em automático ocorrem em circunstância do acionamento das boias.

5 DESCRITIVO DE FUNCIONAMENTO DA ESTAÇÃO

Tendo como base os trabalhos executados e o descritivo de automação desenvolvido pelo Eng. Edson Hatchka (revisado por Bruno Luiz Rogerio e aprovado pelo Eng. Victor Hugo), tem-se como objetivo descrever a forma de operação da ETE Bertioga após a implantação do sistema de automação. Recomenda-se verificar os APÊNDICES para se familiarizar com os Tags utilizados e algumas partes do código de programação e configurações do sistema.

5.1 COMANDOS LOCAIS

Todos os equipamentos motorizados possuem comando elétrico em um painel de acionamento, que contém uma chave seletora onde permite as seguintes posições:

- Desligado - Estará bloqueado para operação local ou remota,
- Local - permitirá o acionamento localmente pelos botões (liga e desliga),
- Remoto - Estará habilitado para o acionamento através do CLP, sendo que o comando poderá ser remoto manual ou automático e
 - Manutenção - Estará habilitado a operar sem as proteções hidráulicas e intertravamentos.

Para as válvulas eletropneumáticas o comando local ou manual é efetuado direto na válvula de comando, acionando uma rosca que permite desprezar o comando do solenoide e acionar mecanicamente a posição desejada da válvula.

5.2 COMANDOS AUTOMÁTICOS E REMOTOS

Em alguns painéis elétricos é possível selecionar a chave de posição para remoto e assim controlar o acionamento pelo CLP. Para as válvulas não existe um *feedback* da rosca de ajuste, então o sistema entende que o equipamento deverá estar em automático, remoto ou com algum problema de acionamento (quando uma ação esperada não for realizada em um intervalo de 30 segundos).

No supervisor e na IHM é possível selecionar se um equipamento ou um conjunto de equipamentos terá comando remoto ou automático. Quando um comando for efetuado em modo remoto, será exigida uma confirmação da ação e dependendo do equipamento alguns avisos são emitidos como, por exemplo, “Verifique a posição das válvulas manuais antes de confirmar”.

Nos tanques de aeração e na caixa das válvulas de primeira água a seleção do tipo de comando é em grupo. Faz-se necessário abrir a tela de configuração/*set-points* de cada tanque para determinar se o grupo dos equipamentos será acionado em modo automático ou remoto.

5.3 STATUS DOS EQUIPAMENTOS E INSTRUMENTOS

Para cada equipamento existem informações individuais sobre o tipo de comando (automático, local ou remoto) e status (ligado, desligado ou em defeito). Para as válvulas eletropneumáticas os status são: aberta, fechada e falha na operação.

5.4 HISTÓRICO DAS VARIÁVEIS DO SISTEMA

Todas as medições *on-line* são historiadas. Os status dos equipamentos e valores dos instrumentos são armazenados a cada 60 segundos. Valores de

grandezas elétricas e de diagnóstico são registrados a cada 15 minutos. O disco rígido do servidor de dados possui um *terabyte* de espaço, o que permite armazenar estas informações por pelo menos cinco anos.

5.5 ALARMES

Para as indicações de defeito e falhas são necessários os reconhecimentos de alarmes (imagem 3), o que pode ser realizado confirmando a mensagem de aviso (imagem 4) ou clicando na área da tela que estiver visível. Eles são informados ao sistema de supervisão ou supervisório independentemente da tela atual que está sendo visualizada.

Na IHM os alarmes são armazenados em uma tela específica, onde somente é possível identificar os que estão ativos. As imagens 3 e 4 demonstram como esses alarmes são informados ao operador:

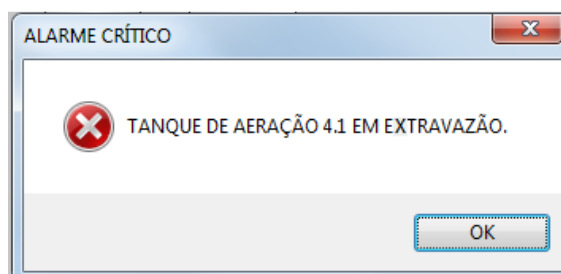


Imagem 3 - Mensagem de alarme crítico de extravazão no tanque 4.1
Fonte: Autoria própria.

Ack	Time In	Date In	Time Last	Tagname	Description	Status	Value
	15:45:33,862	18/11/2011	15:45:33,862	NEUT_DETEC_CL	Alarme de Clr CFN	CLOSE	
	15:43:10,855	18/11/2011	15:43:10,855	NEUT_EXAUST_LIG	Exaustor do l CFN	OPEN	
	15:16:59,122	18/11/2011	15:16:59,122	TQ_AER_DEC_04_ALTO	Tanque de Ae CFN	CLOSE	
	15:09:47,106	18/11/2011	15:10:03,334	AER-01B_LOC	Aerador AER-COS	OPEN	
	14:40:56,220	18/11/2011	14:51:18,842	BDA_01_LIG	Bomba de Ar COS	OPEN	
	14:32:52,877	18/11/2011	14:32:52,877	VALV_PA_FEC_VEP14	VÁLVULA PFCFN	OPEN	
	14:09:44,300	18/11/2011	14:09:44,300	CCMMIS_01_FALT_FASE	Falta de Fase CFN	OPEN	

Imagem 4 - Canto da tela do sistema de supervisão com o resumo dos últimos alarmes
Fonte: Autoria própria.

5.6 TRATAMENTO PRELIMINAR

Os tratamentos preliminares (TP-01 e TP-02) são dois conjuntos de equipamentos que possuem grades e sistemas de roscas para retirar os sólidos grosseiros e a areia. Pode-se observar na fotografia 1 os dois conjuntos que compõem o pré-tratamento e na fotografia 2 a saída dos resíduos para as caçambas.

Toda lógica de operação está incorporada ao painel do próprio equipamento, que comanda as roscas de sólidos grosseiros e de retirada de areia.

No supervisório (imagem 5) é possível visualizar o status de cada equipamento: em operação, desligado e em falha. Também é possível habilitar e desabilitar remotamente os equipamentos. São acionados alarmes quando os equipamentos estão em defeito e se TP-01 e TP-02 estão desabilitados ao mesmo tempo.



Fotografia 1 - Vista frontal dos dois conjuntos que compõem o pré-tratamento do afluyente
Fonte: Autoria própria.



Fotografia 2 - Vista lateral do pré-tratamento. A caçamba do lado esquerdo recebe os sólidos grosseiros e a do direito, areia
Fonte: Autoria própria.

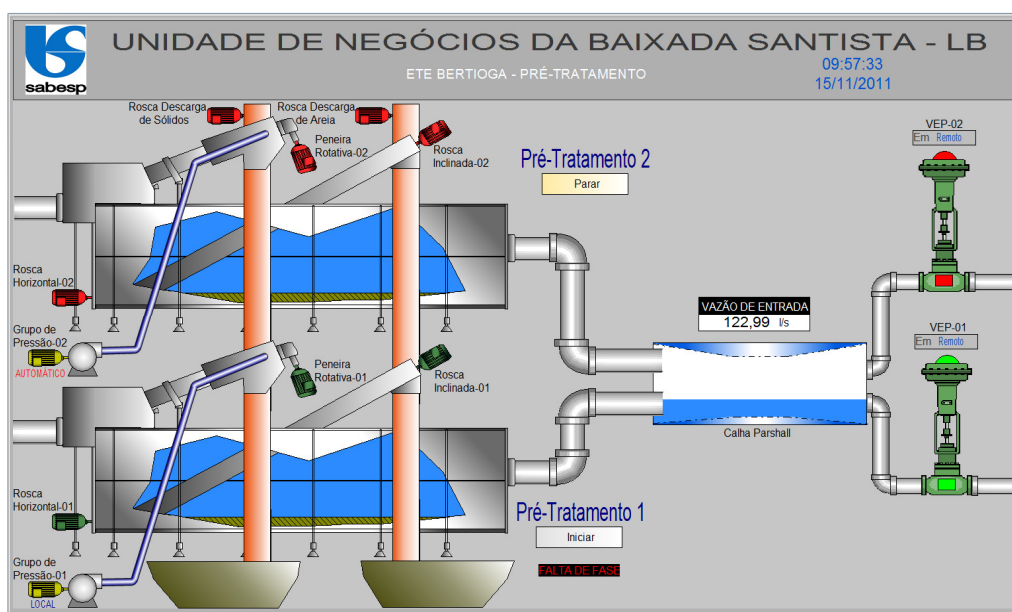


Imagem 5 - Tela no sistema de supervisão do pré-tratamento
Fonte: Autoria própria.

5.7 MEDIDOR DE VAZÃO

O medidor de vazão mostrado na fotografia 3 (FT-01) é instalado na calha Parshall (fotografia 4) de entrada e tem como objetivo informar a vazão instantânea

que entra na estação de tratamento. No sistema de supervisão é possível visualizar a vazão instantânea em litros por segundo l/s e o volume acumulado em m³. O volume acumulado poderá ser resetado pelo operador. O alarme “VAZÃO DE ESGOTO BRUTO MUITO ALTA” pode ser informado independentemente da tela que está sendo visualizada.



Fotografia 3 - Medidor de vazão de entrada de esgoto
Fonte: Autoria própria.



Fotografia 4 - Calha Parshall com medidor ultrassônico instalado
Fonte: Autoria própria.

5.8 DISTRIBUIDORES DE VAZÃO

Os distribuidores de vazão (VEP-01 E VEP-02, mostrados na fotografia 5) são válvulas eletro-pneumáticas do tipo aberto/fechado e tem como objetivo distribuir a vazão para os conjuntos de tanques de aeração e decantação nomeados 4.1/4.2 e 4.3/4.4.

É possível monitorar os seguintes status das válvulas no sistema de supervisão: fechada, aberta, habilitada para comando manual remoto e habilitadas para operação automática. Funcionam juntamente com os demais equipamentos do mesmo conjunto de tanques e operam nas formas: manual local (com comando direto no sistema do próprio equipamento) e remoto manual (o operador dará o comando para abrir ou fechar com intertravamento automático na operação dos tanques 4.1 / 4.2 / 4.3 / 4.4).

A VEP-01 deverá estar aberta sempre que uma das comportas dos tanques 4.1 ou 4.2 (VEP-03 e VEP-04) estiverem abertas e deverá estar fechada quando estas também estiverem. Já a VEP-02 deverá estar aberta sempre que uma das comportas dos tanques 4.3 ou 4.4 (VEP-05 e VEP-06) estiverem abertas e fechada quando estas também estiverem.

Como a VEP-01 e a VEP-02 são responsáveis por conjuntos de vazão diferentes, quando estiverem em modo automático ou remoto as válvulas VEP-01 e VEP-02 nunca estarão fechadas simultaneamente. Caso essa operação seja solicitada a mensagem: "ABRIR COMPORTA MANUAL DE BY PASS" é visualizada. Pode ser visualizada no sistema de supervisão a informação de que uma das válvulas de distribuição de vazão está aberta quando as duas comportas dos tanques correspondentes estão fechadas.



Fotografia 5 - Comportas de entrada do efluente bruto. a esquerda VEP-01 para os tanques 4.1 e 4.2 e a direita a VEP-02 para os tanques 4.3 e 4.4
Fonte: Autoria própria.

5.9 TANQUES DE AERAÇÃO E DECANTAÇÃO

Existem na ETE Bertioga quatro tanques de aeração e decantação (4.1, 4.2, 4.3 – fotografia 6 – e 4.4) que possuem os equipamentos e instrumentos descritos na sequência.



Fotografia 6 - Tanque de aeração 4.3
Fonte: Autoria própria.

5.9.1 Comportas/Válvulas Eletropneumáticas

As comportas/válvulas eletropneumáticas (VEP-03, VEP-04, VEP-05, VEP-06, VEP-09, VEP-10, VEP-11, VEP-12, VEP-13, VEP-14, VEP-15 e VEP-16) têm como objetivo controlar o fluxo de entrada de esgoto bruto, descarte de lodo e efluente nos tanques de aeração/decantação, como podemos observar nas fotografias 7 e 8. No sistema de supervisão é possível monitorar os status: fechada, aberta, habilitada para comando manual remoto e habilitadas para operação automática.

As válvulas e comportas podem operar em: remoto manual - quando o operador dará o comando para abrir ou fechar - e em automático - que funcionam junto com os demais equipamentos de cada tanque.

Os alarmes de válvulas de entrada de esgoto bruto e saída de efluente do mesmo tanque, quando abertas simultaneamente, são informados no sistema supervisor.



Fotografia 7 - Comporta de entrada VEP- 06 do tanque 4.4
Fonte: Autoria própria.



Fotografia 8 - Válvula VEP- 12 de descarte de efluente do tanque 4.2
Fonte: Autoria própria.

5.9.2 Aeradores Flutuantes

Os aeradores flutuantes (fotografia 9) tem o objetivo de introduzir o oxigênio da atmosfera ao processo de tratamento.

Na ETE Bertioga os AER-4.1 A, AER-4.1 B, AER-4.2 A, AER-4.2 B, AER-4.3 A, AER-4.3 B, AER-4.4 A, AER-4.4 B são acionados por soft-starter. Grandezas elétricas e status de manutenção podem ser monitorados no sistema de supervisão através da rede Modbus.

No sistema de supervisão é possível visualizar os status de cada equipamento: em operação, desligado, em falha, selecionado para operação automática, selecionado para operação remota e selecionado para operação em manual. Além disso, os aeradores poderão operar nas formas: manual local (quando o comando local independe dos demais aeradores, da situação das chaves de nível e das válvulas); remoto manual (quando o operador dará o comando para ligar/desligar cada equipamento independente dos demais aeradores, da situação das chaves de nível e das válvulas) e automático (quando tanto os aeradores quanto os outros equipamentos do tanque são habilitados para a operação automática).

Além das indicações de defeito, também é informado ao sistema de supervisão o alarme: “AERADOR xx LIGADO DURANTE RETIRADA DO EFLUENTE TANQUE xx”.



Fotografia 9 - Aerador AER – 4.3A
Fonte: Autoria própria.

5.9.3 Analisadores de Oxigênio Dissolvido

Os analisadores de oxigênio dissolvido (OD-4.1, OD-4.2, OD-4.3 e OD-4.4) tem como objetivo informar o valor instantâneo do teor de oxigênio dissolvido em cada tanque de aeração, como pode ser observado na fotografia 10. No sistema de supervisão há a indicação dos valores de cada instrumento em seu respectivo tanque.

Em caso de falha de um ou mais analisadores é possível habilitar um simulador dos valores de cada equipamento, evitando problemas no sistema em automático dos tanques de aeração. Os limites das leituras de O.D (alto e baixo) são alarmes informados ao sistema.



Fotografia 10 - Eletrônica do analisador de oxigênio dissolvido dos tanques 4.1 e 4.2
Fonte: Autoria própria.

5.9.4 Misturadores Submersíveis

Os misturadores submersíveis (MIX-4.1A, MIX-4.1.B, MIX-4.1.C, MIX-4.2.A, MIX-4.2.B, MIX-4.2.C, MIX-4.3.A, MIX-4.3.B, MIX-4.3.C, MIX-4.4.A, MIX-4.4.B e MIX-4.4.C) tem como objetivo homogeneizar o lodo no interior dos tanques de aeração e decantação.

No sistema de supervisão é possível visualizar o status de cada equipamento, que são: em operação, desligado, em falha, operação manual, operação remota e operação em automático.

Os misturadores (fotografia 11) podem ser comandados localmente sem depender dos outros equipamentos, em remoto manual através do supervisório ou em automático operando em conjunto com os demais equipamentos. Além disso, os alarmes de defeito dos equipamentos: “MISTURADOR xx LIGADO DURANTE RETIRADA DO EFLUENTE TANQUE xx” e “MISTURADOR xx DESABILITADO DA OPERAÇÃO AUTOMÁTICA” são informados ao sistema supervisório.



Fotografia 11 - Misturador MIX-4.2A com visto do fundo do tanque 4.2 assoreado
Fonte: Autoria própria.

5.10 OPERAÇÃO AUTOMÁTICA DOS TANQUES DE AERAÇÃO

5.10.1 Observações Gerais

Os tanques da ETE Bertioga tem a possibilidade de funcionar de forma independente uns dos outros, com a ressalva de que, se apenas um dos tanques estiver habilitado em determinada etapa do processo, as válvulas de descarte de efluente tratado poderão abrir, ou seja, o tanque funcionará com by-pass de esgoto.

Ao colocar um tanque em automático, todos os equipamentos que o compõem também serão selecionados para funcionar dessa forma, desde que nos painéis elétricos a chave seletora fique na posição Remoto. Quando nenhum aerador estiver disponível para o funcionamento em automático tanto o tanque quanto os outros equipamentos serão desabilitados. Quando um dos componentes do tanque não estiver qualificado será informado ao operador a mensagem: “EQUIPAMENTO xx NÃO SE ENCONTRA HABILITADO PARA OPERAÇÃO REMOTA”. Na imagem 6 pode-se observar a tela geral de monitoração dos tanques.

O sistema segue uma sequência pré-estabelecida para o acionamento dos tanques. Se for respeitado o status de comando dos equipamentos e a confirmação

de “tanque habilitado” a ordem natural deverá ser: tanque 4.1, 4.2, 4.3 e 4.4. Quando um ou mais tanques não estiverem disponíveis a sequência seguirá para o próximo habilitado.

Durante o período de repouso, ou seja, após a conclusão do ciclo de cada tanque, torna-se possível habilitar que os aeradores e/ou misturadores fiquem acionados. Na tela de ajustes e *set-points* (imagem 7) de cada tanque existe a informação da fase atual e o tempo decorrido.



Imagem 6 - Tela geral dos tanques de aeração e decantação
Fonte: Autoria própria.

Tanque de Aeração 4.4		
LÓGICA DE FUNCIONAMENTO DO TANQUE	REMOTO	Tempo Decorrido
TEMPO PARA ENCHIMENTO COM MISTURADORES LIGADOS	3 min	<input type="radio"/> 0 min
TEMPO PARA ENCHIMENTO COM AERAÇÃO	150 min	<input type="radio"/> 0 min
TEMPO PARA AERAÇÃO	0 min	<input type="radio"/> 0 min
TEMPO PARA SEDIMENTAÇÃO	60 min	<input type="radio"/> 0 min
TEMPO PARA RETIRADA DE EFLUENTE	55 min	<input type="radio"/> 0 min
TEOR DE OD PARA LIGAR OS AERADORES	7,00 mg/l	QUANDO NA ESPERA PARA CICLO: AERADORES: <input type="button" value="HABILITADOS"/> MISTURADORES: <input type="button" value="DESABILITADOS"/>
SIMULADOR DE OD	DESABILITADO 1,12 mg/l	
TEOR DE OD PARA DESLIGAR OS AERADORES	10,0 mg/l	
<input type="button" value="Aplicar"/> <input type="button" value="Fechar"/>		

Imagem 7 - Tela de configuração no supervisório do tanque 4.4
Fonte: Autoria própria.

5.10.2 Set Points de teor de Oxigênio Dissolvido

Para cada aerador do tanque existe *set-points* de teor de O.D. para habilitar e desabilitar o equipamento. O *set-point* para ligar o aerador funcionará apenas quando o valor determinado for menor do que o *set-point* para desligar.

5.10.3 Etapa de enchimento dos tanques com o misturador ligado

Esta é a primeira fase na sequência de funcionamento dos tanques. Um temporizador ajustável inicia a contagem com a abertura da comporta de entrada do tanque. Após a confirmação da abertura um comando é enviado para acionar os três misturadores (MIX) respectivos ao tanque. Quando o temporizador chegar ao valor ajustado será iniciada a segunda fase. Se a chave de nível alto do tanque (LSH 4.x) for acionada antes inicia-se diretamente a terceira fase.

5.10.4 Etapa para enchimento com Aeração

Esta é a segunda fase na sequência de funcionamento dos tanques. Assim como na primeira, também existe um temporizador ajustável para o tempo máximo desta etapa, onde mantém aberta a comporta de entrada do tanque e os misturadores ligados. Os dois aeradores são energizados, respeitando os limites estabelecidos no *set-point* de teor de O.D. Quando o temporizador chegar ao valor ajustado ou a chave de nível alto (LSH 4.x) for acionada inicia-se a terceira fase.

5.10.5 Etapa de Aeração

Esta é a terceira fase na sequência de funcionamento dos tanques. Assim como nas duas primeiras, também existe um temporizador ajustável para o tempo máximo, onde abre-se a comporta de entrada do próximo tanque da sequência em automático. Quando não houver outro tanque disponível em automático (desabilitado, fase de sedimentação ou descarte) a comporta de entrada deverá ficar aberta enquanto a chave de nível alto (LSH 4.x) não estiver acionada. Se a LSH 4.x for atuada e ainda nenhum tanque estiver disponível os aeradores e misturadores serão desligados. Um temporizador de 25 minutos será acionado e ao término a mensagem: "CICLO DE OPERAÇÃO TANQUE 4.x INCOMPLETO" será informada ao operador iniciando-se diretamente a quinta fase.

Se houver um tanque disponível na sequência, após a confirmação de abertura da comporta subsequente, fecha-se a atual. Mantêm-se os aeradores e misturadores ligados, respeitando os limites estabelecidos no *set-point* de teor de O.D. Quando o temporizador chegar ao valor ajustado inicia-se a quarta fase.

5.10.6 Etapa de Sedimentação

Esta é a quarta fase na sequência de funcionamento dos tanques. Existe um temporizador ajustável para o tempo máximo desta etapa. Os aeradores e misturadores serão desligados independentemente do *set-point* do teor de O.D.

Quando o temporizador chegar ao valor ajustado inicia-se a quinta fase.

5.10.7 Etapa de Retirada do Efluente

Esta é a quinta e última fase na sequência de funcionamento dos tanques. Assim como as outras também existe um temporizador ajustável (em minutos) para o tempo máximo desta etapa, que abre a válvula de descarte de efluente respectiva ao tanque. Quando o temporizador chegar ao valor ajustado ou a chave de nível baixo (LSL 4.x) for acionada, fecha-se a válvula. O tanque entrará em repouso e será habilitado para um novo ciclo.

Não é possível abrir mais do que uma válvula de descarte de efluente (VEP 10, 12, 13 ou 15) ao mesmo tempo em automático ou duas válvulas em comando remoto. Se ocorrer esta solicitação em automático ou remoto uma fila de acionamento será estabelecida. Quando a válvula de maior prioridade for fechada segue a próxima da sequência.

5.11 CAIXA DE VÁLVULAS DE PRIMEIRA ÁGUA

No início do descarte de efluente dos tanques um pouco de lodo pode ser enviado aos tanques de contato. Para evitar este problema foi criada uma caixa de válvulas chamada de “Primeira Água”, como pode ser observada na fotografia 12. Por um tempo, ajustável, o efluente do tanque é enviado para a elevatória de

recirculação e depois as válvulas (VEP-07 e VEP-08) se ajustam para enviar o efluente tratado para desinfecção no tanque de contato.

As válvulas VEP-07 e VEP-08 funcionam em conjunto, podendo estar em automático ou em remoto desde que simultaneamente. Quando um dos tanques entra em funcionamento automático e o conjunto de válvulas de primeira água não estiver, uma janela de confirmação irá informar que este sistema terá seu tipo de comando alterado para automático. O sistema de manobras é acionado quando as válvulas VEP-10, VEP-12, VEP-13 e VEP-15 são abertas.

Se um dos tanques estiver em funcionamento manual local ou remoto é possível desabilitar o acionamento automático das válvulas VEP-07 e VEP-08. No entanto quando um dos tanques que estiver em automático entrar na fase de retirada de fluente será necessário que o operador confirme a abertura da válvula respectiva do tanque. Quando todas as válvulas de retirada de efluentes dos tanques estiverem fechadas, a VEP-08 estará fechada e a VEP-07 aberta.

Quando for solicitada (pelo sistema) a VEP-08 irá abrir e simultaneamente a VEP-07 irá fechar. Quando o valor de tempo estabelecido for atingido as válvulas retornarão para a posição inicial. Os tempos das manobras (medidos em segundos) de cada tanque são ajustáveis e diferentes em razão da hidráulica e da distância entre eles.

Os status disponíveis no sistema de supervisão são: aberta, fechada, comando remoto e comando automático.

Quando o tempo de abertura ou fechamento das válvulas ultrapassar o valor configurado e quando as duas válvulas estiverem fechadas ao mesmo tempo (falha no acionamento) irão aparecer indicações de alarmes na tela.



Fotografia 12 - Caixa de válvulas de primeira água
Fonte: Autoria própria.

5.12 RETIRADA DO EXCESSO DE LODO

As bombas de lodo (BDP-01A e BDP-01B, fotografia 13) e as válvulas com acionamento eletropneumático do descarte de lodo dos tanques (VEP-09, VEP-11, VEP-14 e VEP-16) tem como objetivo transferir o acúmulo excedente dos tanques de aeração/decantação para os adensadores. As bombas informam os seguintes status no supervisório: desligada, ligada, comando local, comando remoto e defeito. Não existe comando automático para as válvulas de descarte de lodo, por isso os status são: comando remoto, aberta e fechada.

Ao comandar remotamente as bombas de lodo o operador receberá o aviso: “CONFIRMAR ABERTURA DAS VÁLVULAS MANUAIS E PENUMÁTICAS”.



Fotografia 13 - Bombas de lodo e painel comando ao fundo
Fonte: Autoria própria.

5.13 ELEVATÓRIA DE RECIRCULAÇÃO

A elevatória com as motobombas (BS-01A e BS-01B) tem o objetivo de transferir o efluente bruto (proveniente de caminhões fossa ou que foi rejeitado dos tanques pela caixa de primeira água) para a caixa de entrada do sistema de pré-tratamento.

Por fazer parte do sistema antigo da ETE, a elevatória possui um painel elétrico que aciona automaticamente as bombas através de boias. Nenhum status é enviado para o CLP ou sistema de supervisão, mas um aviso sonoro é acionado se a boia de extravasão for atingida.

5.14 CÂMARAS DE CONTATO

É um tanque com câmaras em zig-zag e tem como objetivo garantir um tempo de reação química e biológica (contato) para o consumo da desinfecção com a dosagem de gás cloro. Como pode ser observada na fotografia 14, a válvula VEP-

17 está instalada no início desse tanque e possui controle através de comando remoto. Tem apenas os status de aberta, fechada e comando remoto no sistema de supervisão.

O fechamento da válvula deverá ocorrer somente em casos de manutenção das câmaras de contato. Caso isso ocorra o alarme: “Válvula VEP-17 fechada com válvula de retirada de efluente aberta” será informado ao operador.



Fotografia 14 - Tanque de câmaras de contato. Ao fundo no lado esquerdo as bombas de arraste de cloro (BDA-01 e BDA-02) e do lado direito a VEP-17
Fonte: Autoria própria.

5.15 ANALISADOR DE CLORO LIVRE

O analisador de cloro (CL-01) informa o valor atual do teor de cloro residual em partes por milhão (ppm) para o CLP e sistema de supervisão, como pode ser observado nas fotografias 15 e 16. Também é a principal variável controladora do sistema de dosagem de cloro. No sistema de supervisão são visualizados os alarmes: “TEOR DE CLORO ALTO NO EFLUENTE FINAL” e “TEOR DE CLORO BAIXO NO EFLUENTE FINAL”



Fotografia 15 - Analisador de cloro livre
Fonte: Autoria própria.



Fotografia 16 - Montagem do bulbo com o sensor de cloro, analisador de cloro livre e bomba de ácido clorídrico
Fonte: Autoria própria.

5.16 ELEVATÓRIA DE EFLUENTE FINAL

O objetivo deste sistema de bombeamento (motobombas BS-02A, BS-02B, BS-02C e BS-02D) é transferir o efluente final da saída das câmaras de contato para

o corpo receptor, o rio Itapanhau. Essa elevatória de efluente final faz parte do sistema antigo da estação. Apenas será informado ao supervisor quando uma ou duas bombas estão ligadas.

O comando automático é realizado nos painéis elétricos de controle das bombas e são acionadas por um sistema de boias e revezamento por contator.

5.17 ADENSADORES E ELEVATÓRIA DE LODO ADENSADO

Três adensadores armazenam e retiram o excedente de líquidos do lodo por decantação, enviando o resultado para a elevatória de recirculação (fotografia 17). A elevatória de lodo adensado (através das motobombas respectivas BDP-02A, BDP-2B e BDP-02C) transfere a parte pastosa dos adensadores para o tanque de lodo adensado.

Por fazer parte do sistema antigo da estação a elevatória possui apenas o comando manual das bombas. Nenhum status é enviado para o CLP ou para o operador. No sistema de supervisão existe uma tela do tratamento de lodo, onde é possível informar qual dos adensadores está sendo utilizado.



Fotografia 17 - Vista interna do Adensador 03
Fonte: Autoria própria.

5.18 TANQUE DE LODO ADENSADO

O agitador de lodo (MIX-02, fotografia 18) tem o objetivo de homogeneizar o lodo adensado. Pode ser comandado automaticamente, manualmente e remotamente. Em modo automático é habilitado quando a chave de nível baixo LSL-07 estiver desacionada e desliga o equipamento quando o nível abaixar.

São apresentados na tela do sistema de supervisão os seguintes status: nível alto, nível baixo, ligado, desligado, defeito, comando local, comando remoto e comando automático.

Independentemente da tela que estiver sendo visualizada aparecerão os alarmes: defeito do misturador e “NÍVEL MUITO ALTO NO TANQUE DE LODO ADENSADO”.



Fotografia 18 - Tanque de lodo adensado
Fonte: Autoria própria.

5.19 TRANSFERÊNCIA DE LODO PARA AS CENTRÍFUGAS

As bombas transferem o produto do reservatório de lodo adensado para as centrífugas. As bombas BDP-03 A e BDP-03 B alimentam a centrífuga DC-01 A e as bombas BDP-4 A e BDP-04 B alimentam a centrífuga DC-01B.

O comando é local, mas possui intertravamento com as centrífugas. Somente é possível ligar as bombas quando o comando da centrífuga respectiva permitir. Existe também uma proteção hidráulica; quando a boia de nível baixo do tanque de lodo adensado (LSL-07) for acionada impedirá o funcionamento das bombas.

Para permitir o controle da densidade de lodo enviado às centrífugas é possível ajustar, com um potenciômetro, a velocidade do inversor de frequência que comanda a bomba respectiva. São informados nas telas de supervisão os status de ligado, desligado e defeito. Também são registrados no sistema de supervisão os alarmes: “BOMBA DE LODO FOI DESLIGADA, POR NÍVEL BAIXO NO TANQUE DE LODO”.

5.20 CENTRÍFUGAS

As centrífugas (fotografia 19) DEC-01A e DEC-1B misturam o polímero preparado com o lodo adensado com o objetivo de desidratá-lo. Os raspadores de lodo RAS-01A e RAS-01B, retiram o lodo incrustado nos tambores rotativos das centrífugas respectivas.

Não existe comando automático ou remoto para acionamento através do CLP, o operador precisa acionar manualmente a centrífuga. Quando atingir uma determinada rotação habilitará o acionamento das bombas respectivas de transferência de lodo e os raspadores. Um encoder para cada equipamento informa a um controlador no painel de comando a velocidade em RPM.

São apresentados na tela do sistema supervisão os status: ligado, desligado, defeito e comando local. Além disso, pode ser visualizado o alarme: “NÍVEL MUITO ALTO NO TANQUE DE LODO ADENSADO”.



Fotografia 19 – Centrifugas
Fonte: Autoria própria.

5.21 PREPARADORES DE POLÍMERO

Os (PP-01 e PP-02) tem o objetivo de preparar e dosar o polímero para a centrífuga respectiva. Os preparadores (fotografia 20) são comandados localmente em conjunto com as centrífugas e são informados os status de ligado, desligado e defeito de cada equipamento para o sistema de supervisão.



Fotografia 20 - Preparador de polímero
Fonte: Autoria própria.

5.22 BOMBAS DE ÁGUA PARA A PREPARAÇÃO DE POLÍMERO

As bombas (BC-1A e BC-1B) são comandadas localmente em conjunto com os preparadores de polímeros e os alimentam com água limpa. São informados os status de ligado, desligado e defeito de cada equipamento para o sistema de supervisão.

5.23 BOMBAS DE ARRASTE DE CLORO

As bombas (BDA-01 e BDA-02) mantêm o fluxo de água para o arraste de cloro das dosadoras DSL-01 e DSL-02. As bombas podem ser comandadas automaticamente, manualmente e remotamente. Em automático acompanham o revezamento da dosadora de cloro respectiva (quando a dosadora é habilitada a bomba é ligada simultaneamente).

5.24 DOSAGEM DE CLORO

As dosadoras (DSL-01 e DSL-02) tem o objetivo de controlar o fluxo de gás cloro despejado na entrada das câmaras de contato. Seu controle pode ser manual ou remoto pelo CLP. O cloro é o agente de desinfecção utilizado na ETE Bertioga.

Quando a chave da dosadora está posicionada para o controle pelo CLP a indicação de cloro que está sendo dosado é informada no sistema de supervisão.

Apenas uma dosadora será habilitada por vez, sendo de responsabilidade do operador selecionar qual é a mais conveniente.

Em comando automático existem três possibilidades de controle: Dosagem Fixa, dosagem automática e dosagem por PID.

Alguns valores de *set-point* devem ser preenchidos para o funcionamento em automático. Para todos os casos é necessário informar o tempo de dosagem antes que as bombas da elevatória final entrem em operação; se nenhuma bomba ligar, a dosagem é interrompida por segurança.

Os parâmetros de tempo de reação do tanque de contato e o valor residual de cloro desejado são para o funcionamento de dosagem automática e para o PID.

Apesar do controle PID não ser o recomendável, pois não é um sistema completamente contínuo, foi inserido os parâmetros convencionados (controle proporcional, derivativo e tempo integral) no caso de alguma intervenção futura.

Como o tempo de reação das câmaras de contato na maioria das vezes excede o período de retirada de efluente, a leitura do cloro residual fica muito atrasada e impossibilita o ajuste de controle a níveis aceitáveis nesta batelada. A dosagem automática faz a relação do histórico de valores anterior e realiza o incremento e decremento de forma diferenciada. Quando uma válvula de retirada de efluente abre, a dosadora selecionada alcança o valor anterior e verifica o histórico de leitura do cloro no momento do término do último descarte. Desta forma é possível corrigir os erros com um ajuste preciso.

Outra possibilidade de controle citada (dosagem fixa) pode ter o ajuste em libras por dia (lb/dia). Quando ocorrer uma interrupção na retirada dos efluentes há uma parada dessa dosagem.

Se as dosadoras de cloro (fotografia 21) permanecerem em operação depois de ultrapassar o tempo de funcionamento com bombas da elevatória final desligadas, o alarme “DOSADOR DE CLORO LIGADO SEM EFLUENTE” será informado.



Fotografia 21 - Dosador de cloro DSL-01
Fonte: Autoria própria.

5.25 SISTEMA DE ABATIMENTO DE CLORO

Em caso de acidente com os cilindros ou tubulações de cloro, que possam provocar vazamento de gás, o sistema de abatimento tem a função de neutraliza-lo com soda cáustica (fotografia 22). No painel dos equipamentos deste sistema é possível acioná-los de forma local ou automática.

Em automático um detector de cloro acionará um alarme sonoro e visual no sistema de supervisão. Ao mesmo tempo ligará o exaustor (succiona o ar contaminado da sala de dosagem e estoque de cilindros) e a bomba de soda cáustica (pulveriza o produto enquanto o ar contaminado passa pela torre de neutralização). O ar limpo sai por uma chaminé, para a atmosfera e o resultado da

neutralização (cloreto de sódio e água) é armazenado em um tanque até que o operador da ETE descarte na elevatória de recirculação. Os equipamentos somente irão parar quando o detector for desacionado.

O sistema funciona de forma autônoma, isto é, independente do CLP, sendo apenas enviado sinais de status como pode ser observado na imagem 8.



Fotografia 22 - Neutralizador de gás cloro
Fonte: Autoria própria.

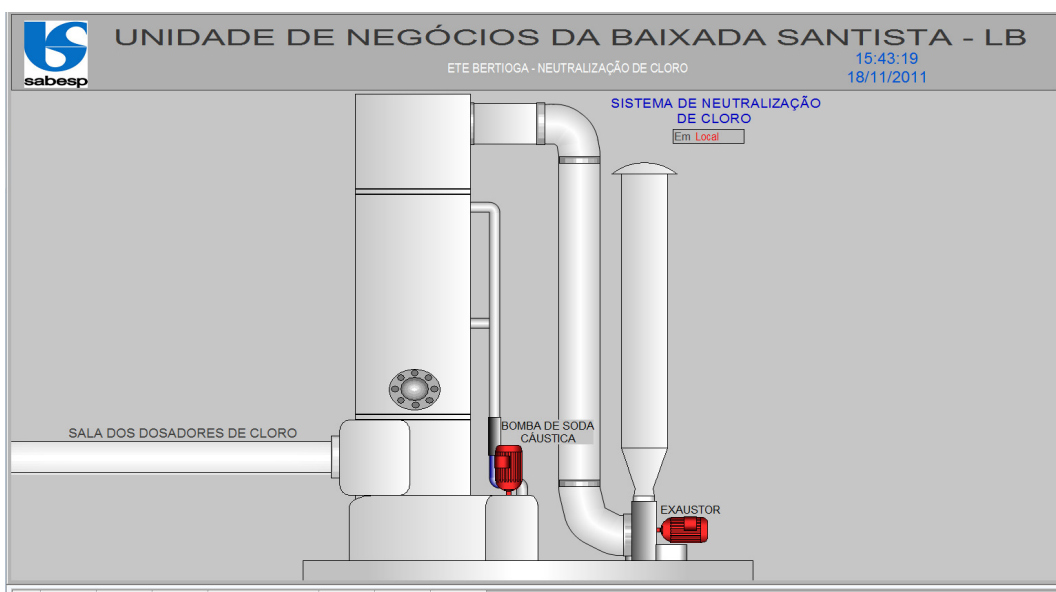


Imagem 8 - Tela da neutralização de cloro no sistema de supervisão
Fonte: Autoria própria.

5.26 SISTEMA DE AR COMPRIMIDO

Tem como objetivo fornecer ar comprimido para os equipamentos pneumáticos. São dois compressores de ar (COMP-01 e COMP-02, fotografia 23), que possuem um secador para ambos e revezam o seu funcionamento. Podem ser monitorados no supervisório os status: desligado, ligado e em defeito.

Podem ser operados de modo local, em modo remoto (sendo possível escolher qual dos equipamentos irá operar) e em modo automático (que realiza o revezamento do compressor e secador de ar para ser habilitado), na imagem 9 é possível visualizar a tela de monitoramento do sistema de supervisão.

Uma válvula e um pressostato instalados no reservatório de ar comandam o acionamento do compressor que está habilitado a funcionar.

Os alarmes “DEFEITO NO COMPRESSOR X” e “BAIXA PRESSÃO NA REDE DE AR COMPRIMIDO” são informados independentemente da tela que está sendo visualizada.



Fotografia 23 - Compressores de ar comprimido
Fonte: Autoria própria.

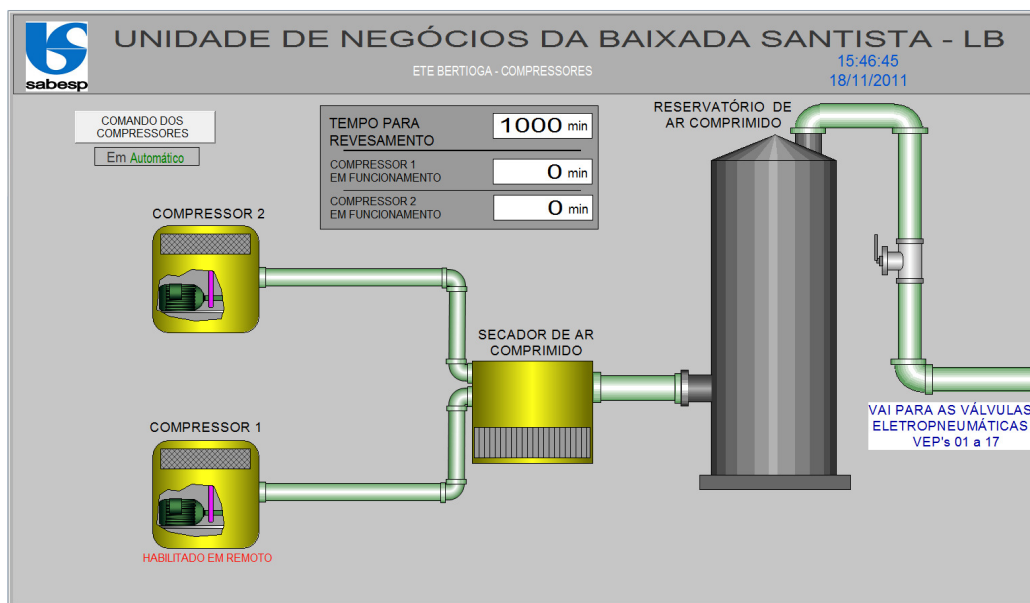


Imagem 9 - Tela dos compressores no sistema supervisorio
Fonte: Autoria própria.

6 AUTOMAÇÃO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES BERTIOGA

A ETE Bertioga foi criada levando em conta a necessidade de uma Estação com capacidade de atender uma parcela mais significativa da população. O projeto inicial contemplava seis tanques de aeração e decantação para a vazão máxima de 250 l/s, mas na época da execução a quantidade de habitantes não justificava uma obra deste porte. A estação iniciou o funcionamento em junho de 1998 e, segundo os registros de pré-operação, a vazão média era de 50 l/s e a máxima 80 l/s com apenas dois tanques.

Em 2009 a quantidade de habitantes e a população sazonal de veranistas cresceram muito, aumentando também a vazão de entrada da estação que resultava em falhas nos revezamentos dos tanques e, principalmente quando chovia, era necessário abrir as válvulas de *by-pass* (ou seja, o esgoto bruto era diluído e enviado ao rio sem o tratamento adequado). Isto engatilhou a ampliação da ETE Bertioga e a criação da ETE Vista Linda que dividem o esgoto enviado das elevatórias da parte antiga e da parte nova da cidade. Apesar do tempo de execução das duas obras ter sido o mesmo, uma não tem relação com a outra e neste capítulo serão relatados exclusivamente os eventos da ETE Bertioga.

6.1 HISTÓRICO ANTERIOR À OBRA

Também no ano de 2009 – quando ocorreu o primeiro contato com os envolvidos na obra de ampliação e automação – o Engenheiro Victor Hugo (na época funcionário da empresa Força Total Engenharia Elétrica) estava em processo de transferência para a construtora Elevação. Outro funcionário da Força Total (Bruno Luiz Rogerio) foi convidado por um operador da SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo) para conhecer os detalhes da estação e do processo de tratamento de onde seria feita a obra. A seguir serão apresentados alguns desses processos.

Após realizada essa primeira vistoria foi constatado que o esgoto vinha da Elevatória de Esgoto D (EED) e reunia o efluente de outras oito elevatórias espalhadas na parte antiga da cidade. Caminhões das empresas de limpeza de fossa jogavam os resíduos em uma elevatória de recirculação na própria ETE, que, juntamente com os esgotos das outras elevatórias, entrava no tratamento preliminar. Esse local, como pode ser observado nas fotografias 24 e 25, continha grades com quadrados de 10 cm por 10 cm que separavam o conteúdo mais espesso que acompanhava o efluente. A parte líquida seguia por comportas manuais para os dois tanques de aeração existentes. O sistema dos tanques trabalhava de forma batelada (se revezavam); enquanto um estava recebendo o esgoto o outro já estava em uma etapa mais avançada.



Fotografia 24 - Gradeamento de sólidos grosseiros da antiga entrada de esgoto da ETE.
Fonte: Autoria própria.



Fotografia 25 - Vista lateral do antigo pré-tratamento da ETE- Bertioga
Fonte: Autoria própria.

Os Ciclos dos tanques se resumiam em: deixar entrar o efluente até o nível do tanque 4.1 encher com os aeradores ligados, fechar a comporta de entrada por cerca de 2 horas e meia (quando ocorria chuva esta etapa não acontecia), desligar

os aeradores por cerca de 30 minutos e então abrir a comporta de saída da parte líquida. O tanque 4.2 funcionava em paralelo com o 4.1. A única regra existente é que sempre um tanque deveria estar recebendo efluente, por que o pré-tratamento extravasaria se as duas comportas de entrada ficassem fechadas.

A parte líquida do tanque⁵ seguia até o tanque de contato, onde possuía na sua abertura um sistema de dosagem manual de gás cloro. Após percorrer todo o trajeto o líquido resultante⁶ era transferido para a elevatória final onde quatro motobombas bombeavam o efluente final para o rio Itapanhaú, funcionando em revezamento manual (o operador selecionava as duas bombas que iriam partir e uma boia de nível as acionavam).

A comporta de lodo dos tanques de decantação era aberta uma vez por mês. Esse resíduo era levado por gravidade até um dos três adensadores, onde enchiam o tanque e deixavam sedimentar por 4 ou 5 horas. A parte líquida era bombeada para o pré-tratamento e a parte sólida era encaminhada para as centrífugas de lodo, que adicionavam polímero sintetizado. O lodo tratado era acondicionado em caçambas (que eram trocadas a cada três meses).

Durante a vistoria não foram encontrados instrumentos de medição analítica. Dependendo da necessidade o efluente (ou lodo) era coletado e examinado no laboratório da própria ETE. Se essa análise interna não bastasse o material era enviado para a central da Sabesp de Santos. A vazão era aferida pelas indicações de nível diretamente na calha Parshall (fotografia 26) de entrada.



Fotografia 26 - Antiga calha Parshall com uma das comportas manuais dos tanques ao fundo
Fonte: Autoria própria.

⁵ A parte líquida que sai do tanque também é denominada de efluente.

⁶ O líquido resultante do tanque de contato também é denominado efluente final.

Os aeradores, centrífugas e a dosadora de cloro (fotografia 27 e 28) estavam com mau funcionamento (e várias vezes não funcionavam); assim foi constatado que todos os equipamentos estavam deteriorados pelo tempo ou por agentes químicos.



Fotografia 27 - Antiga dosadora de polímero e a antiga centrífuga de lodo ao fundo (lado esquerdo)

Fonte: Autoria própria.



Fotografia 28 - Foto do painel de comando dos aeradores 4.1 A e B existente

Fonte: Autoria própria.

Ao término desse primeiro contato um relatório foi desenvolvido, sendo essencial para o dimensionamento dos equipamentos elétricos e instrumentação necessários para a automação do processo de tratamento de esgoto.

6.2 DESCRIÇÃO DO TRABALHO REALIZADO

6.2.1 Cronograma de execução da obra

Em novembro de 2009 foram finalizados os projetos dos painéis e da obra elétrica, mas a especificação do edital do contrato não contemplava vários itens necessários para o funcionamento da ETE.



Fotografia 29 - Estaqueamento estrutural e rebaixamento de lençol freático sendo realizados para o tanque 4.3
Fonte: Autoria própria.

Os serviços relacionados à eletricidade começaram em fevereiro de 2010 com os painéis de comando e de automação sendo montados na fábrica. Na obra foram iniciados os trabalhos de montagem de eletrodutos, instalação de mangueiras corrugadas, caixas de passagem e encaminhamento de cabos elétricos.

No mês de maio de 2010 a obra foi paralisada. Até este período ainda não haviam sido definidas as alterações de projeto das edificações do novo pré-tratamento e do tanque misturador de lodo adensado. Outro entrave que levou à paralisação foi a demora para ser liberado o aditivo de contrato para os equipamentos de instrumentação e automação.

Em agosto de 2010 os trabalhos foram recomeçados. Uma comitiva de técnicos da contratante realizou medições no aterramento e verificou a necessidade de ampliar as hastes de aterramento e as instalações do SPDA (Sistema de Prevenção de Descargas Atmosféricas). Um novo projeto levando em consideração o solo arenoso precisou ser feito e atrasou a execução dos serviços. As instalações

estavam sendo realizadas conforme um projeto básico enviado pela empreiteira - a Força Total não havia sido contratada para dimensionar o aterramento.

Com as obras em andamento foi realizada uma reunião em fevereiro de 2011 entre Bruno L. Rogerio, o Engenheiro Edson Hetcka (responsável pela pré-operação da ETE até o término do contrato) e com Engenheiro Victor Hugo para elaborar o descritivo de automação da ETE. Esse descritivo foi essencial para a definição final de onde os instrumentos seriam alocados, como seriam as lógicas dos equipamentos e o sistema de supervisão.

Em agosto de 2011 o código fonte da lógica do CLP que controla os equipamentos da ETE começou a ser escrito. Essa data também marcou o início para a elaboração das telas e configurações do sistema supervisorio.

Setembro de 2011 foi marcado pelo início do comissionamento das interligações dos cabos de comando e força dos equipamentos. Foram necessárias algumas alterações nos painéis elétricos antigos (que não seriam substituídos) para que fossem automatizadas as partes mais importantes do tratamento. Também nesse mês o painel de controle da estação (PCE), onde o CLP está instalado, foi ampliado para comportar as modificações do aditivo.

No mês seguinte foram instalados os painéis modificados (comando dos aeradores dos tanques 4.1 e 4.2) e os adicionais (comando dos misturadores de lodo para cada um dos quatro tanques). Durante essa etapa o Eng. Edson em conjunto com o Bruno L. R. e o Eng. Sidney acompanharam os eletricitistas na interligação dos painéis e equipamentos faltantes, além de iniciar a calibração e testes nos instrumentos.

Em Outubro já tinham se iniciados os testes no sistema de neutralização de gás cloro (terceirizado pela empresa Planalto) e no sistema de dosagem de Cloro (fornecido pela mesma empresa).

Uma reunião (em novembro de 2011) ocorrida na central da Sabesp da regional da Baixada Santista estabeleceu que, primeiramente, seriam realizados os *start-ups* dos equipamentos e instrumentos em modo local e após cada *start-up* seria possível realizar os testes com o CLP e com o Sistema de Supervisão. Foram testados aeradores, compressores, válvulas, misturadores e instrumentação, além

do gerador, modificando o Ladder⁷ conforme fossem encontrados erros ou problemas.

No início de dezembro de 2011, todos os equipamentos estavam instalados e foi possível realizar os testes de automação.

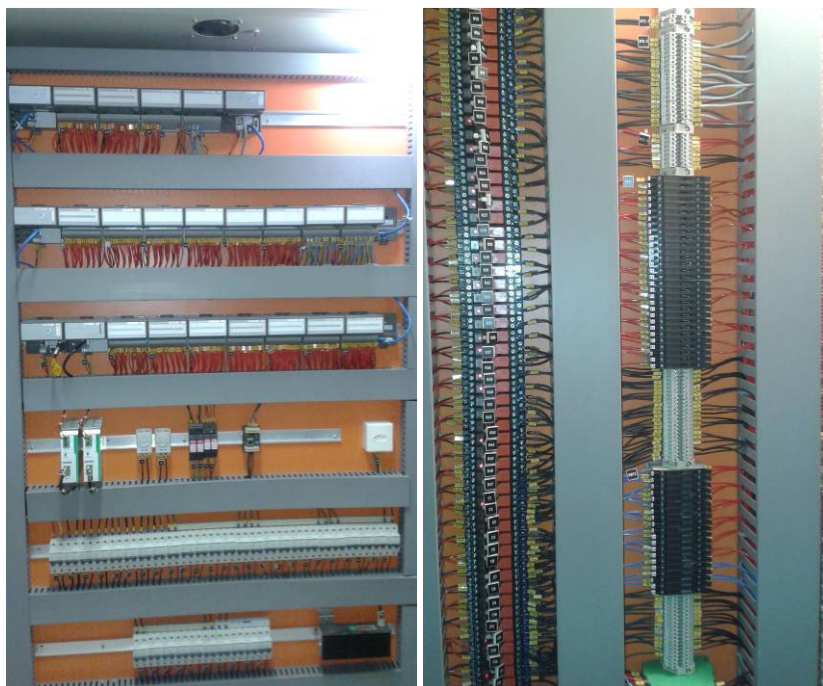
6.2.2 Ajustes no descritivo de automação

O descritivo de automação estava incompleto e alguns itens ainda não estavam definidos, principalmente no que se tratava dos painéis elétricos existentes. Foi necessário estabelecer critérios de como interligar os sinais da elevatória final ao painel de automação (fotografia 30).

Devido a controvérsias da empreiteira em modificar as instalações do sistema antigo (não havia sido planejado) alguns itens não foram contemplados na automação. A elevatória de recirculação funciona com um sistema independente e não envia sinal nenhum ao CLP. Além disso, o sistema de adensamento de lodo também ficou fora do sistema.

Após a elaboração do descritivo os projetos elétricos foram ajustados, incluindo o painel de automação, que foi montado em duas partes: com a versão original para a primeira inspeção e depois foi ampliado para a inspeção do aditivo. Como resultado final o painel poderia ser interligado com quase todos os equipamentos da ETE, porém como não existiam espaços para ampliação das canaletas internas houve dificuldade para interligar os cabos de campo no painel.

⁷ Linguagem principal de programação utilizada no controlador lógico programável.



Fotografia 30 - Painel de Comando da Estação. Lado esquerdo CLP com seus módulos e sistemas de proteção elétrica. Lado direito interligação dos cabos de campo com as proteções de sinais elétricos

Fonte: Autoria própria.

6.2.3 Testes e comissionamento de campo

Quando foi iniciada a fase de testes alguns componentes ainda não estavam instalados:

- Painéis dos misturados de lodo;
- Painéis dos tanques de aeração 4.1 e 4.2 (ainda não haviam voltado da reforma);
- Os painéis elétricos do pré-tratamento estavam atrasados;
- O sistema de neutralização e abatimento de cloro ainda não havia sido montado;
- A instrumentação na elevatória final (analisador de cloro livre e dosadores de cloro) ainda não havia sido instalada.

Feito o teste de continuidade de todo o cabeamento instalado ocorreram alguns problemas, como o rompimento de vias de cabos, interligações instaladas erroneamente e pequenas falhas no diagrama dos projetos elétricos.

Foi iniciado o *start-up* dos equipamentos de potência dos painéis CCM's⁸ (fotografias 31 e 32), ajustando as *soft-starters*, relés de falta de fase e disjuntores motores. Além disso, Bruno L. R. acompanhou e auxiliou na configuração dos equipamentos utilizados na ETE conforme o projeto, por fim a Hach (fornecedora dos equipamentos de instrumentação) enviou um técnico para calibrá-los.



Fotografia 31 - Painel elétrico dos Aeradores do tanque 4.3
Fonte: Autoria própria.



Fotografia 32 - Painel elétrico dos misturadores do tanque 4.3
Fonte: Autoria própria.

⁸ Centro de comando de motores.

Enquanto acompanhava e supervisionava a instalação elétrica dos outros componentes da obra, Bruno L. R. auxiliou a equipe da IHL (responsável pela pré- operação) a iniciar o funcionamento da parte nova da estação. Foram encontradas dificuldades no acionamento das comportas e válvulas pneumáticas. Como os filtros de ar da tubulação ainda não haviam sido instalados, quando foram realizados os primeiros acionamentos o ar comprimido empurrou para válvulas de comando sujeira e limalha de alumínio. Quatro válvulas de comando $\frac{3}{4}$ 2 vias simples piloto com retorno por mola tiveram que ser substituídas, como pode ser observado na fotografia 33.



Fotografia 33 - Caixa de interligação de comando do solenoide, sensores de posição e válvula de comando da comporta VEP-9
Fonte: A autoria própria.

Outro problema encontrado foram que os cilindros pneumáticos das válvulas instaladas abaixo da cota do piso não possuíam tubulações flexíveis, foram montadas com a mesma bitola dos tubos troncos de ar comprimido. Em pelo menos cinco válvulas eletro-pneumáticas foram necessários ajustes de conexão, pois as tubulações dos pistões de acionamento haviam sido invertidas. Algumas válvulas/comportas precisavam, no estado inicial, estar normalmente abertas e outras normalmente fechadas. As solenoides das válvulas de comando estavam instaladas em caixas que não protegem suficientemente do tempo, sendo

necessário trocá-las. As caixas ideais nestas condições são as de alumínio com vedação do tipo IP67 ou IP68.

Também foram constatados problemas físicos no analisador de cloro livre, pois o mesmo não realizava a leitura coerentemente e fez-se necessário a instalação de duas pequenas moto-bombas que transferem a amostra do tanque de contato para o equipamento.

Após a resolução dos problemas iniciais a ETE ficou em funcionamento manual (operação manual pelas botoeiras dos painéis e acionamento mecânico das válvulas eletropneumáticas) e a parte antiga (tanques 4.1 e 4.2) foi lacrada para funcionamento.

Esses tanques acima citados estavam assoreados (fotografia 34), pois não havia um sistema desarenador no gradeamento antigo e acumulou resíduos com o passar dos anos. A CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do estado de São Paulo) estava fiscalizando continuamente a obra para que pudesse se utilizar os tanques antigos o mais rápido o possível.

Com a instalação dos painéis dos misturadores de lodo, foi possível iniciar os testes da rede RS-485 Modbus RTU. Todas as *soft-starters* dos painéis novos de comando de aeradores e misturadores estão interligadas em rede, depois foi adicionado um medidor de grandezas elétricas instalado no quadro de entrada de energia da subestação da ETE. Para a comunicação com as *soft-starters* era necessário um gateway, pois havia somente uma porta RS-485 em cada equipamento sendo que era necessário conectar uma IHM em cada e interligar à rede de comunicação de campo. O gateway da Schneider Eletric, compatível com a *soft-starter*, tinha parado de ser fabricado (pois a fábrica que ficava no Canadá estava sendo transferida para a Austrália). Os representantes comerciais da Schneider Eletric tiveram que ser unir para encontrar em todas as revendas autorizadas do Brasil a quantidade de equipamentos que tinham sido vendidos.

Este problema fez com que a rede de campo fosse uma das últimas partes do comissionamento da ETE. Para evitar interferência na rede de campo foram utilizados HUB's Modbus, que possuem uma aparência e conectores semelhantes aos HUB's Ethernet. Os diferenciais destes equipamentos são os protetores de surto, isolamento opto-acoplada e amplificadores de sinais. Foi instalado um HUB para cada conjunto de painéis (CCM's dos Aeradores e Misturadores). A rede modbus foi

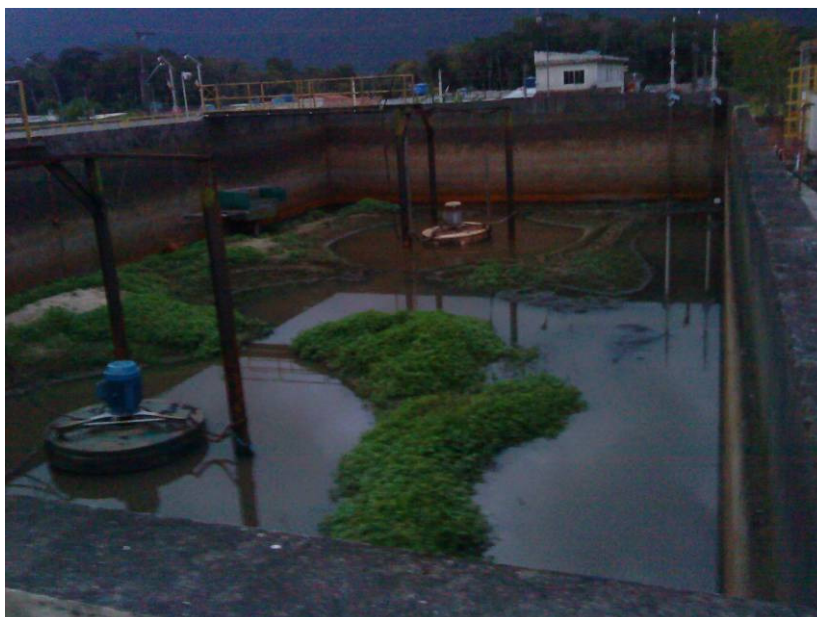
utilizada para leitura de dados das *soft-staters* dos painéis dos aeradores e misturadores e do medidor de grandezas elétricas, instalado às subestações.

Toda a instrumentação (analisador de cloro livre, analisadores de oxigênio dissolvido, medidor de vazão de entrada e dosadores de cloro) é interligada por canais analógicos de corrente 4 a 20 *mA*. Pela robustez dos equipamentos foi fácil configurar as escalas e ajustar os limites de corrente. Normalmente em equipamentos mais simples não existe o ajuste de limite de corrente e, se for instalado em uma distância superior a 40 metros, existem diferenças entre os valores lidos e os reais.

Conforme os equipamentos e painéis elétricos eram comissionados foi possível testar a automação dos sistemas em separado. Por exemplo, as bombas de lodo, as válvulas e comportas eletropneumáticas, instrumentação e dosagem de cloro.

Após todos os equipamentos serem instalados foi concedida a autorização para os testes em automático dos tanques de aeração. Fizeram-se necessários diversos ajustes de configuração nos valores das variáveis até acertar os tempos, limites, ranges e *set-points*. Apesar de existir um modelo matemático do sistema, diversas variáveis não estavam sendo medidas (temperatura, turbidez, densidade de sólidos, entre outras).

O preenchimento dos valores foi feito empiricamente e estudando a reação do sistema em cada alteração. Obviamente precisavam ser ajustados valores que se enquadrassem nos diferentes perfis sazonais de consumo, geração de esgoto e condições climáticas. Apesar de todos os equipamentos terem sido testados (acionamento manual, remoto e automático) não foi possível testar em automático geral (todas as malhas de automação funcionando ao mesmo tempo) no sistema os tanques 4.1 e 4.2. Não foi realizada a manutenção destes tanques por parte da contratante (Sabesp) até o término da execução da obra.



Fotografia 34 - Tanque 4.2 assoreado
Fonte: Autoria própria.

6.2.4 Lógica de controle e supervisão

Com os projetos elétricos finalizados foi possível iniciar a lógica de programação, utilizando a ferramenta de software da Altus, Mastertools XE. Apesar desse software (na época) não ser homologado pela norma IEC, tinha uma interface amigável e permitia importar as variáveis do Excel (era possível relacionar os *tags* e declarações de forma flexível e ágil).

Devido a alterações do aditivo não era necessário enviar o CLP para obra com programa já instalado. Foram necessárias 240 horas de desenvolvimento do programa e testes em bancada.

Para otimizar a automação da ETE foi necessário realizar alterações nas lógicas na fase de *Start-Up* e pré-operação. No sistema de troca de tanques, foi inserido um sistema para habilitar os Aeradores e Misturadores. Na fase de repouso do tanque (sem tratamento) para manter o nível de oxigênio dissolvido estável, dependendo das condições climáticas, temperatura, turbidez e densidade de lodo, é conveniente manter os aeradores ligados. Com isso foi descoberto que manter os misturadores ligados auxiliam o descarte de lodo, pois ajudam a homogeneizar o resíduo que vai para os adensadores.

As lógicas do sistema de “Primeira Água”, dosagem de cloro e dos tanques de aeração precisaram ser ajustadas, pois algumas características hidráulicas eram divergentes ao funcionamento imaginado no descritivo de automação.

Foi excluída a automação do sistema de lodo, que apenas é supervisionado remotamente. Várias válvulas manuais estão no percurso e o sistema de dosagem de polímero, juntamente com as centrífugas, são apenas operados localmente por convenção da Sabesp. Desde a época da instalação até hoje não existem sensores realmente confiáveis⁹ para analisar o lodo que sai da centrífuga e determinar os ajustes de velocidade e dosagem de polímero.

Mesmo com funcionamento apenas de forma local, verificou-se nos testes a necessidade de ajustar a velocidade das bombas de transferência para a centrífuga, pois ficava difícil para o operador definir parâmetros para o tratamento do lodo sem controlar a entrada nas centrífugas. Então foram instalados inversores de frequência para cada uma das quatro bombas.

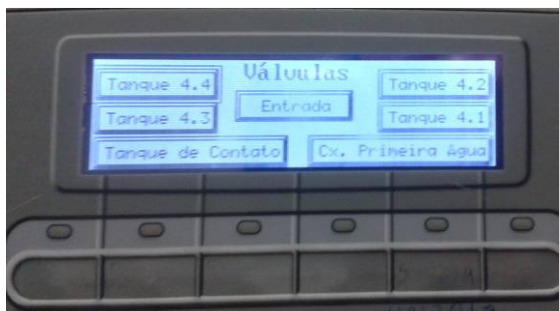
Também houve equívocos no descritivo por falta de conhecimento do funcionamento de alguns equipamentos. Isso ocorreu no pré-tratamento, que veio com um controlador que não permitia comunicação com o CLP principal. Com isso foi necessária a utilização de entradas e saídas digitais para ter o registro dos status do equipamento e bloquear a automação remotamente em caso de emergência.

Algumas exigências no decorrer dos testes dificultaram o término dos serviços. Foi solicitado um controle das válvulas pneumáticas pela IHM (fotografias 35, 36 e 37) do PCE, pois não há painel elétrico de comando específico para elas.

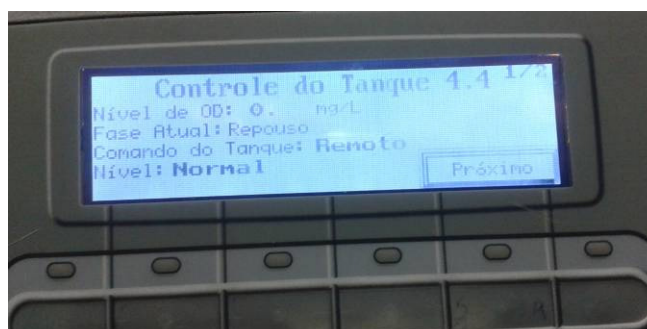


Fotografia 35 - Tela inicial da IHM
Fonte: Autoria própria.

⁹ Sensores de densidade de sólidos não conseguem se auto-ajustar pela variação de calor, variação da concentração de compostos químicos e orgânicos.



Fotografia 36 - Tela central para o comando de válvulas da IHM
Fonte: Aatoria própria.



Fotografia 37 - Tela de controle do tanque 4.4 da IHM
Fonte: Aatoria própria.

No supervisório foi necessário modificar o sistema de hierarquia de *logins* para um padrão adotado pela Sabesp.

Outra exigência foi que um controle PID fosse implantado para a dosagem de cloro, como é mostrada na imagem 10. A vazão de saída dos tanques é sempre constante, o tempo médio com o descarte de efluente é aproximadamente 25 minutos e da dosagem de cloro até o ponto de leitura do cloro residual se passam 23 minutos. Com o sistema PID convencional é impossível que o valor lido consiga ajustar corretamente a dosagem até o final do descarte.

Com isso foram criadas três formas de dosagem, sendo um sistema PID para uma aplicação futura, um outro de dosagem fixa (que é o mais utilizado) e um sistema PID modificado, que utiliza a tabela do histórico da dosagem no descarte anterior e determina o ajuste pontual e gradativo até a dosagem fixa. Quando o tempo de descarte se aproxima do fim ou a boia de nível mínimo do tanque de aeração respectivo é acionado, o valor de dosagem começa a diminuir lenta e proporcionalmente ao tempo faltante.

Por último foi criado um sistema que permite ao operador escolher qual das duas dosadoras ele prefere trabalhar. Como os cilindros de cloro possuem também

válvulas manuais foi implementado no supervisório avisos que solicitam ao operador verificar as válvulas e os cilindros regularmente antes de escolher a dosadora.

SETUP da Dosagem de Cloro	
LÓGICA DE FUNCIONAMENTO DO CONTROLE DE DOSAGEM	REMOTO
SET-POINT	0,50 ppm
GANHO PROPORCIONAL (GP)	1,2
CONSTANTE DE TEMPO INTEGRAL (TI)	0,1 s/rep
CONSTANTE DE TEMPO DERIVATIVA (TD)	0,01 seg
INTERVALO DE AMOSTRAGEM (dT)	300,00 seg
VALOR MÁXIMO DE DOSAGEM	500,00 lb/dia
VALOR MÍNIMO DE DOSAGEM	0,00 lb/dia
ZONA MORTA	0,00 ppm
VALOR DE DOSAGEM EM REMOTO	100,00 lb/dia
Fechar	

Imagem 10 - Tela de configuração da dosagem de cloro no sistema de supervisão
Fonte: Autoria própria.

6.2.5 Instalação do Sistema de Supervisão

Quando a base da lógica de programação do CLP ficou pronta, as variáveis controladas pelo supervisório já estavam definidas. Foram utilizadas mais de 1900 variáveis no código fonte do CLP, e destas menos de 1250 são monitoradas.

O pacote de *softwares* utilizados para o desenvolvimento da aplicação são o Proficy iFix 5.0 e Proficy Historian da GE Fanuc, que são ferramentas comuns na regional da Sabesp e a equipe de manutenção tem o treinamento adequado para realizar modificações. O *software* Proficy iFix é a ferramenta de desenvolvimento e execução do sistema de supervisão, já o Proficy Historian é o servidor dedicado de banco de dados.

A lógica de programação do CLP foi construída para ser integrada a um sistema de controle e por isso foi utilizado um padrão de nomenclatura para as variáveis. Através do *software* de programação da Altus foram exportadas informações para o Excel facilitando a importação dos dados para o supervisor.

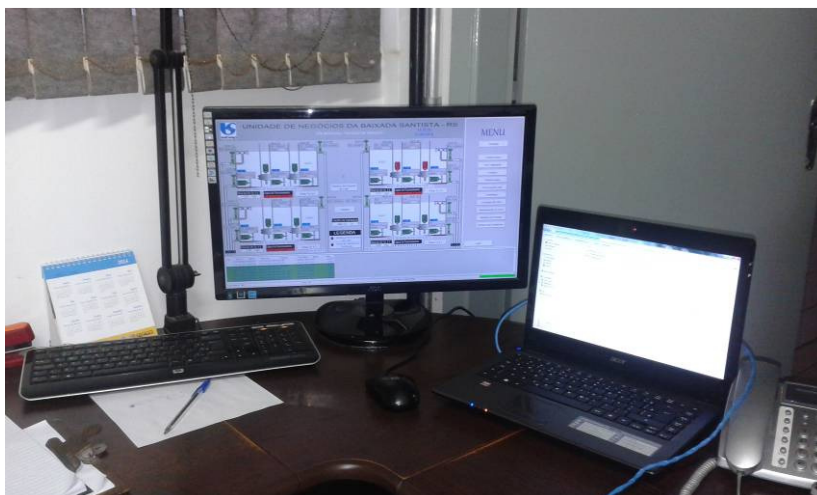
Conforme determinação contratual foi especificada uma licença de utilização do software contendo permissões de desenvolvimento, execução da aplicação e *driver* de comunicação com previsão de 20% de pontos adicionais (1500 variáveis ou *tags*).

Os equipamentos de informática também foram dimensionados visando a melhor fluidez na execução dos programas e comunicação de dados. Na ETE Bertioga, o servidor é um modelo com processador *quad core*, quatro *gigabytes* de memória RAM, um disco rígido de 500 *gigabytes* para o sistema operacional e outro com 1 *terabytes* destinados ao banco de dados.

A coleta de dados do CLP é realizada através da interface ethernet sob o protocolo ModBus TCP/IP, um *switch* de rede gerenciável separa a rede de supervisão da rede corporativa.

Os dados de status das elevatórias de esgoto e instrumentação da ETE Bertioga devem ser armazenados por até cinco anos. Outros tipos de dados são armazenados por no mínimo seis meses.

Nesta aplicação não foram fornecidas ferramentas de software para emissão de relatórios; para contornar este problema é possível navegar pelos gráficos das telas do sistema de supervisão, o que é suficiente para a operação do sistema. A Sabesp possui um *software* de própria autoria para o preenchimento de relatórios (fotografia 38) - de tempos em tempos uma equipe qualificada vai a ETE realizar a coleta das informações e realizar o backup do servidor de dados.



Fotografia 38 - Monitor mostrando o sistema de supervisão sendo executado e notebook monitorando as lógicas de programação durante os testes
Fonte: Autoria própria.

6.2.6 Telemetria das elevatórias de esgoto

Todos os principais sinais de status das elevatórias de esgoto da parte antiga da cidade de Bertioga são enviados ao sistema de supervisão da ETE-Bertioga. É possível monitorar os status das bombas, chaves-boia, falta de energia e sensores de presença de prevenção à invasão da elevatória.

É importante para o operador do sistema conhecer quais são as elevatórias ativas no histórico da vazão de entrada na ETE, além de evitar o extravazamento de esgoto em condições críticas nos bairros. Quando um nível de extravazamento é atingido um operador rondante pode ser enviado e realizar manobras hidráulicas no local que minimizam o problema. Uma elevatória só atinge nível de extravazamento quando mais de uma bomba entra em defeito ou ocorre falta de energia no local.

Com o processo da ETE Bertioga em automático finalizado em janeiro de 2012, foram iniciados os trabalhos com o sistema de telemetria das elevatórias. As nove elevatórias que já existiam possuíam problemas de manutenção e eram diferentes umas das outras por particularidades (como a quantidade de bombas, sinais invertidos ou faltantes e desativação de alguma função respectiva).

A Força Total instalou em cada elevatória um painel de telemetria (fotografia 39) com um CLP, rádio-modem serial para comunicação de dados e equipamentos de proteção.



Fotografia 39 - Painel de telemetria padrão das elevatórias, a foto foi retirada da Elevatória EEH
Fonte: Autoria própria.

Juntamente com a empresa Azzultech (que projetou e instalou o sistema de rádios) e a Construtora Elevação (que assumiu a modificação dos painéis CCMs para ser possível a instalação dos painéis de telemetria), foi possível realizar a programação dos CLP's das elevatórias e no CCR (Centro de Controle Regional, é sistema concentrador e repetidor que envia os sinais para a ETE) instalado em um posto de cloração de água tratada na cidade.

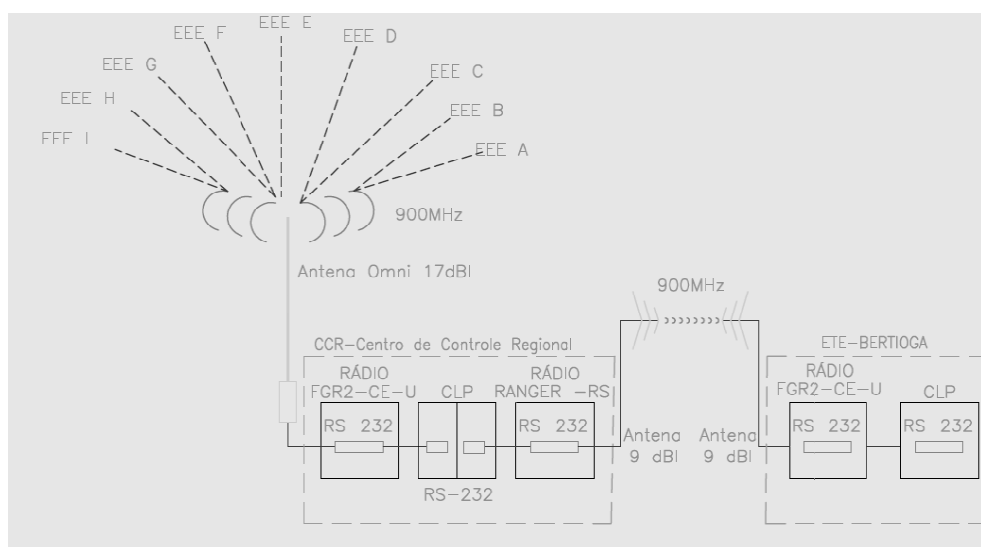


Imagem 11 - Diagrama de telemetria das Elevatórias de esgoto
Fonte: Projeto elétrico do Painel do CCR. Caio Slompo e Ironi Slompo (2011).



Fotografia 40 - Instalação do mastro e antenas dos rádios concentradores no CCR
Fonte: Autoria própria.



Fotografia 41 - Instalação dos eletrodutos que protegem os cabos de radiofrequência
Fonte: Autoria própria.

Foi utilizado o equipamento de rádio da marca Freeweave, porém o mesmo tem limitações que provocaram modificações nos painéis de telemetria. Quando inicializa, ele entra em modo de programação por 3 segundos e somente após isso entra em modo de comunicação. Alguns dos equipamentos de CLP Altus apresentaram problemas com essa característica. Normalmente os rádios-modem possuem duas portas seriais, uma de comunicação e outra de diagnóstico e parametrização. Nos equipamentos utilizados não existe esta característica.

No início do funcionamento dos equipamentos, ocorre um conflito na transmissão de dados que provoca uma falha na porta serial do CLP. Quando isso acontece é necessário desativar o módulo com problema ou realizar a reinicialização

do controlador. Este problema não foi solucionado nem pelo suporte técnico da Altus e da RS do Brasil (distribuidora oficial do rádio no Brasil).

Para minimizar os transtornos alterou-se o comando dos painéis para que o CLP energizasse após o rádio. Também foram necessárias alterações de lógicas do programa para habilitar a serial somente após a confirmação de entrada digital estar acionada. Por exigência da contratante foi utilizado o protocolo aberto Modbus RTU na comunicação entre os CLPs.

O CLP do painel CCR (fotografia 42) possui uma porta Ethernet e permite enviar os sinais das elevatórias e da ETE para o Centro de Controle Operacional (CCO) em Santos através da intranet corporativa da empresa.



Fotografia 42 - Painel do concentrador de sinais CCR, no momento da foto a comunicação dos rádios estava sendo testada
Fonte: Autoria própria.

Apesar de todos os painéis possuírem *no-break*, a região apresenta uma grande incidência de descargas atmosféricas, o que provoca falhas na distribuição de energia da cidade e queima de equipamentos de alimentação mesmo sendo utilizados protetores contra surtos. Além disso, muitas vezes a carga dos *no-breaks* não é suficiente para alimentar o painel até que a energia se reestabelecer.

Com enlace dos rádios foi possível realizar satisfatoriamente os testes remotos de controle e supervisão (imagem 12), além de realizar o pedido de inspeção feita pela Sabesp para a entrega da obra por parte da empresa Força Total. Apesar disso, Bruno L. R retornou no final de 2013 e no início de 2014 para fazer a inclusão de uma elevatória de esgoto no sistema. Essa elevatória foi construída do

zero, portanto, existem comandos de válvulas para limpeza da rede e um gerador elétrico de emergência.



Imagem 12 - Tela do sistema de supervisão mostrando o resumo das elevatórias de esgoto
Fonte: Autoria própria.

7 CONCLUSÃO

Após pesquisa bibliográfica e documental e tendo como tema do trabalho de conclusão de curso o estudo sobre a automatização e inserção de tecnologias na obra da ETE Bertioga, puderam-se observar as dificuldades e problemas encontrados desde o projeto até a conclusão das atividades. Além de descrever e exemplificar os equipamentos e instrumentos necessários à obra foi de suma importância relatar as dificuldades na implantação da parte elétrica e da pré-operação do sistema.

Devido a problemas estruturais encontrados logo na primeira visita tanto o projeto quanto o descritivo de automação precisaram ser refeitos. Outro problema encontrado foi a existência de equipamentos de diversos fabricantes, dificultando ou impossibilitando a integração no sistema de automação. As etapas mais importantes do processo foram automatizadas ou estão sendo monitoradas. Infelizmente as etapas em que existiam painéis elétricos antigos não puderam ser contempladas inteiramente na automação, no entanto, estas situações possuem comando de acionamentos elétricos e são constantemente vigiadas localmente.

Tendo em vista os objetivos específicos desse trabalho de conclusão de curso, foi possível conceituar sobre a importância da água e do saneamento para o meio ambiente, bem como detalhar sobre os equipamentos e sistemas utilizados na obra que foi descrita.

Devido à necessidade de automatizar sistemas de saneamento, esse trabalho surge com a exemplificação de uma obra que abrangeu todas as fases, desde a contratação das empresas, passando pelas escolhas dos equipamentos até a conclusão das atividades.

REFERÊNCIAS

ALVES, José Luiz Loureiro. **Instrumentação, controle e automação de processos**. Rio de Janeiro: LTC, 2005. 269 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410**: Instalações Elétricas em Baixa Tensão. Rio de Janeiro, mar. 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5419**: Proteção de Estruturas contra Descargas Atmosféricas. Rio de Janeiro, jul. 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9648**: Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, nov. 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12209**: Projeto de estações de tratamento de esgoto sanitário, nov. 2011.

ASSOCIAÇÃO LATINO-AMERICANA DA INDÚSTRIA DE CLORO, ÁLCALIS E DERIVADOS. **Manual do Cloro**. São Paulo: CLOROSUR, 2004.

Automação no saneamento básico: diferentes necessidades para um mesmo objetivo. CONTROLE & INSTRUMENTAÇÃO. 61 São Paulo, Agosto de 2001.

BONACORSO, Nelso Gauze; NOLL, Valdir. **Automação Eletropneumática**. São Paulo: Editora Érica, 2002, 6ª edição.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil: Promulgada em 5 de outubro de 1988. Organização do texto: Juarez de Oliveira. 4. ed. São Paulo: Saraiva, 1990.

BRASIL. Decreto-lei nº 6938, de 31 de agosto de 1981. Regulamenta a Política Nacional do Meio Ambiente. Diário Oficial da União. Brasília, 02 set. 1981.

CAPELLI, Alexandre. **Automação Industrial**: Controle do Movimento e Processos Contínuos. 2. ed. São Paulo: Érica, 2007.

CAVINATTO, Vilma Maria. **Saneamento Básico**: Fonte de Saúde e Bem-Estar. São Paulo: Editora Moderna, 2001.

CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A.; SILVA, R. **Metodologia científica**. 6. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 258 de 26 de agosto, que estabelece critérios de risco ao meio ambiente e à saúde pública. Brasília: ago. 1999.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 357 de 17 de março de 2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. Brasília: mar. 2005.

CONTE, Maria de Lourdes; LEOPOLDO, Paulo Rodolfo. **Avaliação de recursos hídricos**: Rio Pardo, um exemplo. São Paulo: Unesp, 2001.

DUARTE, Márcia Y. Matsuuchi. **Métodos e Técnicas de Pesquisa em Comunicação**: Estudo de Caso. 1. ed. Atlas: 2005.

FILHO, Constantino Seixas; SZUSTER, Marcelo. **Programação Concorrente Em Ambiente Windows**. Editora UFMG, 2003.

FRANCHI, Claiton Moro. **Controle de processos industriais**. São Paulo: Érica, 2011. 237 p.

GEERTZ, Clifford. **O saber local: novos ensaios em antropologia interpretativa**. Petrópolis, Rio de Janeiro: Vozes, 1997.

GUTBERLET, Jutta. **Cubatão**: Desenvolvimento, exclusão social e degradação ambiental. São Paulo: Fapesp, 1996. 323 p.

JORDÃO, Eduardo P.; PESSÔA, Constantino A. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 4. ed. Rio de Janeiro, ED – ABES, 2005.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Manual de Saneamento**. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006.

RIBEIRO, Marco Antônio. **Automação**. Salvador: 2010, 9ª edição.

RIBEIRO, Marco Antônio. **Controle de processos**. Salvador: 2010, 6ª edição.

RIBEIRO, Marco Antônio. **Instrumentação**. Salvador: 2010, 14ª edição.

SALVADOR, Marcelo; SILVA, Ana Paula. O que são sistemas supervisórios? **Elipse Software LTDA.**, São Paulo, set. 2005.

SANTOS, Winderson; SILVEIRA, Paulo Rogério da. **Automação e Controle Discreto**. São Paulo: Editora Érica, 2007, 8ª edição.

STUMPF, Ida Regina C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa em Comunicação: Pesquisa Bibliográfica**. 1. ed. Atlas: 2005.

TRAVANCAS, Isabel. **Métodos e Técnicas de Pesquisa em Comunicação: Fazendo Etnografia no mundo da Comunicação**. 1. ed. Atlas: 2005.

VITERBO Jr., Ênio. **Sistema Integrado de Gestão Ambiental: Como implementar a ISO 14.000 a partir da ISO 9.000, dentro de um ambiente de CQT**. São Paulo: Aquariana, 1998.

ABB. **Catálogo de equipamentos de proteção de surto**. Disponível em: <[http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/c9d5dfe034c3fcf983257749005eecb6/\\$file/catalogo%20dps.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/c9d5dfe034c3fcf983257749005eecb6/$file/catalogo%20dps.pdf)>. Acesso em: 07/04/14

ALTUS SISTEMA DE AUTOMAÇÃO S.A. **Manual Descritivo de Série Ponto – Características e Configurações**. Disponível em: <<http://www.altus.com.br/ftp/Public/Portugues/Produtos/Ponto/00%20Doc%20Serie/Caracteristicas%20Tecnicas/CT109000.pdf>>. Acesso em: 10/04/2014.

BRASIL. **Brasil quer Universalizar Serviço de saneamento básico até 2030**. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/noticias/arquivos/2012/08/14/brasil-quer-universalizar-servico-de-saneamento-basico-ate-2030>>. Acesso em: 13/02/2013.

CASSIOLATO, César. **Dicas de Blindagem e Aterramento em Automação Industrial**. Disponível em: <<http://www.smar.com/brasil/artigostecnicos/artigo.asp?id=3>> Acesso em: 16/04/2014.

CASTELETTI, Luiz Francisco. **Instrumentação Industrial**. Disponível em: <<http://eletricistamazinho.files.wordpress.com/2010/09/instrumentacao.pdf>>. Acesso em: 10/04/14.

COMITÊ PAULISTA PARA A DÉCADA DA CULTURA E PAZ. **Carta Europeia da Água**. Disponível em: <www.comitepaz.org.br/carta_europeia.htm, acesso em 29/03/2013>. Acesso em: 25/03/2014.

DICIONÁRIO PRIBERAM. **Conceito de Floculação**. Disponível em: <<http://www.priberam.pt/DLPO/flocula%C3%A7%C3%A3o>>. Acesso em: 15/04/2014.

F. MASTER. **Manual de Operação da Calha Parshall**. Disponível em: <http://www.flowmaster.com.br/uploads/produtos/MANUAL_CALHA_PARSHALL_00-20121.pdf> Acesso em: 09/04/2014.

GOUVEIA, Roberta. Definição de Cilindro Pneumático. Disponível em: <<http://www.mecanicaindustrial.com.br/conteudo/31-definicao-de-cilindro-pneumatico>>. Acesso em: 18/04/2014.

GUARUJÁ EQUIPAMENTOS PARA SANEAMENTO. **Catálogo de Dosadores de Cloro**. Disponível em: <<http://www.guarujaeq.com.br/dosador.pdf>>. Acesso em: 06/04/2014.

INCONTROL. **Manual de Operação e Instalação**. Disponível em <<http://www.incontrol.ind.br/downloads/manual79.pdf>> Acesso em: 09/04/2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Infográfico e Dados gerais do Município de Bertoga, São Paulo. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?codmun=350635>>. Acesso em: 13/02/2013

LENZ, André Luiz. SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL. **Chave de Partida e Soft-Starters**. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/96435010/Teoria-Extra-3-Chave-Partida-Suave-NEW>>. Acesso em: 27/03/2014.

MARTINS, Elaine. **O Que é TCP/IP?** Disponível em: <<http://www.tecmundo.com.br/o-que-e/780-o-que-e-tcp-ip-.htm>> Acesso em: 06/04/2014.

MECATRÔNICA ATUAL. **Análise de Oxigênio dissolvido no tratamento de efluentes.** Disponível em: <<http://www.mecatronicaatual.com.br/educacao/1407-analise-de-oxigenio-dissolvido-no-tratamento-de-efluentes>>. Acesso em: 16/11/2013

NIVETEC. **Catálogo de Chaves Boia.** Disponível em: <<http://www.nivetec.com.br/produto.asp?cat=1&pro=190>>. Acesso em: 10/04/14.

PHOENIX CONTACTS. **Catálogo de dispositivos de proteção contra surtos.** Disponível em: <<https://www.phoenixcontact.com/online/portal/br?uri=pxc-oc-itemdetail;pid=2801163&library=brpt&pcck=P-17-03-04-02&tab=1>>. Acesso em: 20/04/2014.

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE BERTIOGA. Estância Balneária. **Histórico do número de habitantes.** Disponível em: <<http://www.bertioga.sp.gov.br/noticia.php?idnot=3835>>. Acesso em: 24/03/2014.

PROCESS INSTRUMENTS. **Catálogo de Analisadores de Cloro.** Disponível em: <<http://www.processinstruments.pt/produtos/analizador-de-cloro.php>>. Acesso em: 06/04/2014.

QUÍMICA NOVA INTERATIVA – Sociedade Brasileira de Química. **Fundamentos e Aplicação da Flotação como Técnica de Separação de Misturas.** Disponível em: <<http://qnint.sbq.org.br/qni/visualizarConceito.php?idConceito=61>> Acesso em: 04/04/2014.

SCHNEIDER ELECTRIC. **Assegurando medição, controle de energia e soluções em redes.** Disponível em: <http://download.schneider-electric.com/files?p_File_Id=2390343&p_File_Name=guia_de_medidores2009.pdf>. Acesso em: 18/04/2014.

SLOMPO, Caio; SLOMPO, Ironi. **Projeto elétrico do Painel do CCR.** Força Total Engenharia Elétrica. Curitiba, 2011. Documento digital do software AutoCad.

TJM AUTOMAÇÃO E CONTROLE. **Catálogo do equipamento ETI 50.** Disponível em: <<http://www.tjm.com.br/isolador%20galvanico%20ETI50.pdf>>. Acesso em: 07/04/14.

WEG. **Modbus RTU.** Disponível em: <<http://www.weg.net/files/products/WEG-plc300-comunicacao-modbus-rtu-10000850708-manual-portugues-br.pdf>>. Acesso em 11/01/2014.

APÊNDICE A

Lista de Entradas e Saídas do CLP da ETE Bertioga:

Endereço	TAG Lógico	Descrição	Borne do PCE
%E0000.0	BL_BDP-02A_MNT	Bomba de Excesso de Lodo BDP-02A - Modo Manutenção	RED 1
%E0000.1	BL_BDP-02A_LOC	Bomba de Excesso de Lodo BDP-02A - Modo Local	RED 2
%E0000.2	BL_BDP-02A_AUT	Bomba de Excesso de Lodo BDP-02A - Modo Automático	RED 3
%E0000.3	BL_BDP-02A_LIG	Bomba de Excesso de Lodo BDP-02A - Ligada	RED 4
%E0000.4	BL_BDP-02A_CAP_LIG	Bomba de Excesso de Lodo BDP-02A - Capacitor Ligado	RED 5
%E0000.5	BL_BDP-02A_DEF	Bomba de Excesso de Lodo BDP-02A - Em Defeito	RED 6
%E0000.6	BL_BDP-02B_MNT	Bomba de Excesso de Lodo BDP-02B - Modo Manutenção	RED 7
%E0000.7	BL_BDP-02B_LOC	Bomba de Excesso de Lodo BDP-02B - Modo Local	RED 8
%E0001.0	BL_BDP-02B_AUT	Bomba de Excesso de Lodo BDP-02B - Modo Automático	RED 9
%E0001.1	BL_BDP-02B_LIG	Bomba de Excesso de Lodo BDP-02B - Ligada	RED 10
%E0001.2	BL_BDP-02B_CAP_LIG	Bomba de Excesso de Lodo BDP-02B - Capacitor Ligado	RED 11
%E0001.3	BL_BDP-02B_DEF	Bomba de Excesso de Lodo BDP-02B - Em Defeito	RED 12
%E0001.4	BE_BDP-01A_MNT	Bomba de Excesso de Escuma BDP-01A - Modo Manutenção	RED 13
%E0001.5	BE_BDP-01A_LOC	Bomba de Excesso de Escuma BDP-01A - Modo Local	RED 14
%E0001.6	BE_BDP-01A_AUT	Bomba de Excesso de Escuma BDP-01A - Modo Automático	RED 15
%E0001.7	BE_BDP-01A_LIG	Bomba de Excesso de Escuma BDP-01A - Ligada	RED 16
%E0002.0	BE_BDP-01A_DEF	Bomba de Excesso de Escuma BDP-01A - Em Defeito	RED 17
%E0002.1	BE_BDP-01B_MNT	Bomba de Excesso de Escuma BDP-01B - Modo Manutenção	RED 18
%E0002.2	BE_BDP-01B_LOC	Bomba de Excesso de Escuma BDP-01B - Modo Local	RED 19
%E0002.3	BE_BDP-01B_AUT	Bomba de Excesso de Escuma BDP-01B - Modo Automático	RED 20
%E0002.4	BE_BDP-01B_LIG	Bomba de Excesso de Escuma BDP-01B - Ligada	RED 21
%E0002.5	BE_BDP-01B_DEF	Bomba de Excesso de Escuma BDP-01B - Em Defeito	RED 22
%E0002.6	ME_MIX-01_MNT	Misturador de Escuma MIX-01 - Modo Manutenção	RED 23
%E0002.7	ME_MIX-01_LOC	Misturador de Escuma MIX-01 - Modo Local	RED 24
%E0003.0	ME_MIX-01_AUT	Misturador de Escuma MIX-01 - Modo Automático	RED 25
%E0003.1	ME_MIX-01_LIG	Misturador de Escuma MIX-01 - Ligada	RED 26
%E0003.2	ME_MIX-01_DEF	Misturador de Escuma MIX-01 - Em Defeito	RED 27
%E0003.3	ME_MIX-01_TQ-BAIXO	Misturador de Escuma MIX-01 - Tanque em Nível Baixo	RED 28
%E0003.4	ME_MIX-01_TQ-ALTO	Misturador de Escuma MIX-01 - Tanque em Nível Alto	RED 29
%E0003.5	EMERG_BDP02AB	Emergência nas Bombas de Lodo - BDP02A/02B	RED 30
%E0003.6	EMERG_BE-BDP01AB	Emergência nas Bombas de Escuma - BDP01A/01B	RED 31
%E0003.7	EMERG_ME_MIX-01	Emergência no Misturador MIX-01	RED 32
%E0004.0	PCM-01_FALT_FASE	Falta de Fase no PCM-01	RED 33
%E0004.1	BLA_BDP-03A_MNT	Bomba de Lodo BDP-03A - Modo Manutenção	RED 34
%E0004.2	BLA_BDP-03A_LOC	Bomba de Lodo BDP-03A - Modo Local	RED 35
%E0004.3	BLA_BDP-03A_AUT	Bomba de Lodo BDP-03A - Modo Automático	RED 36

Endereço	TAG Lógico	Descrição	Borne do PCE
%E0004.4	BLA_BDP-03A_LIG	Bomba de Lodo BDP-03A - Ligada	RED 37
%E0004.5	BLA_BDP-03A_DEF	Bomba de Lodo BDP-03A - Em Defeito	RED 38
%E0004.6	BLA_BDP-03B_MNT	Bomba de Lodo BDP-03B - Modo Manutenção	RED 39
%E0004.7	BLA_BDP-03B_LOC	Bomba de Lodo BDP-03B - Modo Local	RED 40
%E0005.0	BLA_BDP-03B_AUT	Bomba de Lodo BDP-03B - Modo Automático	RED 41
%E0005.1	BLA_BDP-03B_LIG	Bomba de Lodo BDP-03B - Ligada	RED 42
%E0005.2	BLA_BDP-03B_DEF	Bomba de Lodo BDP-03B - Em Defeito	RED 43
%E0005.3	BLA_BDP-04A_MNT	Bomba de Lodo BDP-04A - Modo Manutenção	RED 44
%E0005.4	BLA_BDP-04A_LOCAL	Bomba de Lodo BDP-04A - Modo Local	RED 45
%E0005.5	BLA_BDP-04A_AUT	Bomba de Lodo BDP-04A - Modo Automático	RED 46
%E0005.6	BLA_BDP-04A_LIG	Bomba de Lodo BDP-04A - Ligada	RED 47
%E0005.7	BLA_BDP-04A_DEF	Bomba de Lodo BDP-04A - Em Defeito	RED 48
%E0006.0	BLA_BDP-04B_MNT	Bomba de Lodo BDP-04B - Modo Manutenção	RED 49
%E0006.1	BLA_BDP-04B_LOC	Bomba de Lodo BDP-04B - Modo Local	RED 50
%E0006.2	BLA_BDP-04B_AUT	Bomba de Lodo BDP-04B - Modo Automático	RED 51
%E0006.3	BLA_BDP-04B_LIG	Bomba de Lodo BDP-04B - Ligada	RED 52
%E0006.4	BLA_BDP-04B_DEF	Bomba de Lodo BDP-04B - Em Defeito	RED 53
%E0006.5	MTDL_MIX02_TQ-BAIXO	Mist. Tq. de Desaguamento de Lodo MIX02 - Nível Baixo	RED 54
%E0006.6	MTDL_MIX02_TQ-ALTO	Mist. Tq. de Desaguamento de Lodo MIX02 - Nível Alto	RED 55
%E0006.7	MTDL_MIX02_MNT	Mist. Tq. de Desaguamento de Lodo MIX02 - Modo Manutenção	RED 56
%E0007.0	MTDL_MIX02_LOC	Mist. Tq. de Desaguamento de Lodo MIX02 - Modo Local	RED 57
%E0007.1	MTDL_MIX02_AUT	Mist. Tq. de Desaguamento de Lodo MIX02 - Modo Automático	RED 58
%E0007.2	MTDL_MIX02_LIG	Mist. Tq. de Desaguamento de Lodo MIX02 - Ligado	RED 59
%E0007.3	MTDL_MIX02_DEF	Mist. Tq. de Desaguamento de Lodo MIX02 - Em Defeito	RED 60
%E0007.4	EMERG_BLA_BDP03AB	Emergência nas Bombas de Lodo - BDP02A/02B	RED 61
%E0007.5	EMERG_BLA_BDP04AB	Emergência nas Bombas de Escuma - BDP01A/01B	RED 62
%E0007.6	EMERG_MTDL_MIX-02	Emergência no Mist. Tq. de Desaguamento de Lodo MIX-02	RED 63
%E0007.7	PCM-02_FALT_FASE	Falta de Fase no PCM-02	RED 64
%E0008.0	DL_DEC-01A_LIG	Decanter de Lodo DEC-01A - Ligado	RED 65
%E0008.1	DL_DEC-01A_DEF	Decanter de Lodo DEC-01A - Em Defeito	RED 66
%E0008.2	RA_RAS-01A_LIG	Raspador de Lodo RAS-01A - Ligado	RED 67
%E0008.3	RA_RAS-01A_DEF	Raspador de Lodo RAS-01A - Em Defeito	RED 68
%E0008.4	CL-01A_PRONTA	Centrifuga de Lodo CL-01A - Pronta	RED 69
%E0008.5	BC-01A_LIG	Bomba D'água BC-01A - Ligada	RED 70
%E0008.6	BC-01A_DEF	Bomba D'água BC-01A - Em Defeito	RED 71
%E0008.7	DP-01A_LIG	Dosador de Polímero DP-01A - Ligado	RED 72
%E0009.0	DP-01A_DEF	Dosador de Polímero DP-01A - Em Defeito	RED 73
%E0009.1	PCM-03A_FALT_FASE	Falta de Fase no PCM-03A	RED 74
%E0009.2	DL_DEC-01B_LIG	Decanter de Lodo DEC-01B - Ligado	RED 75
%E0009.3	DL_DEC-01B_DEF	Decanter de Lodo DEC-01B - Em Defeito	RED 76
%E0009.4	RA_RAS-01B_LIG	Raspador de Lodo RAS-01B - Ligado	RED 77
%E0009.5	RA_RAS-01B_DEF	Raspador de Lodo RAS-01B - Em Defeito	RED 78
%E0009.6	CL-01B_PRONTA	Centrifuga de Lodo CL-01B - Pronta	RED 79

Endereço	TAG Lógico	Descrição	Borne do PCE
%E0009.7	BC-01B_LIG	Bomba D'água BC-01B - Ligada	RED 80
%E0010.0	BC-01B_DEF	Bomba D'água BC-01B - Em Defeito	RED 81
%E0010.1	DP-01B_LIG	Dosador de Polímero DP-01B - Ligado	RED 82
%E0010.2	DP-01B_DEF	Dosador de Polímero DP-01B - Em Defeito	RED 83
%E0010.3	PCM-03B_FALT_FASE	Falta de Fase no PCM-03B	RED 84
%E0010.4	AER-01A_MNT	Aerador AER-01A - Modo Manutenção	RED 85
%E0010.5	AER-01A_LOC	Aerador AER-01A - Modo Local	RED 86
%E0010.6	AER-01A_AUT	Aerador AER-01A - Modo Automático	RED 87
%E0010.7	AER-01A_LIG	Aerador AER-01A - Ligado	RED 88
%E0011.0	AER-01A_CAP_LIG	Aerador AER-01A - Capacitor Ligado	RED 89
%E0011.1	AER-01A_DEF	Aerador AER-01A - Em Defeito	RED 90
%E0011.2	AER-01B_MNT	Aerador AER-01B - Modo Manutenção	RED 91
%E0011.3	AER-01B_LOC	Aerador AER-01B - Modo Local	RED 92
%E0011.4	AER-01B_AUT	Aerador AER-01B - Modo Automático	RED 93
%E0011.5	AER-01B_LIG	Aerador AER-01B - Ligado	RED 94
%E0011.6	AER-01B_CAP_LIG	Aerador AER-01B - Capacitor Ligado	RED 95
%E0011.7	AER-01B_DEF	Aerador AER-01B - Em Defeito	RED 96
%E0012.0	TQ_AER-DEC-01_BAIXO	Tanque de Aeração e Decantação AER-DEC-01 - Nível Baixo	RED 97
%E0012.1	TQ_AER-DEC-01_ALTO	Tanque de Aeração e Decantação AER-DEC-01 - Nível Alto	RED 98
%E0012.2	TQ_AER-DEC-01_ESTRAV	Tq. de Aeração e Decant. AER-DEC-01 - Niv. de Extravasão	RED 99
%E0012.3	EMERG_CCM-TAD01	Emergência no CCM-TAD01	RED 100
%E0012.4	CCM-TAD01_FALT_FASE	Falta de Fase no CCM-TAD01	RED 101
%E0012.5	AER-02A_MNT	Aerador AER-02A - Modo Manutenção	RED 102
%E0012.6	AER-02A_LOC	Aerador AER-02A - Modo Local	RED 103
%E0012.7	AER-02A_AUT	Aerador AER-02A - Modo Automático	RED 104
%E0013.0	AER-02A_LIG	Aerador AER-02A - Ligado	RED 105
%E0013.1	AER-02A_CAP_LIG	Aerador AER-02A - Capacitor Ligado	RED 106
%E0013.2	AER-02A_DEF	Aerador AER-02A - Em Defeito	RED 107
%E0013.3	AER-02B_MNT	Aerador AER-02B - Modo Manutenção	RED 108
%E0013.4	AER-02B_LOC	Aerador AER-02B - Modo Local	RED 109
%E0013.5	AER-02B_AUT	Aerador AER-02B - Modo Automático	RED 110
%E0013.6	AER-02B_LIG	Aerador AER-02B - Ligado	RED 111
%E0013.7	AER-02B_CAP_LIG	Aerador AER-02B - Capacitor Ligado	RED 112
%E0014.0	AER-02B_DEF	Aerador AER-02B - Em Defeito	RED 113
%E0014.1	TQ_AER-DEC-02_BAIXO	Tanque de Aeração e Decantação AER-DEC-02 - Nível Baixo	RED 114
%E0014.2	TQ_AER-DEC-02_ALTO	Tanque de Aeração e Decantação AER-DEC-02 - Nível Alto	RED 115
%E0014.3	TQ_AER-DEC-02_ESTRAV	Tq. de Aeração e Decant. AER-DEC-02 - Niv. de Extravasão	RED 116
%E0014.4	EMERG_CCM-TAD02	Emergência no CCM-TAD02	RED 117
%E0014.5	CCM-TAD02_FALT_FASE	Falta de Fase no CCM-TAD02	RED 118
%E0014.6	AER-03A_MNT	Aerador AER-03A - Modo Manutenção	RED 119
%E0014.7	AER-03A_LOC	Aerador AER-03A - Modo Local	RED 120
%E0015.0	AER-03A_AUT	Aerador AER-03A - Modo Automático	RED 121
%E0015.1	AER-03A_LIG	Aerador AER-03A - Ligado	RED 122

Endereço	TAG Lógico	Descrição	Borne do PCE
%E0015.2	AER-03A_CAP_LIG	Aerador AER-03A - Capacitor Ligado	RED 123
%E0015.3	AER-03A_DEF	Aerador AER-03A - Em Defeito	RED 124
%E0015.4	AER-03B_MNT	Aerador AER-03B - Modo Manutenção	RED 125
%E0015.5	AER-03B_LOC	Aerador AER-03B - Modo Local	RED 126
%E0015.6	AER-03B_AUT	Aerador AER-03B - Modo Automático	RED 127
%E0015.7	AER-03B_LIG	Aerador AER-03B - Ligado	RED 128
%E0016.0	AER-03B_CAP_LIG	Aerador AER-03B - Capacitor Ligado	RED 129
%E0016.1	AER-03B_DEF	Aerador AER-03B - Em Defeito	RED 130
%E0016.2	TQ_AER-DEC-03_BAIXO	Tanque de Aeração e Decantação AER-DEC-03 - Nível Baixo	RED 131
%E0016.3	TQ_AER-DEC-03_ALTO	Tanque de Aeração e Decantação AER-DEC-03 - Nível Alto	RED 132
%E0016.4	TQ_AER-DEC-03_ESTRAV	Tq. de Aeração e Decant. AER-DEC-03 - Niv. de Extravasão	RED 133
%E0016.5	EMERG_CCM-TAD03	Emergência no CCM-TAD03	RED 134
%E0016.6	CCM-TAD03_FALT_FASE	Falta de Fase no CCM-TAD03	RED 135
%E0016.7	AER-04A_MNT	Aerador AER-04A - Modo Manutenção	RED 136
%E0017.0	AER-04A_LOC	Aerador AER-04A - Modo Local	RED 137
%E0017.1	AER-04A_AUT	Aerador AER-04A - Modo Automático	RED 138
%E0017.2	AER-04A_LIG	Aerador AER-04A - Ligado	RED 139
%E0017.3	AER-04A_CAP_LIG	Aerador AER-04A - Capacitor Ligado	RED 140
%E0017.4	AER-04A_DEF	Aerador AER-04A - Em Defeito	RED 141
%E0017.5	AER-04B_MNT	Aerador AER-04B - Modo Manutenção	RED 142
%E0017.6	AER-04B_LOC	Aerador AER-04B - Modo Local	RED 143
%E0017.7	AER-04B_AUT	Aerador AER-04B - Modo Automático	RED 144
%E0018.0	AER-04B_LIG	Aerador AER-04B - Ligado	RED 145
%E0018.1	AER-04B_CAP_LIG	Aerador AER-04B - Capacitor Ligado	RED 146
%E0018.2	AER-04B_DEF	Aerador AER-04B - Em Defeito	RED 147
%E0018.3	TQ_AER-DEC-04_BAIXO	Tanque de Aeração e Decantação AER-DEC-04 - Nível Baixo	RED 148
%E0018.4	TQ_AER-DEC-04_ALTO	Tanque de Aeração e Decantação AER-DEC-04 - Nível Alto	RED 149
%E0018.5	TQ_AER-DEC-04_ESTRAV	Tq. de Aeração e Decant. AER-DEC-04 - Niv. de Extravasão	RED 150
%E0018.6	EMERG_CCM-TAD04	Emergência no CCM-TAD04	RED 151
%E0018.7	CCM-TAD04_FALT_FASE	Falta de Fase no CCM-TAD04	RED 152
%E0019.0	COMP-01_PRONTO	Compressor 01 - Pronto para Operação	RED 153
%E0019.1	COMP-01_DEFEITO	Compressor 01 - Defeito	RED 154
%E0019.2	COMP-01_RESERVA	Compressor 01 - Reserva	RED 155
%E0019.3	COMP-01_MOT_ROD	Compressor 01 - Motor Rodando	RED 156
%E0019.4	COMP-02_PRONTO	Compressor 02 - Pronto para Operação	RED 157
%E0019.5	COMP-02_DEFEITO	Compressor 02 - Defeito	RED 158
%E0019.6	COMP-02_RESERVA	Compressor 02 - Reserva	RED 159
%E0019.7	COMP-02_MOT_ROD	Compressor 02 - Motor Rodando	RED 160
%E0020.0	PR-01_LIG	Peneira Rotativa-01 - Ligada	RED 161
%E0020.1	PR-01_DEF	Peneira Rotativa-01 - Em Defeito	RED 162
%E0020.2	RH-01_LIG	Rosca Horizontal-01 - Ligada	RED 163
%E0020.3	RH-01_DEF	Rosca Horizontal-01 - Em Defeito	RED 164
%E0020.4	RI-01_LIG	Rosca Inclinada-01 - Ligada	RED 165

Endereço	TAG Lógico	Descrição	Borne do PCE
%E0020.5	RI-01_DEF	Rosca Inclinada-01 - Em Defeito	RED 166
%E0020.6	PRE_T01_MAN	Pré Tratamento-01 - Modo Manual	RED 167
%E0020.7	PRE_T01_DEF	Pré Tratamento-01 - Em Defeito	RED 168
%E0021.0	GR-PRESS-01_AUT	Grupo de Pressão-01 - Modo Automático	RED 169
%E0021.1	PRE_T01_SUP3	Pré Tratamento-01 - Supervisor Trifásico	RED 170
%E0021.2	GR-PRESS-01_DEF	Grupo de Pressão-01 - Em Defeito	RED 171
%E0021.3	GR-PRESS-01_LIG	Grupo de Pressão-01 - Ligado	RED 172
%E0021.4	PR-02_LIG	Peneira Rotativa-02 - Ligada	RED 173
%E0021.5	PR-02_DEF	Peneira Rotativa-02 - Em Defeito	RED 174
%E0021.6	RH-02_LIG	Rosca Horizontal-02 - Ligada	RED 175
%E0021.7	RH-02_DEF	Rosca Horizontal-02 - Em Defeito	RED 176
%E0022.0	RI-02_LIG	Rosca Inclinada-02 - Ligada	RED 177
%E0022.1	RI-02_DEF	Rosca Inclinada-02 - Em Defeito	RED 178
%E0022.2	PRE_T02_MAN	Pré Tratamento-02 - Modo Manual	RED 179
%E0022.3	PRE_T02_DEF	Pré Tratamento-02 - Em Defeito	RED 180
%E0022.4	GR-PRESS-02_AUT	Grupo de Pressão-02 - Modo Automático	RED 181
%E0022.5	PRE_T02_SUP3	Pré Tratamento-02 - Supervisor Trifásico	RED 182
%E0022.6	GR-PRESS-02_DEF	Grupo de Pressão-02 - Em Defeito	RED 183
%E0022.7	GR-PRESS-02_LIG	Grupo de Pressão-02 - Ligado	RED 184
%E0023.0	RDS_LIG	Rosca Descarga de Sólidos - Ligada	RED 185
%E0023.1	RDS_DEF	Rosca Descarga de Sólidos - Em Defeito	RED 186
%E0023.2	RDA_LIG	Rosca Descarga de Areia - Ligada	RED 187
%E0023.3	RDA_DEF	Rosca Descarga de Areia - Em Defeito	RED 188
%E0023.4	PRD_SEUP3	Painel Roscas de Descarga - Supervisor Trifásico	RED 189
%E0023.6	VALV_EP-01_ABE	Valvula Eletropneumática 01 - Aberta VEP-01	RED 191
%E0023.7	VALV_EP-01_FEC	Valvula Eletropneumática 01 - Fechada VEP-01	RED 192
%E0024.0	VALV_EP-02_ABE	Valvula Eletropneumática 02 - Aberta VEP-02	RED 193
%E0024.1	VALV_EP-02_FEC	Valvula Eletropneumática 02 - Fechada VEP-02	RED 194
%E0024.2	VALV_EP-03_ABE	Valvula Eletropneumática 03 - Aberta VEP-07	RED 195
%E0024.3	VALV_EP-03_FEC	Válvula Eletropneumática 03 - Fechada VEP-07	RED 196
%E0024.4	VALV_EP-04_ABE	Válvula Eletropneumática 04 - Aberta VEP-08	RED 197
%E0024.5	VALV_EP-04_FEC	Válvula Eletropneumática 04 - Fechada VEP-08	RED 198
%E0024.6	VALV_EP-05_ABE	Válvula Eletropneumática 05 - Aberta VEP-09	RED 199
%E0024.7	VALV_EP-05_FEC	Válvula Eletropneumática 05 - Fechada VEP-09	RED 200
%E0025.0	VALV_EP-06_ABE	Válvula Eletropneumática 06 - Aberta VEP-10	RED 201
%E0025.1	VALV_EP-06_FEC	Válvula Eletropneumática 06 - Fechada VEP-10	RED 202
%E0025.2	VALV_EP-07_ABE	Válvula Eletropneumática 07 - Aberta VEP-11	RED 203
%E0025.3	VALV_EP-07_FEC	Válvula Eletropneumática 07 - Fechada VEP-11	RED 204
%E0025.4	VALV_EP-08_ABE	Válvula Eletropneumática 08 - Aberta VEP-12	RED 205
%E0025.5	VALV_EP-08_FEC	Válvula Eletropneumática 08 - Fechada VEP-12	RED 206
%E0025.6	VALV_EP-09_ABE	Válvula Eletropneumática 09 - Aberta VEP-13	RED 207
%E0025.7	VALV_EP-09_FEC	Válvula Eletropneumática 09 - Fechada VEP-13	RED 208
%E0026.0	VALV_EP-10_ABE	Válvula Eletropneumática 10 - Aberta VEP-14	RED 209

Endereço	TAG Lógico	Descrição	Borne do PCE
%E0026.1	VALV_EP-10_FEC	Válvula Eletropneumática 10 - Fechada VEP-14	RED 210
%E0026.2	VALV_EP-11_ABE	Válvula Eletropneumática 11 - Aberta VEP-15	RED 211
%E0026.3	VALV_EP-11_FEC	Válvula Eletropneumática 11 - Fechada VEP-15	RED 212
%E0026.4	VALV_EP-12_ABE	Válvula Eletropneumática 12 - Aberta VEP-16	RED 213
%E0026.5	VALV_EP-12_FEC	Válvula Eletropneumática 12 - Fechada VEP-16	RED 214
%E0026.6	VALV_EP-13_ABE	Válvula Eletropneumática 13 - Aberta VEP-17	RED 215
%E0026.7	VALV_EP-13_FEC	Válvula Eletropneumática 13 - Fechada VEP-17	RED 216
%E0027.0	COMP_EP-01_ABE	Comporta Eletropneumática 01 - Aberta VEP-03	RED 217
%E0027.1	COMP_EP-01_FEC	Comporta Eletropneumática 01 - Fechada VEP-03	RED 218
%E0027.2	COMP_EP-02_ABE	Comporta Eletropneumática 02 - Aberta VEP-04	RED 219
%E0027.3	COMP_EP-02_FEC	Comporta Eletropneumática 02 - Fechada VEP-04	RED 220
%E0027.4	COMP_EP-03_ABE	Comporta Eletropneumática 03 - Aberta VEP-05	RED 221
%E0027.5	COMP_EP-03_FEC	Comporta Eletropneumática 03 - Fechada VEP-05	RED 222
%E0027.6	COMP_EP-04_ABE	Comporta Eletropneumática 04 - Aberta VEP-06	RED 223
%E0027.7	COMP_EP-04_FEC	Comporta Eletropneumática 04 - Fechada VEP-06	RED 224
%E0028.0	MTA_MIS-01A_MNT	Misturador Tq. de Aeração MIS-01A - Modo Manutenção	RED 225
%E0028.1	MTA_MIS-01A_LOC	Misturador Tq. de Aeração MIS-01A - Modo Local	RED 226
%E0028.2	MTA_MIS-01A_AUT	Misturador Tq. de Aeração MIS-01A - Modo Automático	RED 227
%E0028.3	MTA_MIS-01A_LIG	Misturador Tq. de Aeração MIS-01A - Ligado	RED 228
%E0028.4	MTA_MIS-01A_CAP_LIG	Misturador Tq. de Aeração MIS-01A - Capacitor Ligado	RED 229
%E0028.5	MTA_MIS-01A_DEF	Misturador Tq. de Aeração MIS-01A - Em Defeito	RED 230
%E0028.6	MTA_MIS-01B_MNT	Misturador Tq. de Aeração MIS-01B - Modo Manutenção	RED 231
%E0028.7	MTA_MIS-01B_LOC	Misturador Tq. de Aeração MIS-01B - Modo Local	RED 232
%E0029.0	MTA_MIS-01B_AUT	Misturador Tq. de Aeração MIS-01B - Modo Automático	RED 233
%E0029.1	MTA_MIS-01B_LIG	Misturador Tq. de Aeração MIS-01B - Ligado	RED 234
%E0029.2	MTA_MIS-01B_CAP_LIG	Misturador Tq. de Aeração MIS-01B - Capacitor Ligado	RED 235
%E0029.3	MTA_MIS-01B_DEF	Misturador Tq. de Aeração MIS-01B - Em Defeito	RED 236
%E0029.4	MTA_MIS-01C_MNT	Misturador Tq. de Aeração MIS-01C - Modo Manutenção	RED 237
%E0029.5	MTA_MIS-01C_LOC	Misturador Tq. de Aeração MIS-01C - Modo Local	RED 238
%E0029.6	MTA_MIS-01C_AUT	Misturador Tq. de Aeração MIS-01C - Modo Automático	RED 239
%E0029.7	MTA_MIS-01C_LIG	Misturador Tq. de Aeração MIS-01C - Ligado	RED 240
%E0030.0	MTA_MIS-01C_CAP_LIG	Misturador Tq. de Aeração MIS-01C - Capacitor Ligado	RED 241
%E0030.1	MTA_MIS-01C_DEF	Misturador Tq. de Aeração MIS-01C - Em Defeito	RED 242
%E0030.2	EMERG_CCMMIS-01	Emergencia no CCMMIS-01	RED 243
%E0030.3	CCMMIS-01_FALT_FASE	Falta de Fase no CCMMIS-01	RED 244
%E0030.4	MTA_MIS-02A_MNT	Misturador Tq. de Aeração MIS-02A - Modo Manutenção	RED 245
%E0030.5	MTA_MIS-02A_LOC	Misturador Tq. de Aeração MIS-02A - Modo Local	RED 246
%E0030.6	MTA_MIS-02A_AUT	Misturador Tq. de Aeração MIS-02A - Modo Automático	RED 247
%E0030.7	MTA_MIS-02A_LIG	Misturador Tq. de Aeração MIS-02A - Ligado	RED 248
%E0031.0	MTA_MIS-02A_CAP_LIG	Misturador Tq. de Aeração MIS-02A - Capacitor Ligado	RED 249
%E0031.1	MTA_MIS-02A_DEF	Misturador Tq. de Aeração MIS-02A - Em Defeito	RED 250
%E0031.2	MTA_MIS-02B_MNT	Misturador Tq. de Aeração MIS-02B - Modo Manutenção	RED 251
%E0031.3	MTA_MIS-02B_LOC	Misturador Tq. de Aeração MIS-02B - Modo Local	RED 252

Endereço	TAG Lógico	Descrição	Borne do PCE
%E0031.4	MTA_MIS-02B_AUT	Misturador Tq. de Aeração MIS-02B - Modo Automático	RED 253
%E0031.5	MTA_MIS-02B_LIG	Misturador Tq. de Aeração MIS-02B - Ligado	RED 254
%E0031.6	MTA_MIS-02B_CAP_LIG	Misturador Tq. de Aeração MIS-02B - Capacitor Ligado	RED 255
%E0031.7	MTA_MIS-02B_DEF	Misturador Tq. de Aeração MIS-02B - Em Defeito	RED 256
%E0032.0	MTA_MIS-02C_MNT	Misturador Tq. de Aeração MIS-02C - Modo Manutenção	RED 257
%E0032.1	MTA_MIS-02C_LOC	Misturador Tq. de Aeração MIS-02C - Modo Local	RED 258
%E0032.2	MTA_MIS-02C_AUT	Misturador Tq. de Aeração MIS-02C - Modo Automático	RED 259
%E0032.3	MTA_MIS-02C_LIG	Misturador Tq. de Aeração MIS-02C - Ligado	RED 260
%E0032.4	MTA_MIS-02C_CAP_LIG	Misturador Tq. de Aeração MIS-02C - Capacitor Ligado	RED 261
%E0032.5	MTA_MIS-02C_DEF	Misturador Tq. de Aeração MIS-02C - Em Defeito	RED 262
%E0032.6	EMERG_CCMMIS-02	Emergência no CCMMIS-02	RED 263
%E0032.7	CCMMIS-02_FALT_FASE	Falta de Fase no CCMMIS-02	RED 264
%E0033.0	MTA_MIS-03A_MNT	Misturador Tq. de Aeração MIS-03A - Modo Manutenção	RED 265
%E0033.1	MTA_MIS-03A_LOC	Misturador Tq. de Aeração MIS-03A - Modo Local	RED 266
%E0033.2	MTA_MIS-03A_AUT	Misturador Tq. de Aeração MIS-03A - Modo Automático	RED 267
%E0033.3	MTA_MIS-03A_LIG	Misturador Tq. de Aeração MIS-03A - Ligado	RED 268
%E0033.4	MTA_MIS-03A_CAP_LIG	Misturador Tq. de Aeração MIS-03A - Capacitor Ligado	RED 269
%E0033.5	MTA_MIS-03A_DEF	Misturador Tq. de Aeração MIS-03A - Em Defeito	RED 270
%E0033.6	MTA_MIS-03B_MNT	Misturador Tq. de Aeração MIS-03B - Modo Manutenção	RED 271
%E0033.7	MTA_MIS-03B_LOC	Misturador Tq. de Aeração MIS-03B - Modo Local	RED 272
%E0034.0	MTA_MIS-03B_AUT	Misturador Tq. de Aeração MIS-03B - Modo Automático	RED 273
%E0034.1	MTA_MIS-03B_LIG	Misturador Tq. de Aeração MIS-03B - Ligado	RED 274
%E0034.2	MTA_MIS-03B_CAP_LIG	Misturador Tq. de Aeração MIS-03B - Capacitor Ligado	RED 275
%E0034.3	MTA_MIS-03B_DEF	Misturador Tq. de Aeração MIS-03B - Em Defeito	RED 276
%E0034.4	MTA_MIS-03C_MNT	Misturador Tq. de Aeração MIS-03C - Modo Manutenção	RED 277
%E0034.5	MTA_MIS-03C_LOC	Misturador Tq. de Aeração MIS-03C - Modo Local	RED 278
%E0034.6	MTA_MIS-03C_AUT	Misturador Tq. de Aeração MIS-03C - Modo Automático	RED 279
%E0034.7	MTA_MIS-03C_LIG	Misturador Tq. de Aeração MIS-03C - Ligado	RED 280
%E0035.0	MTA_MIS-03C_CAP_LIG	Misturador Tq. de Aeração MIS-03C - Capacitor Ligado	RED 281
%E0035.1	MTA_MIS-03C_DEF	Misturador Tq. de Aeração MIS-03C - Em Defeito	RED 282
%E0035.2	EMERG_CCMMIS-03	Emergência no CCMMIS-03	RED 283
%E0035.3	CCMMIS-03_FALT_FASE	Falta de Fase no CCMMIS-03	RED 284
%E0035.4	MTA_MIS-04A_MNT	Misturador Tq. de Aeração MIS-04A - Modo Manutenção	RED 285
%E0035.5	MTA_MIS-04A_LOC	Misturador Tq. de Aeração MIS-04A - Modo Local	RED 286
%E0035.6	MTA_MIS-04A_AUT	Misturador Tq. de Aeração MIS-04A - Modo Automático	RED 287
%E0035.7	MTA_MIS-04A_LIG	Misturador Tq. de Aeração MIS-04A - Ligado	RED 288
%E0036.0	MTA_MIS-04A_CAP_LIG	Misturador Tq. de Aeração MIS-04A - Capacitor Ligado	RED 289
%E0036.1	MTA_MIS-04A_DEF	Misturador Tq. de Aeração MIS-04A - Em Defeito	RED 290
%E0036.2	MTA_MIS-04B_MNT	Misturador Tq. de Aeração MIS-04B - Modo Manutenção	RED 291
%E0036.3	MTA_MIS-04B_LOC	Misturador Tq. de Aeração MIS-04B - Modo Local	RED 292
%E0036.4	MTA_MIS-04B_AUT	Misturador Tq. de Aeração MIS-04B - Modo Automático	RED 293
%E0036.5	MTA_MIS-04B_LIG	Misturador Tq. de Aeração MIS-04B - Ligado	RED 294
%E0036.6	MTA_MIS-04B_CAP_LIG	Misturador Tq. de Aeração MIS-04B - Capacitor Ligado	RED 295

Endereço	TAG Lógico	Descrição	Borne do PCE
%E0036.7	MTA_MIS-04B_DEF	Misturador Tq. de Aeração MIS-04B - Em Defeito	RED 296
%E0037.0	MTA_MIS-04C_MNT	Misturador Tq. de Aeração MIS-04C - Modo Manutenção	RED 297
%E0037.1	MTA_MIS-04C_LOC	Misturador Tq. de Aeração MIS-04C - Modo Local	RED 298
%E0037.2	MTA_MIS-04C_AUT	Misturador Tq. de Aeração MIS-04C - Modo Automático	RED 299
%E0037.3	MTA_MIS-04C_LIG	Misturador Tq. de Aeração MIS-04C - Ligado	RED 300
%E0037.4	MTA_MIS-04C_CAP_LIG	Misturador Tq. de Aeração MIS-04C - Capacitor Ligado	RED 301
%E0037.5	MTA_MIS-04C_DEF	Misturador Tq. de Aeração MIS-04C - Em Defeito	RED 302
%E0037.6	EMERG_CCMMS-04	Emergência no CCMMS-04	RED 303
%E0037.7	CCMMIS-04_FALT_FASE	Falta de Fase no CCMMS-04	RED 304
%E0039.4	NEUT_BOMBA_LIG	Bomba do Neutralizador de Cloro Ligado	RED 317
%E0039.5	NEUT_AUT	Neutralizador de Cloro em Automático	RED 318
%E0039.6	NEUT_TQ_BAIXO	Nível Baixo do Tanque - Neutralizador de Cl	RED 319
%E0039.7	NEUT_DETECT_CL	Alarme de Cloro - Neut. de Cl Acionado	RED 320
%S0050.0	BL_BDP-02A_SHIDRO	Bomba de Excesso de Lodo BDP-02A - Solicitação Hidráulica	R1
%S0050.1	BL_BDP-02A_PHIDRO	Bomba de Excesso de Lodo BDP-02A - Proteção Hidráulica	R2
%S0050.2	BL_BDP-02B_SHIDRO	Bomba de Excesso de Lodo BDP-02B - Solicitação Hidráulica	R3
%S0050.3	BL_BDP-02B_PHIDRO	Bomba de Excesso de Lodo BDP-02B - Proteção Hidráulica	R4
%S0050.4	BE_BDP-01A_SHIDRO	Bomba de Excesso de Escuma BDP-01A - Solicitação Hidráulica	R5
%S0050.5	BE_BDP-01A_PHIDRO	Bomba de Excesso de Escuma BDP-01A - Proteção Hidráulica	R6
%S0050.6	BE_BDP-01B_SHIDRO	Bomba de Excesso de Escuma BDP-01B - Solicitação Hidráulica	R7
%S0050.7	BE_BDP-01B_PHIDRO	Bomba de Excesso de Escuma BDP-01B - Proteção Hidráulica	R8
%S0051.0	ME_MIX-01_SHIDRO	Misturador de Escuma MIX-01 - Solicitação Hidráulica	R9
%S0051.1	ME_MIX-01_PHIDRO	Misturador de Escuma MIX-01 - Proteção Hidráulica	R10
%S0051.2	BLA_BDP-03A_SHIDRO	Bomba de Lodo Adensado BDP-03A - Solicitação Hidráulica	R11
%S0051.3	BLA_BDP-03A_PHIDRO	Bomba de Lodo Adensado BDP-03A - Proteção Hidráulica	R12
%S0051.4	BLA_BDP-03B_SHIDRO	Bomba de Lodo Adensado BDP-03B - Solicitação Hidráulica	R13
%S0051.5	BLA_BDP-03B_PHIDRO	Bomba de Lodo Adensado BDP-03B - Proteção Hidráulica	R14
%S0051.6	BLA_BDP-04A_SHIDRO	Bomba de Lodo Adensado BDP-04A - Solicitação Hidráulica	R15
%S0051.7	BLA_BDP-04A_PHIDRO	Bomba de Lodo Adensado BDP-04A - Proteção Hidráulica	R16
%S0052.0	BLA_BDP-04B_SHIDRO	Bomba de Lodo Adensado BDP-04B - Solicitação Hidráulica	R17
%S0052.1	BLA_BDP-04B_PHIDRO	Bomba de Lodo Adensado BDP-04B - Proteção Hidráulica	R18
%S0052.2	MTDL_MIX-02_SHIDRO	Mist. Tq. de Desaguamento de Lodo MIX-02 - Solic. Hidráulica	R19
%S0052.3	MTDL_MIX-02_PHIDRO	Mist. Tq. de Desaguamento de Lodo MIX-02 - Prot. Hidráulica	R20
%S0052.4	AER-01A_SHIDRO	Aerador AER-01A - Solicitação Hidráulica	R21
%S0052.5	AER-01A_PHIDRO	Aerador AER-01A - Proteção Hidráulica	R22
%S0052.6	AER-01B_SHIDRO	Aerador AER-01B - Solicitação Hidráulica	R23
%S0052.7	AER-01B_PHIDRO	Aerador AER-01B - Proteção Hidráulica	R24
%S0053.0	AER-02A_SHIDRO	Aerador AER-02A - Solicitação Hidráulica	R25
%S0053.1	AER-02A_PHIDRO	Aerador AER-02A - Proteção Hidráulica	R26
%S0053.2	AER-02B_SHIDRO	Aerador AER-02B - Solicitação Hidráulica	R27
%S0053.3	AER-02B_PHIDRO	Aerador AER-02B - Proteção Hidráulica	R28
%S0053.4	AER-03A_SHIDRO	Aerador AER-03A - Solicitação Hidráulica	R29
%S0053.5	AER-03A_PHIDRO	Aerador AER-03A - Proteção Hidráulica	R30

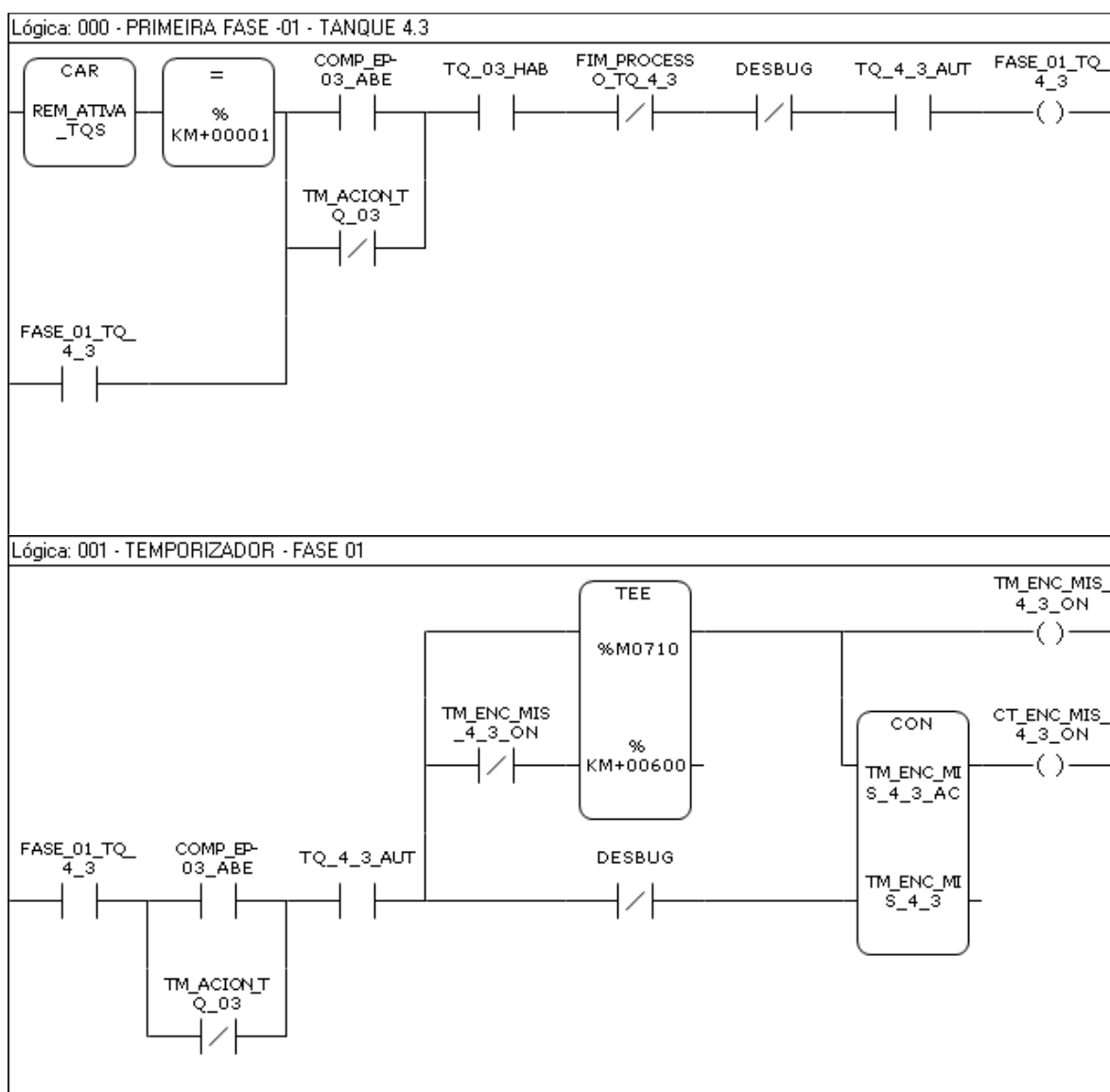
Endereço	TAG Lógico	Descrição	Borne do PCE
%S0053.6	AER-03B_SHIDRO	Aerador AER-03B - Solicitação Hidráulica	R31
%S0053.7	AER-03B_PHIDRO	Aerador AER-03B - Proteção Hidráulica	R32
%S0054.0	AER-04A_SHIDRO	Aerador AER-04A - Solicitação Hidráulica	R33
%S0054.1	AER-04A_PHIDRO	Aerador AER-04A - Proteção Hidráulica	R34
%S0054.2	AER-04B_SHIDRO	Aerador AER-04B - Solicitação Hidráulica	R35
%S0054.3	AER-04B_PHIDRO	Aerador AER-04B - Proteção Hidráulica	R36
%S0054.4	COMP-01_LIGAR	Compressor 01 - Liga/Desliga	R37
%S0054.5	COMP-02_LIGAR	Compressor 02 - Liga/Desliga	R38
%S0054.6	PRE_T01_INI_REM	Pré-Tratamento 01 - Inicia Sequência Remota	R39
%S0054.7	PRE_T01_PAR_REM	Pré-Tratamento 01 - Para Sequência Remota	R40
%S0055.0	PRE_T02_INI_REM	Pré-Tratamento 02 - Inicia Sequência Remota	R41
%S0055.1	PRE_T02_PAR_REM	Pré-Tratamento 02 - Para Sequência Remota	R42
%S0055.2	VALV_EP-01_AB	Válvula Eletropneumática 01 VEP-01 - Abre/Fecha	C1
%S0055.3	VALV_EP-02_AB	Válvula Eletropneumática 02 VEP-02 - Abre/Fecha	C2
%S0055.4	VALV_EP-03_AB	Válvula Eletropneumática 03 VEP-07 - Abre/Fecha	C3
%S0055.5	VALV_EP-04_AB	Válvula Eletropneumática 04 VEP-08 - Abre/Fecha	C4
%S0055.6	VALV_EP-05_AB	Válvula Eletropneumática 05 VEP-09 - Abre/Fecha	C5
%S0055.7	VALV_EP-06_AB	Válvula Eletropneumática 06 VEP-10 - Abre/Fecha	C6
%S0056.0	VALV_EP-07_AB	Válvula Eletropneumática 07 VEP-11 - Abre/Fecha	C7
%S0056.1	VALV_EP-08_AB	Válvula Eletropneumática 08 VEP-12 - Abre/Fecha	C8
%S0056.2	VALV_EP-09_AB	Válvula Eletropneumática 09 VEP-13 - Abre/Fecha	C9
%S0056.3	VALV_EP-10_AB	Válvula Eletropneumática 10 VEP-14 - Abre/Fecha	C10
%S0056.4	VALV_EP-11_AB	Válvula Eletropneumática 11 VEP-15 - Abre/Fecha	C11
%S0056.5	VALV_EP-12_AB	Válvula Eletropneumática 12 VEP-16 - Abre/Fecha	C12
%S0056.6	VALV_EP-13_AB	Válvula Eletropneumática 13 VEP-17 - Abre/Fecha	C13
%S0056.7	COMP_EP-01_AB	Comporta Eletropneumática 01 VEP-03 - Abre/Fecha	C14
%S0057.0	COMP_EP-02_AB	Comporta Eletropneumática 02 VEP-04 - Abre/Fecha	C15
%S0057.1	COMP_EP-03_AB	Comporta Eletropneumática 03 VEP-05 - Abre/Fecha	C16
%S0057.2	COMP_EP-04_AB	Comporta Eletropneumática 04 VEP-06 - Abre/Fecha	C17
%S0057.3	MTA_MIS-01A_SHIDRO	Misturador Tq. de Aeração MIS-01A - Solicitação Hidráulica	R43
%S0057.4	MTA_MIS-01A_PHIDRO	Misturador Tq. de Aeração MIS-01A - Proteção Hidráulica	R44
%S0057.5	MTA_MIS-01B_SHIDRO	Misturador Tq. de Aeração MIS-01B - Solicitação Hidráulica	R45
%S0057.6	MTA_MIS-01B_PHIDRO	Misturador Tq. de Aeração MIS-01B - Proteção Hidráulica	R46
%S0057.7	MTA_MIS-01C_SHIDRO	Misturador Tq. de Aeração MIS-01C - Solicitação Hidráulica	R47
%S0058.0	MTA_MIS-01C_PHIDRO	Misturador Tq. de Aeração MIS-01C - Proteção Hidráulica	R48
%S0058.1	MTA_MIS-02A_SHIDRO	Misturador Tq. de Aeração MIS-02A - Solicitação Hidráulica	R49
%S0058.2	MTA_MIS-02A_PHIDRO	Misturador Tq. de Aeração MIS-02A - Proteção Hidráulica	R50
%S0058.3	MTA_MIS-02B_SHIDRO	Misturador Tq. de Aeração MIS-02B - Solicitação Hidráulica	R51
%S0058.4	MTA_MIS-02B_PHIDRO	Misturador Tq. de Aeração MIS-02B - Proteção Hidráulica	R52
%S0058.5	MTA_MIS-02C_SHIDRO	Misturador Tq. de Aeração MIS-02C - Solicitação Hidráulica	R53
%S0058.6	MTA_MIS-02C_PHIDRO	Misturador Tq. de Aeração MIS-02C - Proteção Hidráulica	R54
%S0058.7	MTA_MIS-03A_SHIDRO	Misturador Tq. de Aeração MIS-03A - Solicitação Hidráulica	R55
%S0059.0	MTA_MIS-03A_PHIDRO	Misturador Tq. de Aeração MIS-03A - Proteção Hidráulica	R56

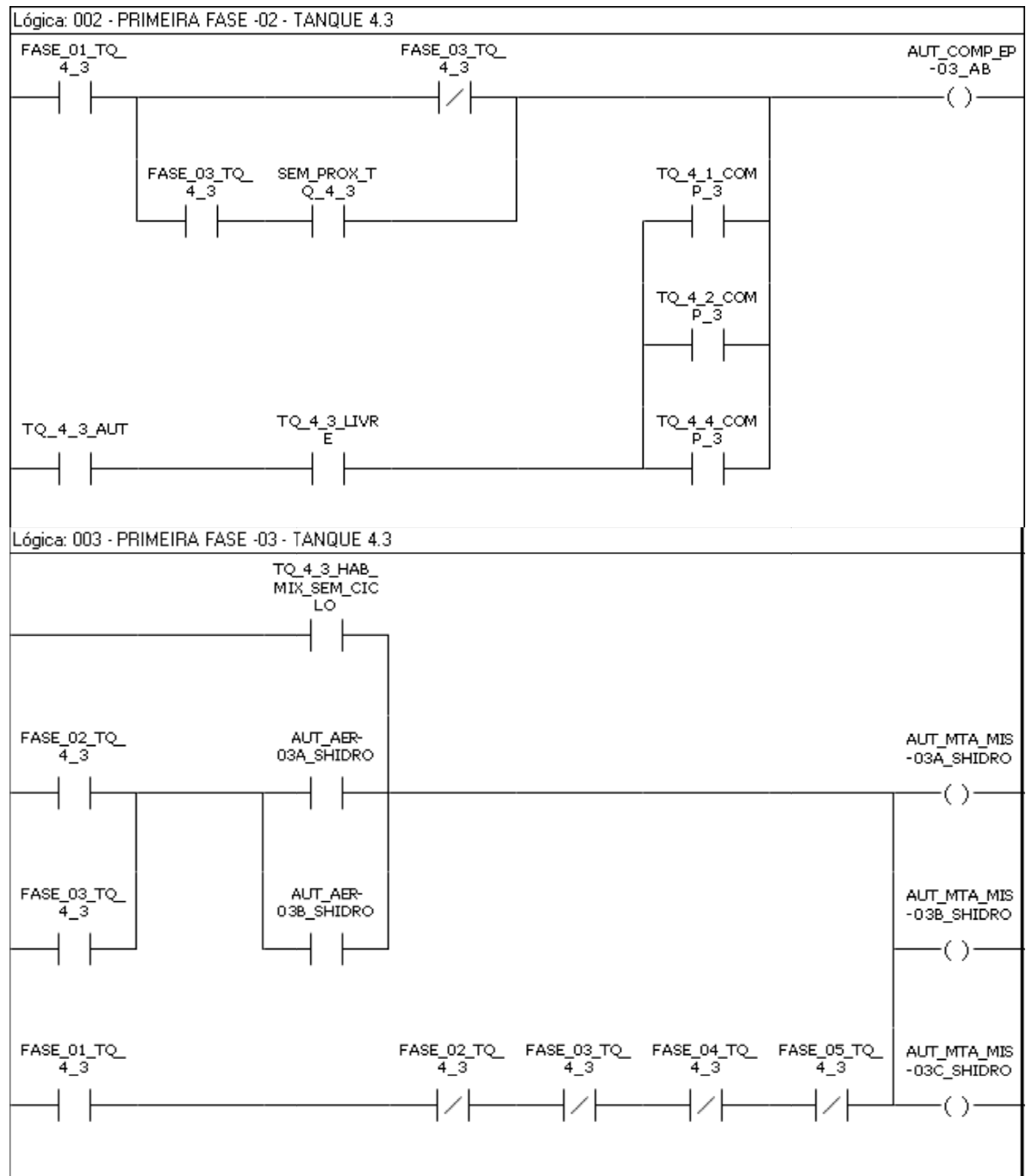
Endereço	TAG Lógico	Descrição	Borne do PCE
%S0059.1	MTA_MIS-03B_SHIDRO	Misturador Tq. de Aeração MIS-03B - Solicitação Hidráulica	R57
%S0059.2	MTA_MIS-03B_PHIDRO	Misturador Tq. de Aeração MIS-03B - Proteção Hidráulica	R58
%S0059.3	MTA_MIS-03C_SHIDRO	Misturador Tq. de Aeração MIS-03C - Solicitação Hidráulica	R59
%S0059.4	MTA_MIS-03C_PHIDRO	Misturador Tq. de Aeração MIS-03C - Proteção Hidráulica	R60
%S0059.5	MTA_MIS-04A_SHIDRO	Misturador Tq. de Aeração MIS-04A - Solicitação Hidráulica	R61
%S0059.6	MTA_MIS-04A_PHIDRO	Misturador Tq. de Aeração MIS-04A - Proteção Hidráulica	R62
%S0059.7	MTA_MIS-04B_SHIDRO	Misturador Tq. de Aeração MIS-04B - Solicitação Hidráulica	R63
%S0060.0	MTA_MIS-04B_PHIDRO	Misturador Tq. de Aeração MIS-04B - Proteção Hidráulica	R64
%S0060.1	MTA_MIS-04C_SHIDRO	Misturador Tq. de Aeração MIS-04C - Solicitação Hidráulica	R65
%S0060.2	MTA_MIS-04C_PHIDRO	Misturador Tq. de Aeração MIS-04C - Proteção Hidráulica	R66
%M0200	VAZAO-PARSH_ENTRADA	Medidor de Vazão da Calha Parshall - Entrada	
%M0201	CTRLP_SONDA-OD_41	Controlador Padrão - Sonda de Oxigênio Dissolvido do Tanque 4.1	
%M0202	CTRLP_SONDA-OD_42	Controlador Padrão - Sonda de Oxigênio Dissolvido do Tanque 4.2	
%M0203	CTRLP_SONDA-OD_43	Controlador Padrão - Sonda de Oxigênio Dissolvido do Tanque 4.3	
%M0204	CTRLP_SONDA-OD_44	Controlador Padrão - Sonda de Oxigênio Dissolvido do Tanque 4.4	
%M0205	ANA-CL_01	Analisador de Cloro Livre - 01	
%M0206	ANA-CL_02	Analisador de Cloro Livre - 02	
%M0220	VALOR_OD_TQ_4_1	VALOR DE OD NO TANQUE 4.1	
%M0221	VALOR_OD_TQ_4_2	VALOR DE OD NO TANQUE 4.2	
%M0222	VALOR_OD_TQ_4_3	VALOR DE OD NO TANQUE 4.3	
%M0223	VALOR_OD_TQ_4_4	VALOR DE OD NO TANQUE 4.4	
%M0500	DOS-CL_01	Dosador de Cloro 01	
%M0501	DOS-CL_02	Dosador de Cloro 02	

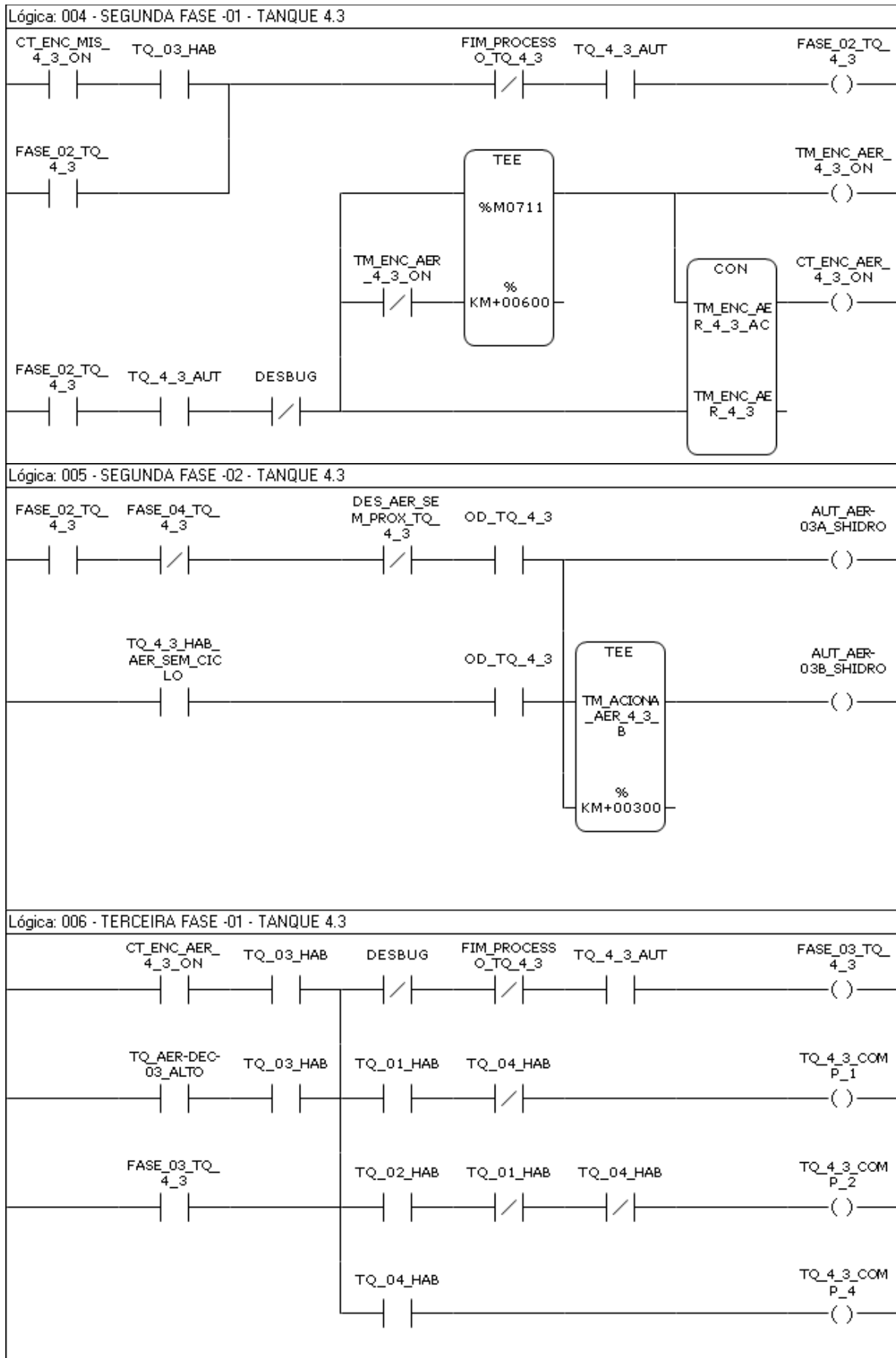
APÊNDICE B

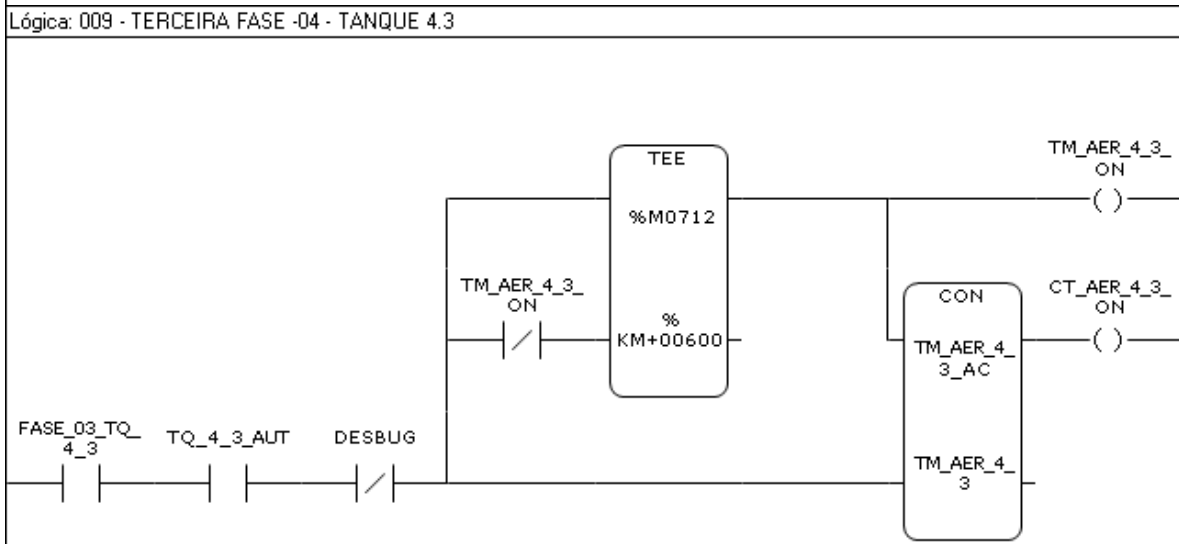
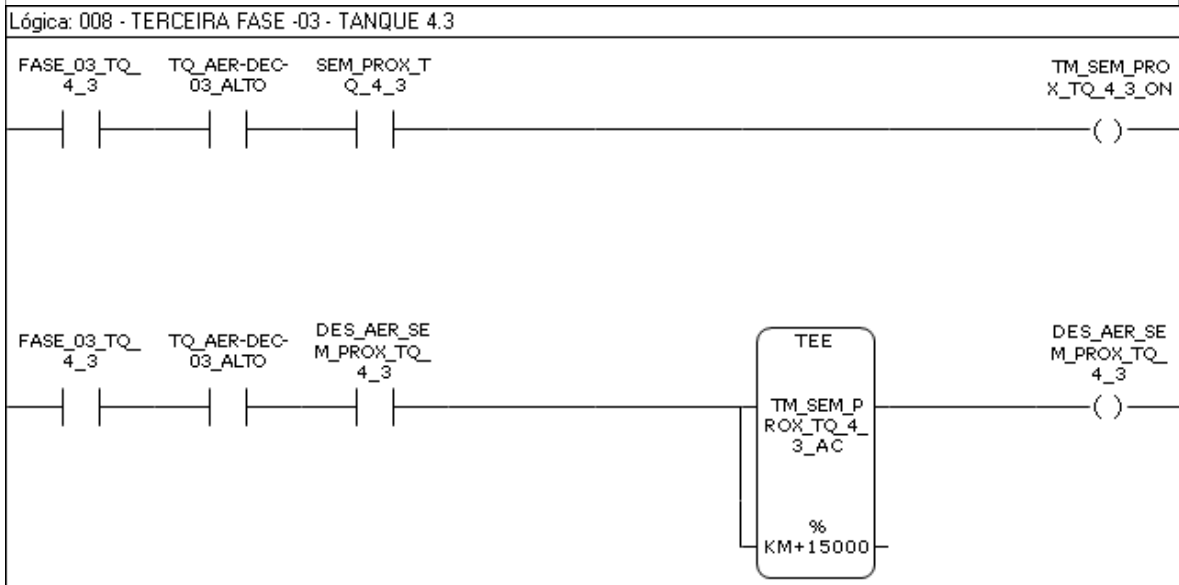
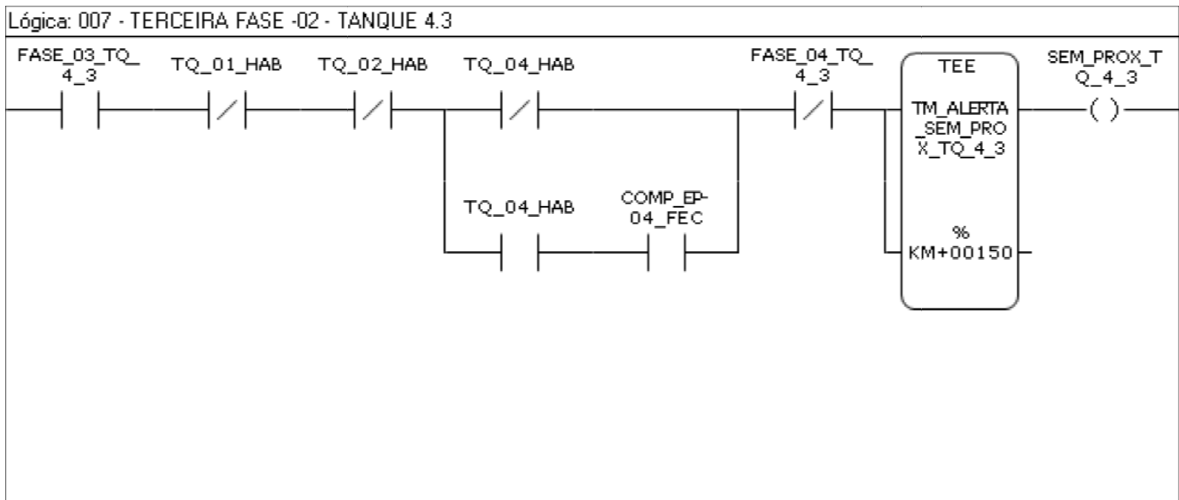
Será apresentada a seguir a lógica em linguagem Ladder (LD) do tanque de aeração 4.3 da Estação de Tratamento de Efluentes de Bertioga.

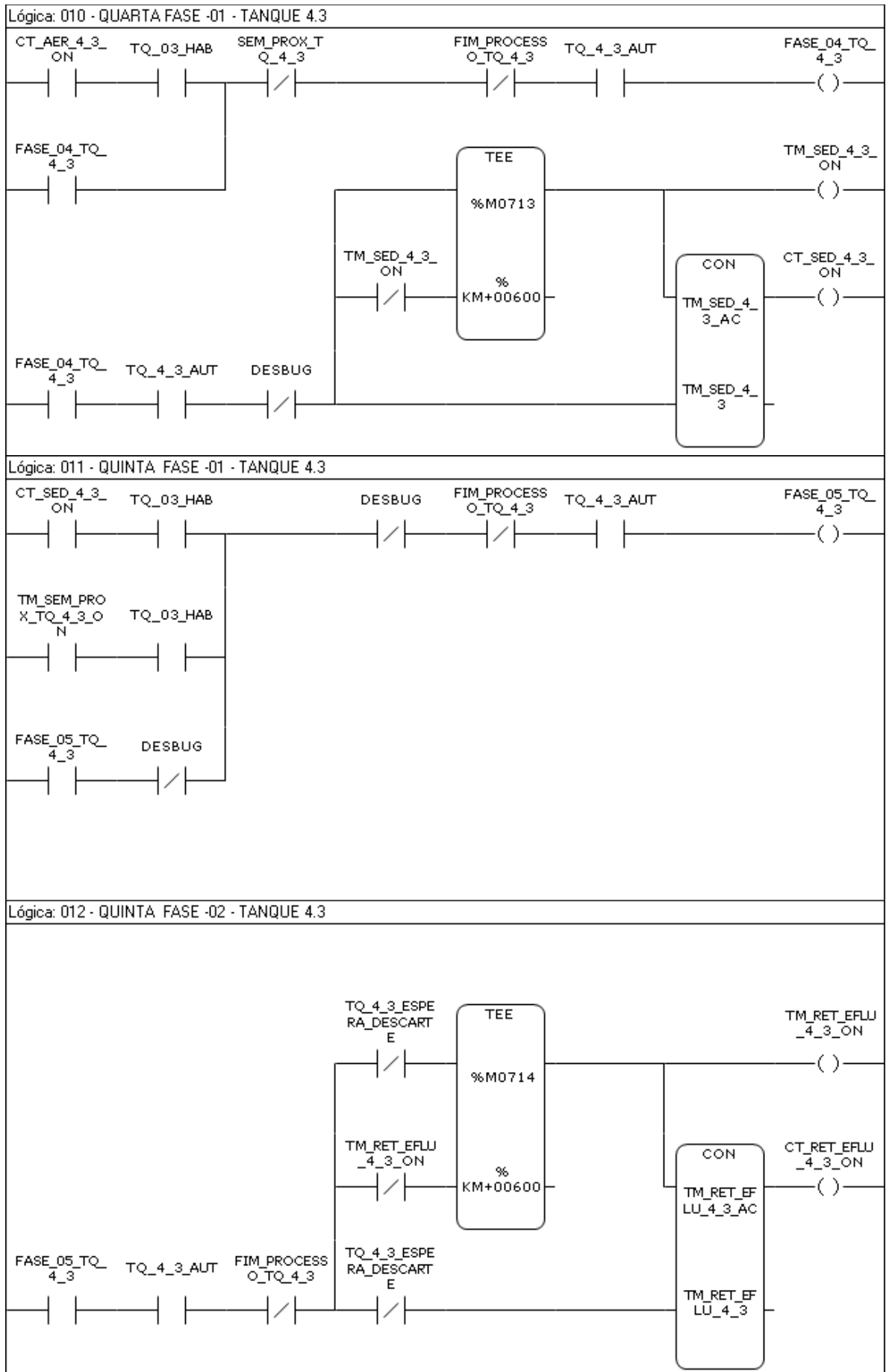
A sintaxe dos tags das memórias internas possui semelhança com as entradas e saídas.

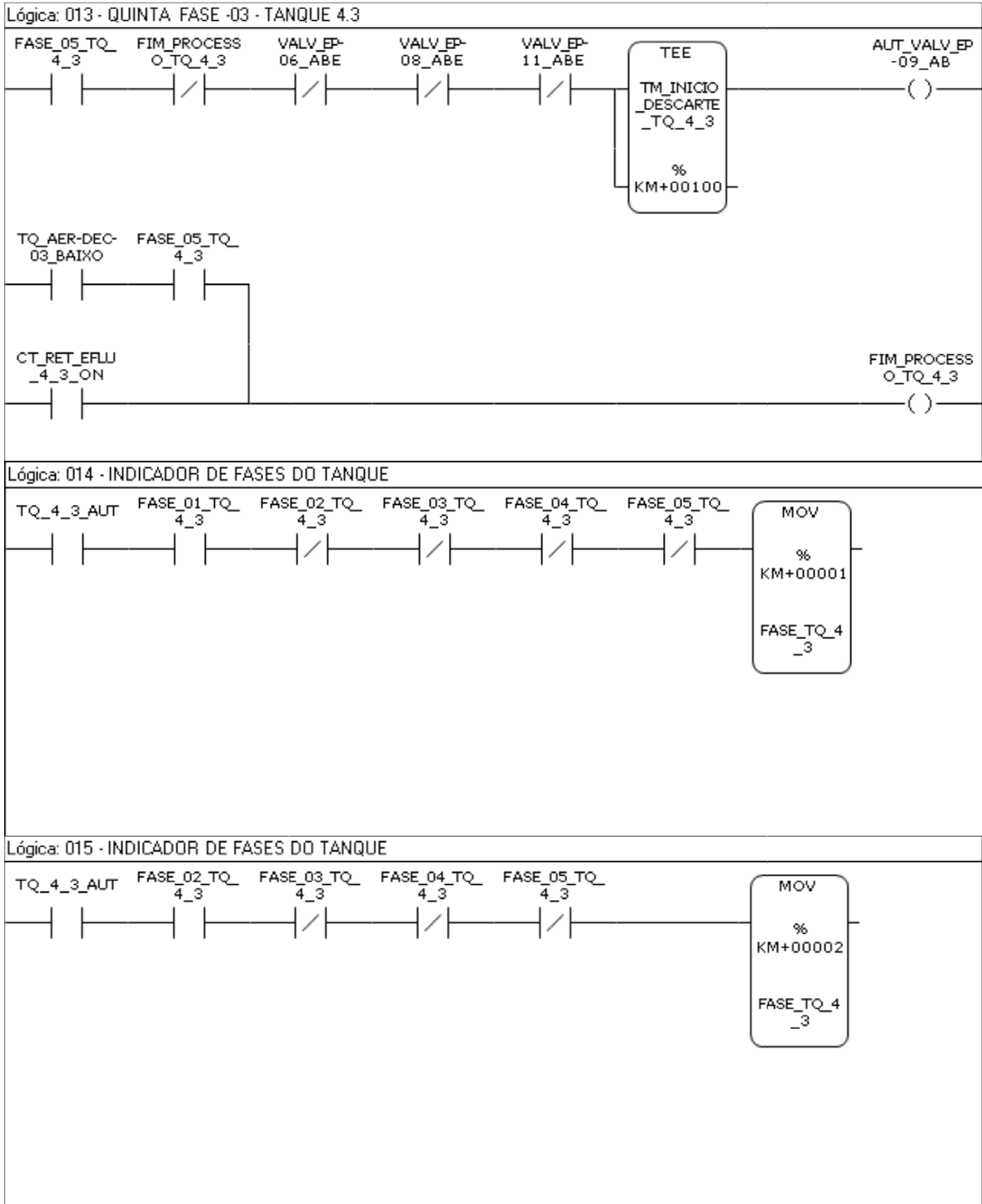




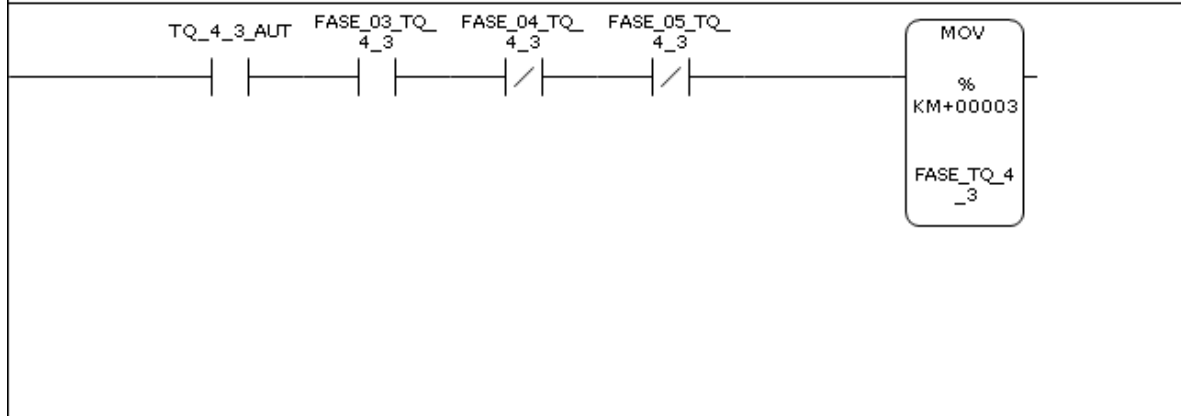




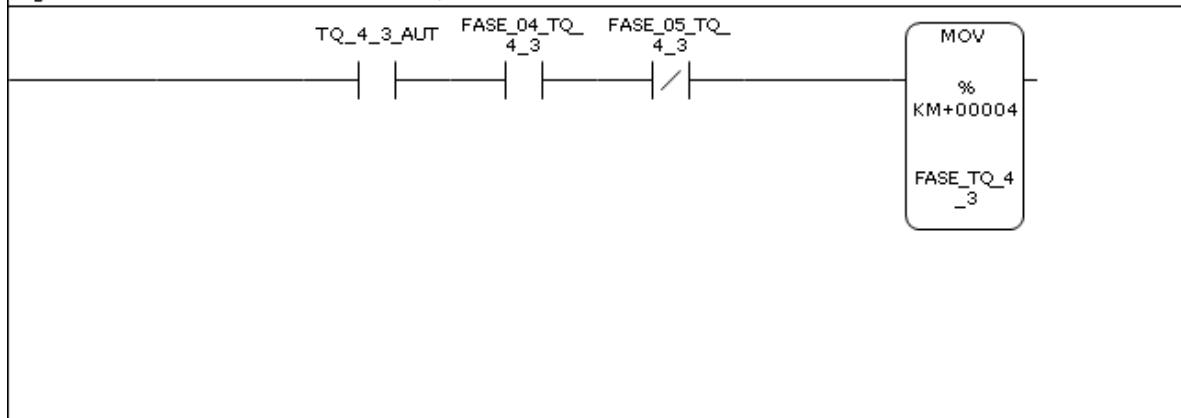




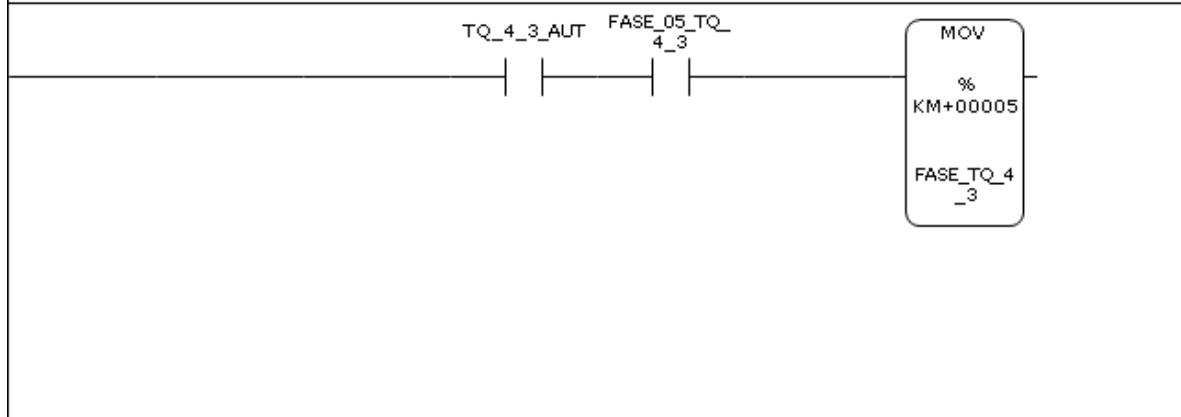
Lógica: 016 - INDICADOR DE FASES DO TANQUE



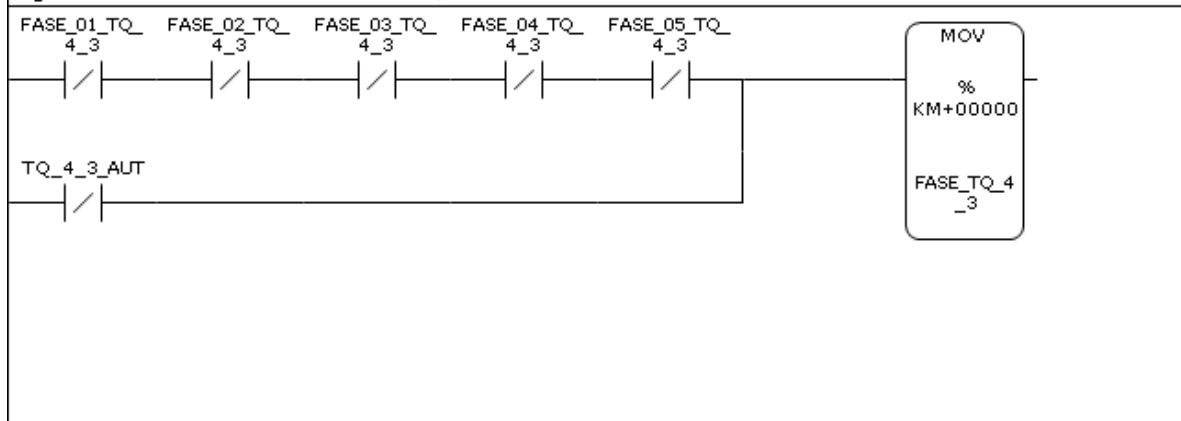
Lógica: 017 - INDICADOR DE FASES DO TANQUE

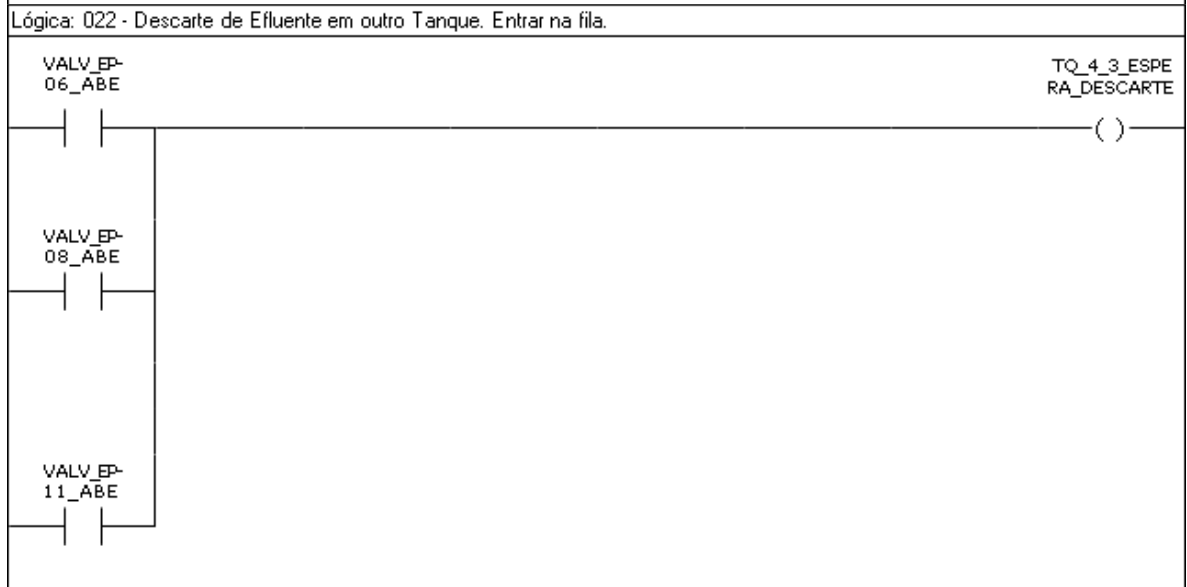
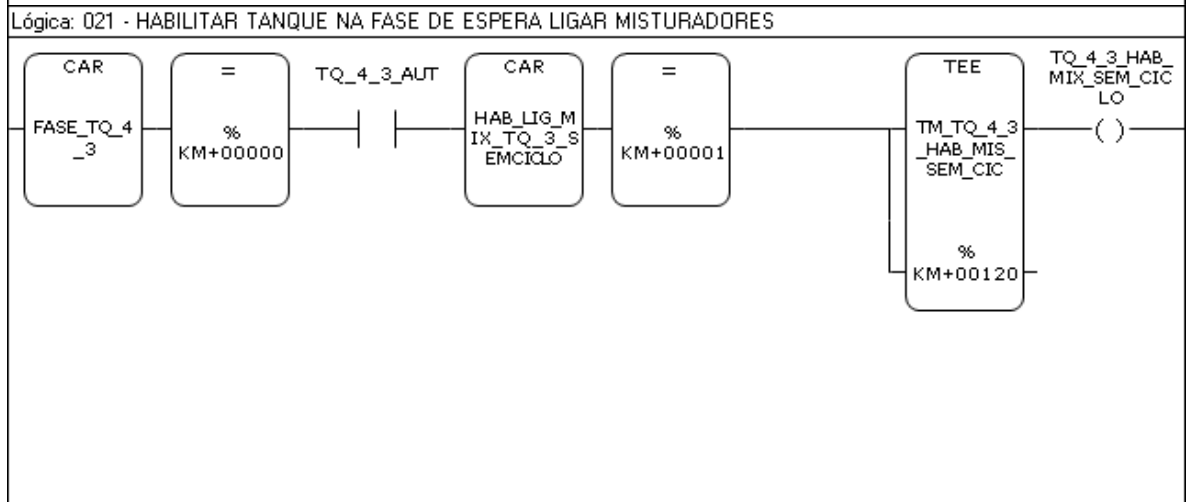
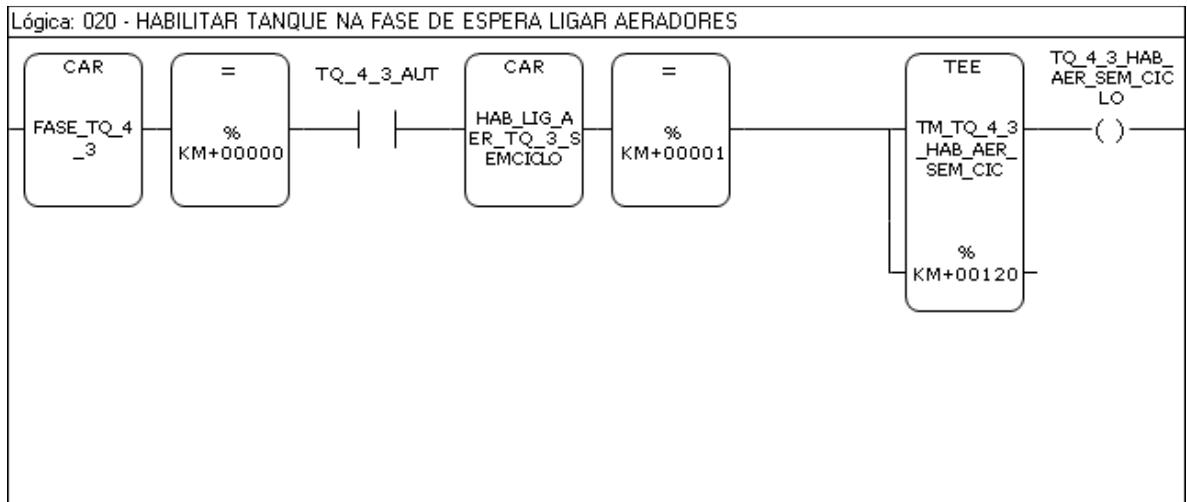


Lógica: 018 - INDICADOR DE FASES DO TANQUE



Lógica: 019 - INDICADOR DE FASES DO TANQUE





APÊNDICE C

Será apresentada a seguir a lógica de escalonamento das entradas analógicas, que é um exemplo das funções programadas em Texto Estruturado (ST).

```
PROGRAM SCALE
```

```
VAR_INPUT
```

```
    Entrada_Analogica: INT;
```

```
    Escala_Max: REAL;
```

```
    Escala_Min: REAL;
```

```
END_VAR
```

```
VAR_OUTPUT
```

```
    Escala: REAL;
```

```
END_VAR
```

```
VAR
```

```
    Entrada: REAL;
```

```
END_VAR
```

```
IF Entrada_Analogica <=0 THEN
```

```
    Entrada:= 0;
```

```
ELSEIF Entrada_Analogica >=30000 THEN
```

```
    Entrada := 30000;
```

```
ELSEIF Entrada_Analogica >0 AND Entrada_Analogica <30001 THEN
```

```
    Entrada:= INT_TO_REAL (Entrada_Analogica);
```

```
END_IF;
```

```
    Escala:=(entrada - (0)) * (Escala_Max - Escala_Min) / (30000 - 0) + (Escala_Min);
```

```
END_PROGRAM
```

APÊNDICE D

Este apêndice possui alguns exemplos de *scripts* utilizados no sistema de supervisão. A linguagem de programação utilizada é Visual Basic.

O prefixo "Fix32." é padrão no nome das estações servidoras da SABESP. O software FIX 32 foi antecessor do iFIX, mas ainda são mantidos alguns padrões antigos de cores, nomenclatura e procedimentos.

 Tipo de comando de válvulas

Dim MSRESULT1, MSGRESULT2, TITULO

TITULO = "Comando da Válvula VEP-10"

```
If Fix32.RE_AU_VALV_EP_06_AB.F_CV = 0 Then
  MSRESULT1 = MsgBox("Alterar o comando desta Válvula para AUTOMÁTICO ?", 36, TITULO)
```

```
  If MSRESULT1 = 6 Then
    WriteValue "1", "Fix32.RE_AU_VALV_EP_06_AB.F_CV"
  End If
```

```
Else
  MSRESULT2 = MsgBox("Alterar o comando desta Válvula para REMOTO ?", 36, TITULO)
```

```
  If MSRESULT2 = 6 Then
    WriteValue "0", "Fix32.RE_AU_VALV_EP_06_AB.F_CV"
  End If
```

```
End If
```

 Alerta para comando que não esta em remoto

```
Private Sub FixEvent1_OnTrue()
  Dim TITULO, MENSAGEM, MSG
```

```
TITULO = "ALERTA"
  MENSAGEM = "O EQUIPAMENTO NÃO ESTÁ DISPONIVEL PARA COMANDO REMOTO."
```

```
  MSG = MsgBox(MENSAGEM, 48, TITULO)
```

```
End Sub
```

 Comandar Válvulas

Dim MSRESULT1, MSGRESULT2, TITULO, ERRO1, ERRO2, ERROR, ERRO

TITULO = "Comando da Válvula VEP-15"

If Fix32.FIX.RE_AU_VALV_EP_11_AB.F_CV = 0 Then

 If Fix32.VALV_EP_11_FEC.F_CV > 0 Then

 MSRESULT1 = MsgBox("Deseja ABRIR a Válvula ?", 36, TITULO)

 If MSRESULT1 = 6 Then

 WriteValue "1", "Fix32.REM_VALV_EP_11_AB.F_CV"

 End If

 ERRO1 = 0

 Else

 ERRO1 = 1

 End If

 If Fix32.VALV_EP_11_ABE.F_CV > 0 Then

 MSRESULT2 = MsgBox("Deseja FECHAR a Válvula ?", 36, TITULO)

 If MSRESULT2 = 6 Then

 WriteValue "0", "Fix32.REM_VALV_EP_11_AB.F_CV"

 End If

 ERRO1 = 0

 Else

 ERRO2 = 1

 End If

 If ERRO1 = 1 And ERRO2 = 1 Then

 MsgBox "Válvula está em posição Indefinida, sem permissão para comando"

 End If

Else

 ERRO = MsgBox("O COMANDO DA VÁLVULA ESTÁ EM AUTOMÁTICO. NÃO É POSSÍVEL COMANDAR REMOTAMENTE", 16, "ERRO")

End If

```
-----  
Comandar BOMBAS  
-----  
Dim MSRESULT1, MSGRESULT2, TITULO, ERROR, ERRO  
  
TITULO = "Comando do Aerador AER-01A"  
  
If Fix32.FIX.RE_AU_TQ_4_1.F_CV = 0 Then  
  
    IF Fix32.Fix.AER_01A_LOC.F_CV = 1 OR Fix32.Fix.AER_01A_MNT.F_CV = 1 OR  
    Fix32.Fix.AER_01A_DEF.F_CV = 1 OR Fix32.Fix.AER_01A_AUT.F_CV = 0 THEN  
  
        ERROR = MsgBox("O EQUIPAMENTO NÃO ESTÁ DISPONIVEL PARA COMANDO  
        REMOTO", 16, "ERRO")  
  
    ELSE  
        If Fix32.Fix.AER_01A_LIG.F_CV = 0 Then  
            MSRESULT1 = MsgBox("Deseja Ligar o Equipamento ?", 36, TITULO)  
  
            If MSRESULT1 = 6 Then  
                WriteValue "1", "Fix32.Fix.REM_AER_01A_SHIDRO.F_CV"  
            End If  
  
        End If  
  
        If Fix32.Fix.AER_01A_LIG.F_CV > 0 Then  
            MSRESULT2 = MsgBox("Deseja Desligar o Equipamento ?", 36, TITULO)  
  
            If MSRESULT2 = 6 Then  
                WriteValue "0", "Fix32.Fix.REM_AER_01A_SHIDRO.F_CV"  
            End If  
  
        End If  
  
    ENDIF  
Else  
    ERRO = MsgBox("O COMANDO DO EQUIPAMENTO ESTÁ EM AUTOMÁTICO. NÃO É  
    POSSÍVEL COMANDAR REMOTAMENTE", 16, "ERRO")  
End If  
  
-----
```

APÊNDICE E

Topologia de Comunicação da ETE Bertiooga:

