

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNOLÓGICO  
DEPARTAMENTO DE AUTOMAÇÃO E SISTEMAS**

**Emilio Bringhenti Junior**

**Automação do Tanque de Equalização na ETA  
Morro dos Quadros via SCADA**

Florianópolis  
2017

**Emilio Bringhenti Junior**

**Automação do Tanque de Equalização na ETA Morro dos Quadros via SCADA**

Relatório submetido à Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a aprovação na disciplina **DAS 5511: Projeto de Fim de Curso** do curso de Graduação em Engenharia de Controle e Automação.

Orientador: Prof. Carlos Barros Montez

Florianópolis  
2017

**Emilio Bringhenti Junior**

# **Automação do Tanque de Equalização na ETA Morro dos Quadros via SCADA**

Esta monografia foi julgada no contexto da disciplina DAS5511: Projeto de Fim de Curso e aprovada na sua forma final pelo Curso de Engenharia de Controle e Automação.

Florianópolis, 29 de março de 2017

## **Banca Examinadora:**

Ezequiel Medeiros  
Orientador na Empresa  
CASAN

Prof. Carlos Barros Montez  
Orientador no Curso  
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Werner Kraus Junior  
Avaliador  
Universidade Federal de Santa Catarina

Guilherme Fetter Damasio  
Debatedor  
Universidade Federal de Santa Catarina

Mateus Sant'Ana  
Debatedor  
Universidade Federal de Santa Catarina

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus, por iluminar sempre o meu caminho.

Aos meus pais, por ter dado todo apoio e suporte necessário para que eu conseguisse chegar até aqui.

Aos meus orientadores Carlos Barros Montez e Ezequiel Medeiros, por terem me dado essa oportunidade.

Aos engenheiros Marcelo Leandro Brenner e Edgar Pinheiro, pela ajuda na realização do projeto.

E ao Alessandro de Oliveira Dambros, suporte técnico da Altus, pela boa vontade e paciência em esclarecer minhas dúvidas.

*“Coisas incríveis podem acontecer quando você decide engajar seu talento, e o primeiro passo é reconhecer que você é o autor de uma história que pode mudar, permanentemente.”*

**(AUTOR DESCONHECIDO)**

## RESUMO

Sabe-se que, atualmente, um sistema automatizado traz vários benefícios, sejam eles para a operação, o financeiro, ou o administrativo de uma empresa. Por ser a maior e mais importante estação de tratamento de água de Santa Catarina, é imprescindível que os processos sejam automatizados na estação de tratamento Morro dos Quadros. Por isso, este trabalho apresenta uma solução para o sistema de descarte de água suja, a qual é armazenada no tanque de equalização para ser reutilizada pelo processo de tratamento. O que antes era feito manualmente, hoje pode ser feito remotamente por um supervisor. Assim, reduziu-se o tempo de deslocamento do operador até o local, deixando-o livre para outras tarefas; além de ter aumentado a segurança, pois a probabilidade de o operador cometer erros ao operar de forma manual os atuadores é menor. Tem-se, então, um monitoramento *online* das variáveis do processo e há a possibilidade de controlar o sistema a longas distâncias, trazendo melhoria na qualidade do processo e, principalmente, no trabalho dos operadores.

**Palavras-chave:** Automação, Supervisor, Modbus, Telemetria.

## **ABSTRACT**

It is well known that an automated system brings several benefits for the operational, financial, administrative areas in a company. The Morro dos Quadros is the largest and most important water treatment station in Santa Catarina, therefore it is essential that its processes be automated. This work presents a solution for the treatment of dirty water discard system, which its resulting water is stored in an equalization tank to be reused by a treatment process. The goal of this work is to replace a process done manually by another that can be done remotely by an automatic supervisory system. Some of the benefits obtained are: the reduction of the operator's travel time, leaving him free for other tasks; and the increasing in the operation safety due to the reduction of the probability of manually produced errors. With the proposal of this new supervisory system, there will be a continuous monitoring of process variables and also the possibility of controlling the system over long distances, bringing improvements in process quality and, mainly, in the work productivity of the operators.

**Key-words:** Automation, Supervisory, Modbus, Telemetry.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 – Tanque de Equalização ao fundo .....	26
Figura 02 – Fluxograma da ETA Morro dos Quadros .....	32
Figura 03 – Conjunto moto-bomba .....	33
Figura 04 – Tanque de Equalização .....	33
Figura 05 – Válvula com atuador elétrico na entrada do tanque .....	34
Figura 06 – Quadro de comandos .....	34
Figura 07 – Diagrama de blocos de um sistema de automação .....	35
Figura 08 – Arquitetura SCADA .....	36
Figura 09 – Arquitetura do CLP .....	39
Figura 10 – Bloco de contatos .....	40
Figura 11 – Topologia da conexão remota ao servidor .....	47
Figura 12 – Arquitetura do sistema.....	50
Figura 13 – Ligação pelo pino serials RS-485 .....	51
Figura 14 – Topologia da rede com a serial RS-485 .....	51
Figura 15 – Esquemático da montagem do conversor .....	52
Figura 16 – Ligação ponto a ponto pela serial RS-232 .....	53
Figura 17 – Tela inicial SCADABR .....	54
Figura 18 – CLP Altus .....	54
Figura 19 – Modem ABS .....	55
Figura 20 – Conversor Alfacomp .....	55
Figura 21 – Inversor Danfoss .....	56
Figura 22 – Atuador elétrico Coester .....	56
Figura 23 – Sonda de nível Zurich .....	56
Figura 24 – Sistema experimental .....	57
Figura 25 – Configurador do modem GPRS .....	58
Figura 26 – Criação de <i>datasource</i> .....	58
Figura 27 – Configuração da port1 do CLP .....	59
Figura 28 – Lista de <i>datapoints</i> do processo .....	60
Figura 29 – Criação de <i>datapoints</i> .....	61
Figura 30 – Figura de fundo do <i>datasource</i> .....	61
Figura 31 – Tela de monitoramento do sistema SCADABR .....	62



Figura 32 – Configuração da entrada rápida do CLP .....	62
Figura 33 – Tabela de endereços MODBUS .....	64
Figura 34 – Parâmetros MODBUS no CLP .....	64
Figura 35 – Programa principal do CLP .....	67
Figura 36 – Sub-rotina INICIA .....	68
Figura 37 – Sub-rotina PULSO .....	69
Figura 38 – Reta da função de conversão .....	69
Figura 39 – Sub-rotina VOLUME .....	70
Figura 40 – Sub-rotina MANUAL .....	71
Figura 41 – Sub-rotina AUTO .....	71
Figura 42 – Continuação da sub-rotina AUTO .....	72
Figura 43 – Sub-rotina MBUS .....	73
Figura 44 – <i>Network Comment</i> .....	73
Figura 45 – <i>Element Comment</i> .....	74
Figura 46 – Tubulação antes e depois .....	76
Figura 47 – Instalação da sonda de nível .....	77
Figura 48 – Instalação dos equipamentos no quadro de comandos .....	77
Figura 49 – Variáveis sendo testadas no SCADABR .....	79
Figura 50 – Gerador de corrente Novus .....	80
Figura 51 – Aferição da corrente na sonda de nível .....	80
Figura 52 – Aferição da frequência no osciloscópio .....	81
Figura 53 – <i>Trim pots</i> do conversor .....	81
Figura 54 – Ajuste do <i>span</i> no conversor .....	82
Figura 55 – Calibração do <i>span</i> .....	82
Figura 56 – Ajuste do zero no conversor .....	83
Figura 57 – Calibração do zero .....	83
Figura 58 – Monitoramento pelo Status Page .....	84
Figura 59 – Supervisório em funcionamento .....	85
Figura 60 – Comandos no supervisório em funcionamento .....	85
Figura 61 – Valores das variáveis monitoradas no Status Page .....	86
Figura 62 – Modo de operação automática do CLP .....	86
Figura 63 – Relatório do sinal TCP no SCADABR .....	87

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Armazenamento de dados Modbus .....	45
Tabela 2 – Código de funções Modbus .....	45
Tabela 3 – Parte da tabela de escrita Modbus do atuador elétrico .....	65
Tabela 4 – Parte da tabela de leitura Modbus do atuador elétrico .....	65
Tabela 5 – Endereços Modbus do CLP .....	66
Tabela 6 – Variáveis do programa .....	74

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas  
CASAN – Companhia Catarinense de Águas e Saneamento  
CSD – *Circuit Switched Data*  
CRC – *Cyclic-Redundant Checksum*  
CLP – Controlador Lógico Programável  
ETA – Estação de Tratamento de Água  
ETE – Estação de Tratamento de Esgoto  
GPRS – Serviços Gerais de Pacote por Rádio  
GSM – Sistema Global para Comunicações Móveis  
I/O – *Input/Output*  
IHM – Interface Homem-Máquina  
NEMA – *National Electrical Manufacturers Association*  
PPP – Protocolo Ponto a Ponto  
RTU – *Remote Terminal Unit*  
SCADA - Sistema de Supervisão e Aquisição de Dados  
TCP – Protocolo de Controle de Trasmisão  
UART – *Universal Asynchronous Receiver Transmitter*  
UCP – Unidade Central de Processamento  
UDP – *User Datagram Protocol*  
UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

## LISTA DE SÍMBOLOS

bps	bits por segundo
hex	hexadecimal
L/s	Litros por segundo
mA	miliamperes
m	metros
m <sup>3</sup>	metros cúbicos
Rx	<i>Receive</i>
Tx	<i>Transmit</i>

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>25</b>
1.1	Motivação .....	25
1.2	Objetivos .....	26
1.3	Estrutura do Documento .....	27
<b>2</b>	<b>A COMPANHIA .....</b>	<b>29</b>
2.1	Serviço de Abastecimento de Água Tratada .....	29
2.1.1	Estação de Tratamento de Água .....	29
2.2	Serviço de Esgotamento Sanitário .....	30
2.2.1	Estação de Tratamento de Esgoto .....	30
2.3	ETA Morro dos Quadros .....	30
2.3.1	Etapas do Tratamento .....	31
2.4	Tanque de Equalização .....	32
<b>3</b>	<b>SISTEMA SUPERVISÓRIO .....</b>	<b>35</b>
3.1	SCADA .....	35
3.2	Controlador Lógico Programável .....	38
3.2.1	Linguagem <i>Ladder</i> .....	39
3.3	Sensores e Atuadores .....	40
<b>4</b>	<b>REDES DE COMUNICAÇÃO .....</b>	<b>43</b>
4.1	Protocolo RS-485 e RS-232 .....	43
4.1.1	Configuração .....	44
4.2	Protocolo Modbus .....	45
4.2.1	Armazenamento de Dados .....	45
4.2.2	Número de Estação .....	46
4.2.3	Código de Função .....	46
4.2.4	CRC .....	47
4.3	Telemetria .....	47
4.3.1	Serviço GPRS .....	48
<b>5</b>	<b>DESENVOLVIMENTO .....</b>	<b>51</b>
5.1	Rede pela interface RS-485 .....	51
5.2	Nível do Tanque .....	52
5.3	Rede pela interface RS-232 .....	53

5.4	O Programa .....	54
5.5	Equipamentos .....	55
<b>6</b>	<b>IMPLEMENTAÇÃO .....</b>	<b>59</b>
6.1	Em Laboratório .....	59
6.1.1	Primeira Etapa .....	59
6.1.2	Segunda Etapa .....	61
6.1.3	Terceira Etapa .....	64
6.1.4	Quarta Etapa .....	65
6.1.5	Quinta Etapa .....	65
6.1.5.1	Endereços Modbus .....	67
6.1.6	Sexta Etapa .....	69
6.1.6.1	Programa Principal .....	69
6.1.6.2	Sub-rotina INICIA .....	70
6.1.6.3	Sub-rotina PULSO .....	70
6.1.6.4	Sub-rotina VOLME .....	71
6.1.6.5	Sub-rotina MANUAL .....	72
6.1.6.6	Sub-rotina AUTO .....	73
6.1.6.7	Sub-rotina MBUS .....	74
6.1.7	Sétima Etapa .....	75
6.2	Em Campo .....	78
6.2.1	Instalações .....	78
<b>7</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>81</b>
7.1	Em Laboratório .....	81
7.2	Em Campo .....	82
7.2.1	Calibração .....	83
7.3	Comunicação pela interface RS-485 .....	86
7.4	Comunicação pela interface RS-232 .....	86
7.5	Comandos via SCADABR .....	87
7.6	Modos de Operação do CLP .....	88
7.7	Relatórios .....	89
<b>8</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS .....</b>	<b>91</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>93</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente existe uma constante busca por uma maior eficiência operacional por parte das empresas de saneamento, com o objetivo de reduzir as perdas de água, preservar os recursos hídricos e garantir o abastecimento público [1]. Para se obter uma melhor eficiência operacional, há a necessidade de melhores controles dos processos. Entende-se por processo “qualquer conjunto de condições, ou causas que, atuando juntas, geram um dado resultado” [2], ou seja, processo é um grupo de atividades inter-relacionadas e caracterizadas por um grupo de entradas específicas, com tarefas que agregam valor e que produzem um somatório de resultados específicos.

Com os avanços da Engenharia Eletrônica e a redução dos custos de serviços ofertados, ficou possível o desenvolvimento de sofisticados sistemas para automação, aplicados à área de Saneamento. Embora essa tecnologia aumente os custos, a comparação técnica-econômica entre usar ou não, normalmente leva a optar pelo uso, pois, em contrapartida ao investimento, existe redução de custos com mão de obra, energia elétrica, perdas de água e produtos químicos, melhorando a eficiência dos processos e aumentando a segurança operacional [3].

Com o uso da automação para telemetria, tele operação e tele supervisão torna-se possível monitorar informações do sistema, identificar extravasamentos em reservatórios, oscilações nas pressões e vazões, operar abertura e fechamento de válvulas, entrada e saída das unidades de bombeamento, sendo que todos esses parâmetros podem ser monitorados à distância através de uma unidade central de controle.

### 1.1 Motivação

A ETA Morro dos Quadros é a maior do estado de Santa Catarina. Devido a este tamanho, os operadores precisam percorrer longas distancias para realizar algumas tarefas, uma vez que os todos os processos na ETA são feitos localmente. O tanque de equalização é o processo mais distante de todos, e ainda é o que mais sacrifica o trabalho do operador quando este precisa ir até o local fazer algum procedimento, por se localizar no declive do morro. Um fato agravante é que, para o operador fazer a limpeza dos filtros ou a descarga nos floco-decantadores, este

precisa se deslocar até o tanque (ver figura 1), subir em uma escada de três metros para poder observar se o nível do tanque está apto para receber essa descarga e voltar para realizar a operação.

Com a concretização deste projeto, todo esse trabalho não será preciso, já que toda a informação estará disponível remotamente no computador, podendo, a partir do mesmo, realizar as operações necessárias.

Figura 1 – Tanque de equalização ao fundo.



Fonte: Autor, 2017.

## 1.2 Objetivos

Este trabalho tem como objetivo a automação do sistema de reutilização da água suja que vem dos floco-decantadores e da limpeza dos filtros na ETA Morro dos Quadros. Essa água chega ao tanque de equalização e é bombeada de volta para a entrada da ETA para ser tratada e reutilizada. Tal processo terá as variáveis principais monitoradas no computador remotamente, dessa forma o deslocamento do operador não será mais necessário, aumentando assim o tempo livre para a realização de outras tarefas. Também criará um sistema com atuação automática sem a necessidade da ação humana.

Como objetivos específicos, foram definidos:

- Possibilitar que os equipamentos sejam controlados remotamente;
- Disponibilizar os valores das variáveis *online*;
- Poder atuar a longas distâncias;



- Criar um sistema automático.

### **1.3 Estrutura do Documento**

O trabalho está dividido da seguinte maneira:

- Capítulo 2 – A Companhia: traz uma descrição da CASAN e seus serviços. Comenta sobre a ETA Morro dos Quadros e o local onde foi realizado o projeto – o tanque de equalização.

- Capítulo 3 – Sistema Supervisório: traz uma revisão bibliográfica contendo conceitos teóricos do sistema SCADA, CLP, sensores e atuadores.

- Capítulo 4 – Redes de Comunicação: traz os conceitos teóricos de protocolos de comunicação utilizados no projeto.

- Capítulo 5 – Desenvolvimento: descreve a solução da proposta para o projeto, lista os equipamentos que foram utilizados e como estão relacionados uns com os outros.

- Capítulo 6 – Implementação: traz a descrição de todo o desenvolvimento do projeto com suas respectivas etapas.

- Capítulo 7 – Resultados: traz a descrição dos testes feitos em laboratório e em campo, simulações e resultados.

- Capítulo 8 – Considerações Finais e Perspectivas: traz a conclusão do trabalho desenvolvido, problemas que surgiram durante a realização do mesmo e sugestões para trabalhos futuros.

## **2 A COMPANHIA**

A Companhia Catarinense de Águas e Saneamento é uma empresa de capital misto, criada em 1970, e que tem como missão fornecer água tratada; coletar e tratar esgotos sanitários; promover saúde, conforto, qualidade de vida e desenvolvimento sustentável. A empresa atende 199 municípios: 198 catarinenses e um paranaense. Na abrangência dos 198 municípios catarinenses atendidos, está presente em Porto União apenas no distrito de Santa Cruz do Timbó, e em Gaspar no distrito de Pocinho [4].

A CASAN atua por meio de convênios de concessão firmados com as prefeituras municipais. Atualmente os serviços prestados pela empresa cobrem quase todo o Estado de Santa Catarina, que está dividido em quatro Superintendências Regionais de Negócios nas regiões Norte Vale do Rio Itajaí, Oeste, Sul/Serra e Metropolitana da Grande Florianópolis [4].

A empresa atende uma população de 2,5 milhões de habitantes com distribuição de água tratada e 319 mil com coleta, tratamento e destino final de esgoto sanitário [4].

### **2.1 Serviço de Abastecimento de Água Tratada**

A água passa por um longo processo até chegar com qualidade nas torneiras. Esse processo garante a qualidade da água fornecida, obedecendo à legislação vigente que exige um rigoroso padrão de potabilidade.

Para que isso ocorra, grandes investimentos são realizados na captação da água bruta, passando pelas estações de tratamento, rede de distribuição, reservação, equipamentos para laboratórios e todo um fluxo de serviço, que faz com que a CASAN entregue água de qualidade, 24 horas por dia, em domicílio [5].

#### **2.1.1 Estação de Tratamento de Água**

É a parte do sistema de abastecimento onde ocorre o tratamento da água captada na natureza visando a potabilização para posterior distribuição à população [6].

## **2.2 Serviço de Esgotamento Sanitário**

A CASAN, através de suas Unidades de Recuperação Ambiental - Estações de Tratamento de Esgoto - ETE's, realiza um amplo trabalho de coleta e tratamento de efluentes, transformando os poluentes indesejáveis em líquidos com níveis menores ou iguais aos padrões exigidos pela legislação vigente. O objetivo maior é a despoluição. Os dejetos captados pela CASAN passam por um tratamento e depois, retornam para o rio ou para o mar, com até 98% de pureza [5].

### **2.2.1 Estação de Tratamento de Esgoto**

É a unidade operacional do sistema de esgotamento sanitário que, através de processos físicos, químicos ou biológicos, removem as cargas poluentes do esgoto, devolvendo ao ambiente o produto final, efluente tratado, em conformidade com os padrões exigidos pela legislação ambiental [7].

## **2.3 ETA Morro dos Quadros**

A Estação de Tratamento José Pedro Horstmann, popularmente conhecida como ETA Cubatão ou ainda ETA do Morro dos Quadros, é uma estação de tratamento de água construída pela CASAN no início da década de 1990, visando atender a população da grande Florianópolis. Atualmente, a estação atende os municípios de Florianópolis, Palhoça, São José, Santo amaro da Imperatriz e Biguaçu [8].

A ETA Cubatão foi projetada para tratar a água do rio da Vargem do Braço, conhecido como Rio Pilões. A água do rio em questão tem como característica a sua baixa turbidez permitindo que o tratamento seja realizado através de filtração direta sem a necessidade de operações de floculação mais longas ou de decantação. Entretanto, com o aumento populacional ocorrido – a população da região da grande Florianópolis mais que dobrou após a construção da ETA [9], o Rio Pilões não pôde sustentar a demanda de captação de água, por isso se passou a captar também a água do Rio Cubatão.

O Rio Cubatão vem sofrendo nos últimos anos uma série de interferências humanas que prejudicam a qualidade da água captada. Atividades como: extração ilegal de areia, desmatamento das matas ciliares e esgotos clandestinos vêm causando uma considerável deterioração da qualidade da água do manancial, trazendo dificuldades no processo de tratamento realizado, já que este foi projetado para tratar águas de baixa turbidez. Análises realizadas pela CASAN mostram que turbidez e a cor da água chegaram a aumentar aproximadamente 470% e 300%, respectivamente, em um período de cerca de 10 horas, fato causado principalmente pela extração irregular de areia [11].

Devido ao aumento da demanda de água e da interferência humana na qualidade desta captada para a estação, o projeto da ETA não era mais capaz de tratar a água de modo eficiente, causando problemas de operação e dificuldade no controle de qualidade. Para solucionar tais problemas a CASAN implantou uma unidade de floco-decantação que não só pretendeu melhorar a qualidade da água fornecida assim como aumentou em cerca de 50% a capacidade de tratamento da estação e facilitou adequações do processo requisitadas pela legislação brasileira. O projeto do floco-decantador previu também a implantação de uma unidade de desaguamento de lodo para que este, ao sair do processo, fosse enviado ao destino adequado (aterro sanitário) [12].

### **2.3.1 Etapas do Tratamento**

A água é captada de dois rios, Pilões e Cubatão. Pilões vem por gravidade até a entrada da ETA e a de Cubatão por bombas. Essa água captada passa por uma peneira que serve para retirar os rejeitos mais grosseiros, como folhas e galhos. Em seguida passa por dois agitadores, no qual é misturado o coagulante sulfato de alumínio, que tem a função de aglutinar partículas menores.

No floculador, as partículas vão se amontoando e ficando maiores, aqui o processo é lento. Passando esta etapa as partículas estão tão pesadas que caem no fundo do decantador. No fundo do decantador existe uma descarga que faz com que esse lodo seja levado até uma prensa parafuso onde é retirada a água do lodo.

A água segue para a próxima etapa do tratamento que são os filtros. A filtração é feita de forma ascendente (de baixo para cima). Até esta etapa, a água não sofre nenhum tratamento químico, apenas processos físicos.

No tanque de contato é onde a água recebe os agentes desinfetantes como o cloro, correção de Ph com o hidróxido de cálcio e fluoretação. A partir desse ponto, ela passa para um tanque chamado de reservatório e, em seguida, para as casas, atendendo assim Biguaçu, Florianópolis, São José, Palhoça e Santo Amaro da Imperatriz (ver figura 2).

Figura 2 – Fluxograma da ETA Morro dos Quadros.



Fonte: <http://www.casan.com.br/menu-conteudo/index/url/eta-morro-dos-quadros#0>

## 2.4 Tanque de Equalização

A ETA sofre dois tipos de descarte de água: no floco-decantador e nas lavagens de filtros. Essa água suja vai para o tanque de equalização (parte do tratamento de resíduos na figura 2), sendo, posteriormente, bombeada para o início do processo de tratamento e reutilização.

Esse ciclo tem o objetivo de reutilizar toda a água de lavagem dos filtros, retornando para o início do processo de tratamento de água com uma vazão na faixa de 5 a 10% da capacidade total da ETA bem como diminuir ao máximo a quantidade de água no lodo que será descartado (aterro sanitário). Será retornado cerca de 100% do volume de água de lavagem e cerca de 75% da água descartada dos decantadores. O retorno da água do tanque de equalização é realizado por um conjunto moto-bomba (ver figura 3).

Figura 3 – Conjunto moto-bomba



Fonte: Autor, 2017.

O volume do tanque de equalização foi estimado com base no volume de água de lavagem de dois filtros por dia que é de  $1980\text{m}^3$ . E a água proveniente dos decantadores é de  $300\text{m}^3$  por dia. O tanque é circular feito de concreto armado, possui 20 metros de diâmetro e 6 metros de altura útil, totalizando um volume útil de  $1885\text{ m}^3$ . Tem três agitadores para promover a homogeneização (ver figura 4).

Figura 4 – Tanque de Equalização.



Fonte: Autor, 2017.

É essencial que se tenha um tanque de recepção dos resíduos líquidos para promover sua equalização e que possibilite regularizar a vazão de retorno, no máximo igual a 10% da vazão de água bruta [12].

Foi adotado um conjunto moto-bomba para retorno desta água de lavagem dos filtros capaz de transportar  $180\text{ L/s}$  (6% da vazão de água bruta) para o início da ETA (canal de entrada para a coagulação). Ou seja, o conjunto moto-bomba consegue transportar todo o volume do tanque em três horas.

O tanque de equalização possui também em sua tubulação de entrada uma válvula tipo borboleta com um atuador elétrico (ver figura 5).

Figura 5 – Válvula com atuador elétrico na entrada do tanque.



Fonte: Autor, 2017.

Para o comando do conjunto moto-bomba, um quadro de comando está montado ao lado do tanque com dois inversores fazendo o acionamento dos motores (ver figura 6).

Figura 6 – Quadro de comandos.

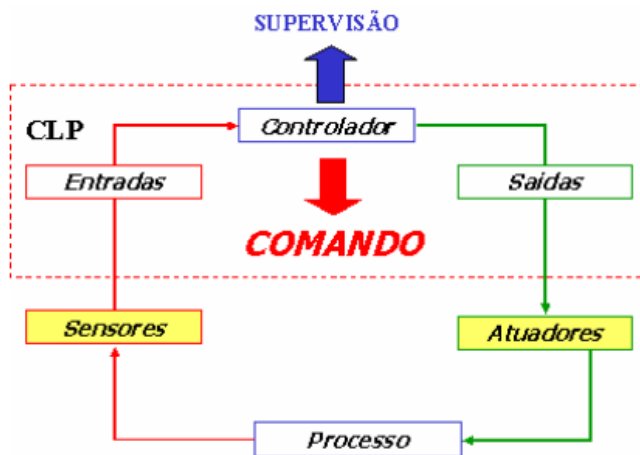


Fonte: Autor, 2017.

### 3 SISTEMA SUPERVISÓRIO

Neste capítulo serão conceituados os aspectos teóricos utilizados como base para a realização do projeto proposto, bem como sua aplicação e relevância para a compreensão do mesmo. O capítulo está dividido em seções, sendo a primeira seção dedicada ao *software* SCADA, a segunda seção dedicada ao controlador lógico programável e sua forma de programação, o *Ladder* e um breve conceito sobre sensores e atuadores.

Figura 7 – Diagrama de blocos de um sistema de automação



Fonte: Autor, 2017.

#### 3.1 SCADA

Os sistemas SCADA (Supervisory Control and Acquisition Data System) são aplicativos que permitem que sejam monitoradas e rastreadas informações do processo produtivo, que podem ser visualizadas por intermédio de quadros sinóticos animados com indicações instantâneas das variáveis de processo (vazão, temperatura, pressão, volume, etc.) (ver figura 7).

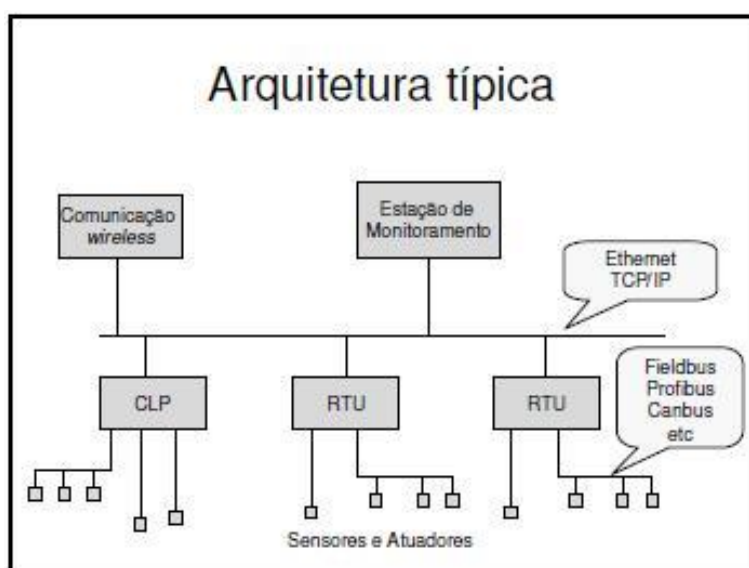
Os dados são provenientes do controle do CLP, podendo os *softwares* supervisórios gerenciar processos de qualquer tamanho ou natureza. Estes auxiliam no processo de implantação da qualidade e de movimentação de informações para gerenciamento e diretrizes. Desta forma, a escolha do *software* de supervisão é muito importante na estratégia de automação de uma empresa.



Segundo Boyer (1993), um sistema SCADA permite a um operador, em uma localização central, controlar um processo distribuído em lugares distantes, como, óleo ou gás natural, sistemas de saneamento, ou complexos hidroelétricos, estabelecer *set-point*, abrir ou fechar válvulas ou chaves, monitorar alarmes e armazenar informações de processo. De acordo com esse mesmo autor, quando as dimensões do processo tornam-se muito grandes, os benefícios, em termos de redução de custos de visitas rotineiras, podem ser verificados, porque torna desnecessária a presença do operador ou a visita em operação normal.

Hoje, os sistemas SCADA podem ter uma arquitetura aberta, ligada em rede, de forma a permitir que o fluxo de dados do processo ultrapasse o limite das paredes da empresa e percorra o mundo através dos meios de comunicação existentes.

Figura 8 – Arquitetura SCADA



Fonte: [http://www.laifi.com/usuario/66753/laifi/12450754\\_66753\\_81020503\\_3247.jpg](http://www.laifi.com/usuario/66753/laifi/12450754_66753_81020503_3247.jpg)

Num ambiente industrial, esses sistemas auxiliam na gestão da produção, porque possibilitam:

- Comunicações significativamente melhores entre todas as áreas da operação;
- Melhor planejamento da produção;

- Melhor rastreamento das ordens de produção, incluindo listas de materiais, além de uma melhor administração do plano de produção;
- Acompanhamento mais preciso dos níveis de estoque alocado e real de matérias-primas e produtos acabados e
- Melhor administração e manutenção dos equipamentos da planta, incluindo o acompanhamento de defeitos e a programação de ordens de trabalho para manutenção.

Segundo Rodrigues & Coelho (2000), os sistemas SCADA podem ser subdivididos em:

a) Sensores e Atuadores: são dispositivos conectados aos equipamentos controlados e monitorizados pelos sistemas SCADA. Os sensores convertem parâmetros físicos, tais como velocidade, níveis de água e temperatura, para sinais analógicos e digitais legíveis pela estação remota. Os atuadores são usados para atuar sobre o sistema, ligando e desligando determinados equipamentos.

b) Estações remotas: O processo de controle e aquisição de dados inicia-se nas estações remotas, CLP (Controlador Lógico Programável) e RTU (Remote Terminal Units), com a leitura dos valores atuais dos dispositivos a que estão associados e o respectivo controle. O CLP apresenta como principal vantagem a facilidade de programação e controle de I/O. Por outro lado, o RTU apresenta boa capacidade de comunicação, incluindo a via rádio, estando especialmente indicados para situações adversas na qual a comunicação é difícil. Atualmente, nota-se uma convergência no sentido de reunir as melhores características desses dois equipamentos: a facilidade de programação e controle do CLP e as capacidades de comunicação do RTU.

c) Redes de comunicações: A rede de comunicação é a plataforma através da qual a informação de um sistema SCADA é transferida. Tendo em consideração os requisitos do sistema e as distâncias a cobrir, as redes de comunicação podem ser implementadas, entre outros, através dos seguintes meios físicos:

- Cabos - Os cabos estão indicados para a cobertura de pequenas distâncias, normalmente em fábricas, não sendo adequados para grandes distâncias devido ao elevado custo da cablagem, instalação e manutenção;

- Linhas Discadas - As linhas discadas podem ser usadas em sistemas com atualizações periódicas, que não justifiquem conexão permanente. Quando for necessário comunicar com uma estação remota é efetuada uma ligação para o respectivo número;

- Linhas Dedicadas - As linhas dedicadas são usadas em sistemas que necessitam de conexão permanente. Essa conexão, no entanto, é uma solução cara, pois é necessário o aluguel permanente de uma linha de dados ligada a cada estação remota;

- Rede Wireless - Esses dispositivos são usados em locais onde não estão acessíveis linhas discadas ou dedicadas. Por vezes, em situações onde uma ligação direta via rádio não pode ser estabelecida devido à distância ou topologia, sendo necessária a instalação de dispositivos repetidores.

d) Estações de monitoração central (servidor SCADA): As estações de monitoração central são as unidades principais dos sistemas SCADA, responsáveis por recolher a informação gerada pelas estações remotas e agir em conformidade com os eventos detectados. Podem estar centralizadas num único computador, ou distribuídas por uma rede de computadores de modo a permitir a partilha de informação proveniente do servidor SCADA.

### **3.2 Controlador Lógico Programável**

Para Mamed (2002), os CLPs são dispositivos que permitem o comando de máquinas e equipamentos de maneira simples e flexível, possibilitando alterações rápidas no modo de operá-los, por meio da aplicação de programas dedicados, que ficam armazenados em sua memória.

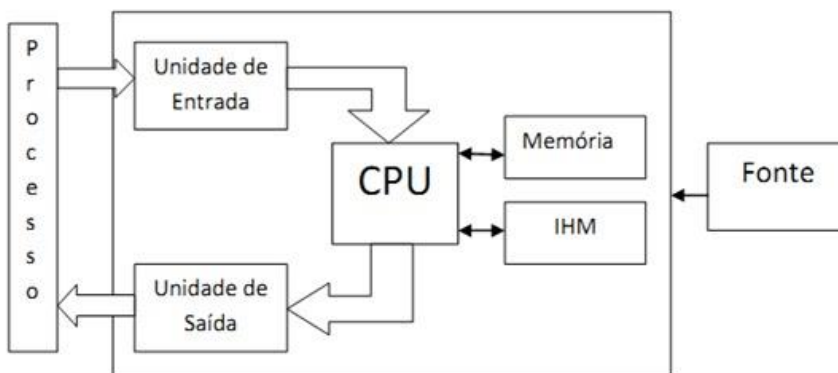
Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), CLP é um equipamento eletrônico digital com *hardware* e *software* compatíveis com aplicações industriais. Já, segundo a *National Electrical Manufacturers Association* (NEMA), CLP é um aparelho eletrônico digital que utiliza uma memória programável para o armazenamento interno de instruções para implementações específicas, tais como lógica, sequenciamento, temporização, contagem e aritmética, para controlar, através de módulos de entradas e saídas, vários

sensores e atuadores. Esse equipamento foi batizado nos Estados Unidos como *Programmable Logic Controller* (PLC), em português Controlador Lógico Programável (CLP) e este termo é registrado pela Allen Bradley (fabricante de CLP).

Segundo Mamed (2002), os Controladores Lógicos Programáveis podem ser empregados em diversos setores da indústria. Utilizados sozinhos ou acoplados a outras unidades, no caso de projetos que ocupam grandes extensões, eles operam sincronizadamente fazendo todo o controle do processo. Nesses casos, “a automação assume uma arquitetura descentralizada, dividindo-se a responsabilidade do processo por várias unidades de CLP, localizadas em diferentes pontos estratégicos da instalação”.

A figura 9 mostra através do diagrama de blocos, como o CLP atua no sistema: os sensores alimentam o CLP (processador), a cada instante, com os dados (variáveis de entrada) informando, através de níveis lógicos, as condições em que se encontram. Em função do programa armazenado em sua memória, o CLP atua no sistema por meio de suas saídas. As variáveis de saída executam, a cada instante, os acionamentos dos atuadores no sistema [16].

Figura 9 – Arquitetura do CLP.



Fonte: Autor, 2017.

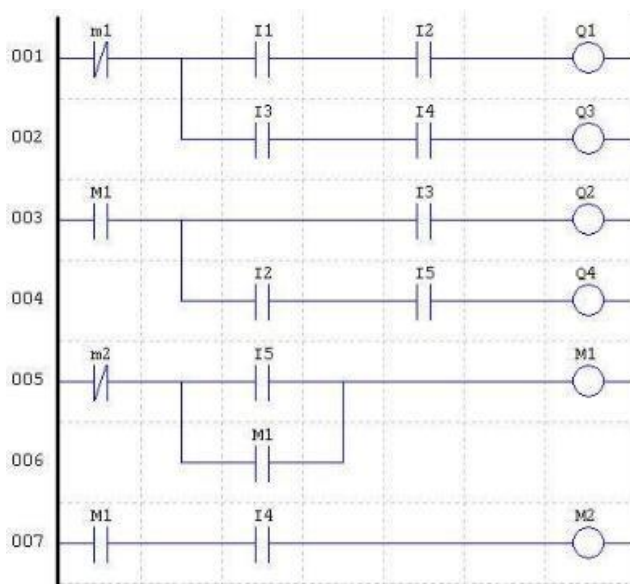
Mamed ainda cita que, o processamento é feito em tempo real, ou seja, as informações de entrada são comparadas com as informações contidas na memória, as decisões são tomadas pelo CLP, os comandos ou acionamentos são executados pelas saídas, tudo concomitantemente com o desenrolar do processo.

### 3.2.1 Linguagem *Ladder*

Foi a primeira que surgiu para programação dos Controladores Lógicos Programáveis. Considerando que na época, os técnicos e engenheiros eletricitas eram normalmente os encarregados na manutenção no chão de fábrica, a linguagem *Ladder* deveria ser algo familiar para esses profissionais. Assim ela foi desenvolvida com os mesmos conceitos dos diagramas de comandos elétricos que utilizam bobinas e contatos [17].

A função principal de um programa em linguagem *Ladder* é controlar o acionamento de saídas, dependendo da combinação lógica dos contatos de entrada. O diagrama de contatos *Ladder* é uma técnica adotada para descrever uma função lógica utilizando contatos e relés. Sua notação é bastante simples. Um diagrama de contatos é composto de duas barras verticais que representam os pólos positivo e negativo de uma bateria. A ideia por trás da linguagem *ladder* é representar graficamente um fluxo de “eletricidade virtual” entre duas barras verticais energizadas. Essa “eletricidade virtual” flui sempre do pólo positivo em direção ao negativo (ver figura 10) [17].

Figura 10 – Bloco de contatos



Fonte: <http://www.profelectro.info/wp-content/uploads/semaforos132.gif>

### **3.3 Sensores e Atuadores**

Sensor é definido como sendo um dispositivo sensível a fenômenos físicos, tais como: temperatura, umidade, luz, pressão, entre outros. Por meio dessa excitação, os sensores enviam um sinal correspondente para os dispositivos de medição e controle. O sinal de um sensor pode, entre outras funções, ser usado para detectar e corrigir desvios em sistemas de controle. [18].

Os atuadores são dispositivos que aplicam uma determinada força de deslocamento ou outra ação física, definida pelo sistema controlador, por meio de uma ação de controle. Podem ser magnéticos, hidráulicos, pneumáticos, elétricos ou de acionamento misto. Como exemplo, há: válvulas e cilindros pneumáticos, válvulas proporcionais, motores, aquecedores, entre outros [18].

## **4 REDES DE COMUNICAÇÃO**

Para se conceber uma solução na área de automação, o primeiro passo é projetar a arquitetura do sistema, organizando seus elementos vitais: remotas de aquisição de dados, CLP, instrumentos, sistema de supervisão, etc., em torno de redes de comunicação de dados apropriadas. A escolha da arquitetura determinará o sucesso de um sistema em termos de alcançar os seus objetivos de desempenho, modularidade, expansibilidade, etc. [19].

O protocolo de comunicação de uma rede é um conjunto de regras e convenções de linguagem que permite a conversação e troca de informação entre sistemas [20]. Segundo Pereira & Lages (2004), pode-se diferenciar entre dois tipos de protocolos: protocolos proprietários e protocolos abertos.

Os primeiros são protocolos definidos por uma empresa e que não são disponibilizados a usuários e outros fabricantes de dispositivos. Neste caso, somente dispositivos da empresa em questão são capazes de se comunicarem uns com os outros.

Os protocolos abertos, pelo contrário, são aqueles cujas regras e convenções são amplamente divulgadas, geralmente na forma de uma norma técnica internacional, nacional ou regional. Neste caso, diversos fabricantes podem, em princípio, desenvolver sistemas computacionais que permitam o interfaceamento de seus dispositivos com outros que entendam o mesmo protocolo.

Uma das principais vantagens da adoção de protocolos abertos é a independência de fabricantes, ou seja, quanto mais empresas tiverem produtos disponíveis em um protocolo, menos dependente fica a automação de uma empresa específica. Tal aspecto tende a levar a uma redução dos custos dos dispositivos em função da concorrência que naturalmente surge no mercado.

### **4.1 Protocolo RS-485 e RS-232**

É o padrão de interface física mais utilizado em redes industriais. A comunicação serial funciona de modo análogo ao de uma porta serial de microcomputador (RS-232). A diferença entre os dois é a forma como o sinal é transmitido: de modo diferencial na RS-485 e como nível lógico na RS-232. Como o

modo diferencial não utiliza o sinal de terra para se ter níveis lógicos, diminuem-se o efeito de ruídos externos. Como vantagem, pode-se ter um comprimento maior de cabos.

Outra diferença está na capacidade da RS-485 compor barramentos, permitindo a interligação de dispositivos em rede, enquanto que a RS-232 foi projetado para ligar somente dois terminais no modo ponto a ponto. Os protocolos PROFIBUS, MODBUS e FIELDBUS FOUNDATION utilizam a RS-485 como interface física, por isso, existe uma grande disseminação do padrão.

Protocolos do tipo RS-485 e RS-232 transmitem até 8 bits de dados por quadro e têm o mesmo formato de quadro usado na porta serial via UART (*Universal Asynchronous Receiver Transmitter*) dos microcomputadores. O sincronismo é feito quando se detecta o início do quadro, sem a necessidade de se transmitir um sinal de *clock* para sincronizar a transmissão dos bits. Os protocolos, como PROFIBUS e MODBUS, utilizam-se da camada física RS-485 ou RS-232 e acrescentam uma quantidade maior de bits por quadro, utilizando mecanismos mais complexos para manter a integridade dos dados.

#### 4.1.1 Configuração

Há várias configurações de *software* para conexões seriais. As mais comuns são velocidade e bits de paridade e parada. A velocidade é a quantidade de bits por segundo transmitida de um dispositivo para outro. Taxas comuns de transmissão são 300, 1200, 2400, 9600, 19200, etc. Tipicamente ambos os dispositivos devem estar configurados com a mesma velocidade, alguns dispositivos, porém, podem ser configurados para auto-detectar a velocidade. Paridade é um método usado para verificar a precisão dos dados. Paridade é normalmente nula (não usada), mas pode ser par ou ímpar. Paridade funciona modificando os dados, em cada byte enviado. Paridade nula é simples, os dados não são modificados. Na paridade par, os dados são acomodados de modo que o número de bits 1 (isto é, sua contagem em um byte) seja um número par; isto é feito definindo o bit de paridade (geralmente os bits mais ou menos significativo) como 0 ou 1. Na paridade ímpar, o número de bits 1 é um número ímpar. A paridade pode ser usada pelo receptor para detectar a transmissão de erros - se



um byte foi recebido com o número errado de bits 1, então ele deve estar corrompido. Se a paridade estar correta então não deve haver erros, ou então há um número par de erros. Bits de parada são enviados no fim de cada byte transmitido com o intuito de permitir que o receptor do sinal se sincronize [23].

## 4.2 Protocolo Modbus

É um protocolo de comunicação serial desenvolvido pela Modicon e publicado em 1979 para utilização em controladores lógico programáveis. Em termos simples, é um método usado para transmitir informação sobre redes seriais entre dispositivos eletrônicos. O dispositivo que solicita a informação é chamado de Modbus *Master* (Mestre) e os dispositivos que fornecem informação são os Modbus *Slaves* (Escravo). Em uma rede padrão Modbus, podemos ter um Mestre e até 247 Escravos, sendo que cada um recebe um endereço de 1 a 247. Por este endereçamento, o Mestre pode escrever as informações nos escravos [22].

Tornou-se um protocolo de comunicação padrão na indústria e atualmente é o meio mais comum para conectar dispositivos eletrônicos industriais. É utilizado amplamente por vários fabricantes em diferentes segmentos industriais, sendo o Modbus tipicamente usado para transmitir sinais de instrumentação e dispositivos de controle para um sistema controlador ou sistema de coleta de dados. O Modbus é frequentemente usado para conectar um computador a terminais remotos (RTU) e sistemas supervisórios de controle e aquisição de dados (SCADA). O protocolo Modbus possui a versão para aplicações seriais (Modbus RTU e Modbus ASCII) e aplicações Ethernet (Modbus TCP).

O Modbus é transmitido sobre redes seriais que conectam dispositivos e sua configuração mais simples é um cabo serial conectando portas seriais de dois dispositivos (Mestre e Escravo) [22].

### 4.2.1 Armazenamento dos Dados

As informações são armazenadas no dispositivo Escravo em quatro tabelas diferentes, nas quais, duas tabelas armazenam valores discretos *on/off* (bobinas) e outras duas tabelas armazenam valores numéricos (registros) (ver tabela 1):

- Cada tabela pode ter até 9999 valores;

- Cada bobina ou contato é 1 bit atribuído a um endereço entre 0000 e 270E;
- Cada registro é 1 palavra (*word*) = 16 bits = 2 bytes.

Tabela 1 – Armazenamento de dados Modbus.

Numero de Bobinas/Registros	Endereço do Dado	Tipo	Nome da Tabela
1-9999	0000 to 270E	<i>Read-Write</i>	Saídas Discretas (Bobinas)
10001-19999	0000 to 270E	<i>Read-Only</i>	Entradas Discretas (Contatos)
30001-39999	0000 to 270E	<i>Read-Only</i>	Registros de Entradas Analógicas
40001-49999	0000 to 270E	<i>Read-Write</i>	Registros de Saídas Analógicas

Fonte: [22].

#### 4.2.2 Número de Estação

Para cada escravo na rede é atribuído um único endereço (número de estação) de 1 a 247 e quando o mestre requisita dados, o primeiro byte da mensagem contém o endereço do escravo. Dessa forma, cada escravo sabe se deve ou não ignorar a mensagem [22].

#### 4.2.3 Código de Função

O segundo byte da mensagem enviada pelo Mestre é o código de função e este número diz ao escravo qual tabela deve acessar e se deve somente ler ou ler e escrever [22].

Tabela 2 – Códigos de função.

Código de Função	Ação	Nome da Tabela
01 (01 hex)	<i>Read</i>	Saídas Discretas (Bobinas)
05 (05 hex)	<i>Write single</i>	Saídas Discretas (Bobinas)
15 (0F hex)	<i>Write multiple</i>	Saídas Discretas (Bobinas)
02 (02 hex)	<i>Read</i>	Entradas Discretas (Contatos)
04 (04 hex)	<i>Read</i>	Registro de Entrada Analógica

03 (03 hex)	<i>Read</i>	Registro de Saída Analógica
06 (06 hex)	<i>Write single</i>	Registro de Saída Analógica
16 (10 hex)	<i>Write multiple</i>	Registro de Saída Analógica

Fonte: [22].

#### 4.2.4 CRC

O CRC (*Cyclic-Redundant Checksum*) é uma verificação de redundância cíclica e trata-se de dois bytes adicionados ao final de cada mensagem Modbus para detecção de erro. Cada byte na mensagem é utilizado para calcular o CRC e o dispositivo receptor também o calcula e o compara com o recebido pelo Mestre. Se qualquer bit enviado na mensagem estiver incorreto, o CRC calculado será diferente do recebido e um erro será gerado [22].

O princípio do CRC consiste em tratar as sequências binárias como polinômios binários, quer dizer polinômios cujos coeficientes correspondem à sequência binária. Assim, 0110101001 pode ser representada sob a forma polinomial  $x^8 + x^7 + x^5 + x^3 + 1$ .

Desta maneira, o bit de peso fraco de sequência (o bit menos significativo) representa o grau zero, polinômio ( $x^0 = 1$ ), o 4º bit partindo da direita representa o grau 3, polinômio ( $x^3$ ), assim por diante. Uma sequência de n bits constitui, por conseguinte um polinômio de grau máximo n-1. Neste mecanismo de detecção de erro, um polinômio predefinido (chamado polinômio gerador) é conhecido do emissor e o receptor. A detecção de erro consiste, para o emissor, em efetuar um algoritmo sobre os bits da *frame* a fim de gerar um CRC, e transmitir estes dois elementos ao receptor. Bastando então ao receptor efetuar o mesmo cálculo a fim de verificar se o CRC é válido. [26]

#### 4.3 Telemetria

Telemetria é um sistema tecnológico de monitoramento, utilizado para comandar, medir ou rastrear alguma coisa a distância, através de comunicação sem fio (sinais de rádio ou satélite) [22].

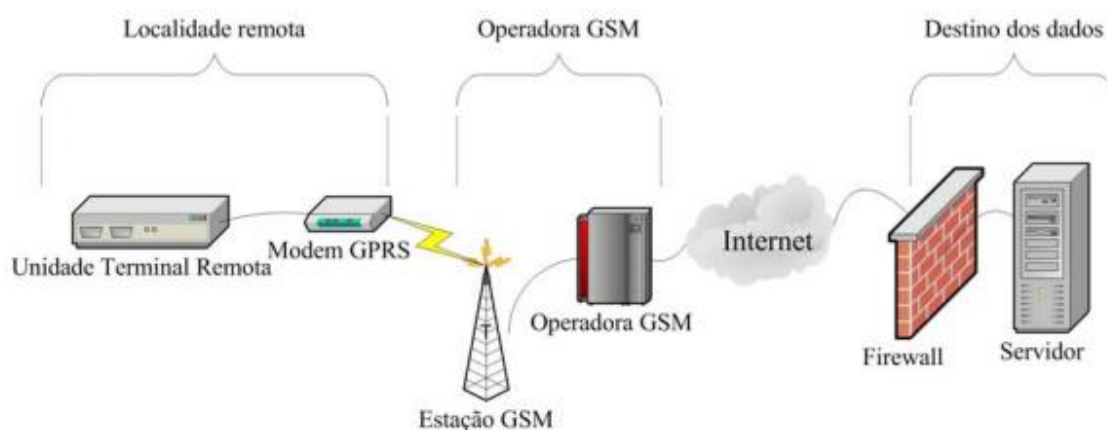
#### 4.4 Serviço GPRS

O serviço GPRS cria uma rede de pacotes sobre a rede de telefonia celular GSM para o envio e recepção de dados. Neste sistema de comutação de pacotes, um canal de rádio só é utilizado quando o usuário está efetivamente enviando ou recebendo dados, ficando o canal livre para que outros usuários do serviço que compartilhem o mesmo canal. Este uso eficiente dos canais de rádio permite que um grande número de usuários utilize o sistema em uma mesma célula. O sistema oferece benefícios importantes em aplicações de telemetria [25]:

- Rápida conexão;
- Tarifação por tráfego;
- Velocidade;
- Integração com Internet;
- Disponibilidade de equipamentos;
- Cobertura de serviços;
- Origem da conexão;
- Custo do modem.

A unidade remota pode enviar dados diretamente a um ou mais computadores na Internet utilizando os protocolos de transporte UDP (*User Datagram Protocol*) ou TCP (*Transfer Control Protocol*). Uma aplicação rodando no servidor aguarda a requisição de conexão originada pela unidade remota, recebe e envia dados através desta conexão e armazena os dados recebidos [25] (ver figura 11).

Figura 11 – Topologia da conexão remota ao servidor.



A entrega de dados pode ser periódica, baseada em exceção (somente quando uma situação anormal é detectada na unidade remota) ou uma composição das duas, o que permite ao sistema central detectar o correto funcionamento da unidade remota mesmo quando não há ocorrências de exceção. Os dados entregues pela unidade remota devem estar formatados de acordo com a aplicação que os recebe no servidor, podendo estar em formatos proprietários ou abertos, como XML, DNP (*Distributed Network Protocol*), Modbus TCP e outros.

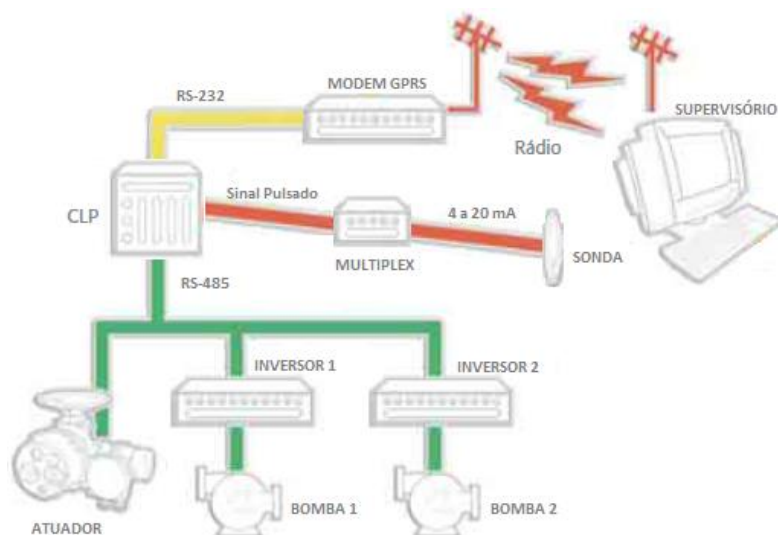
A unidade remota de telemetria deve ter recursos adequados à interface com o sistema sob supervisão e à rede GPRS. Destacam-se os seguintes recursos [25]:

- Entradas e saídas para monitoração e atuação no sistema sob supervisão;
- Interface RS-232 para interface com modem GPRS/CSD;
- Interface Ethernet e RS-232 ou RS-485 para interface com equipamentos do sistema sob supervisão;
- Memória para retenção dos dados de telemetria até o envio para a central de supervisão;
- Cliente PPP para negociação e manutenção da conexão à rede GPRS;
- Servidor PPP para iniciar e manter conexão CSD;
- Protocolo TCP/IP para acesso aos serviços de Internet;
- Protocolos associados aos serviços de Internet.

## 5 DESENVOLVIMENTO

O sistema desenvolvido possibilita uma visualização completa do processo, dando embasamento ao operador, para que ele tome as decisões operacionais de forma eficiente e ágil. O ciclo tem início na leitura das variáveis através dos instrumentos. Essas leituras são tratadas localmente pelo sistema embarcado. Através da rede de telefonia celular, esses dados são enviados para um servidor que os concentra e os armazena em um banco de dados. Essas informações podem ser visualizadas em um *software* supervisor (ver figura 12).

Figura 12 – Arquitetura do sistema.



Fonte: Autor, 2017.

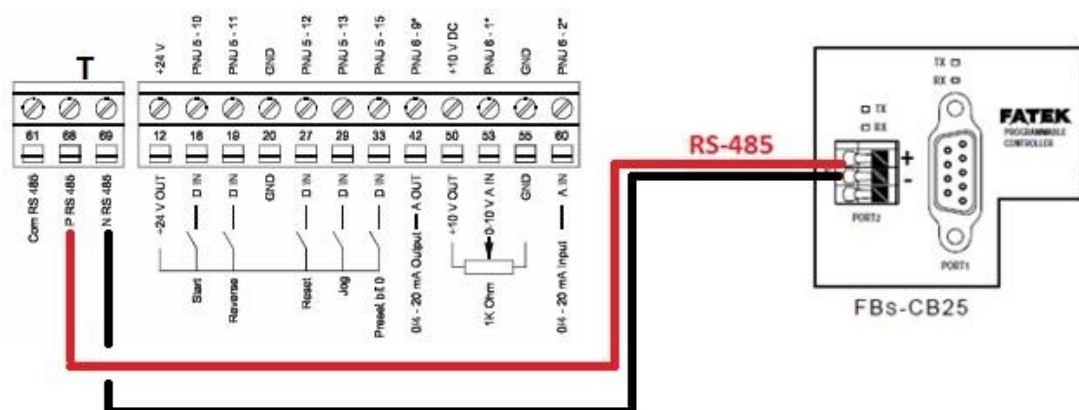
Este capítulo descreve o sistema desenvolvido e as diversas etapas em que o estagiário - autor deste projeto de final de curso - precisou tomar decisões de projeto.

### 5.1 Rede pela interface RS-485

Para que se tivesse um processo controlado remotamente, foi preciso adicionar alguns equipamentos que pudessem passar a informação dos atuadores até o computador do operador. Observando os equipamentos já existentes no tanque de equalização (dois inversores e um atuador elétrico), percebeu-se que ambos tinham a possibilidade de comunicação pela RS-485 com o protocolo

Modbus. Então, buscou-se um CLP que também oferecesse essa função, encontrando um CLP da Altus que estava em desuso na Companhia.

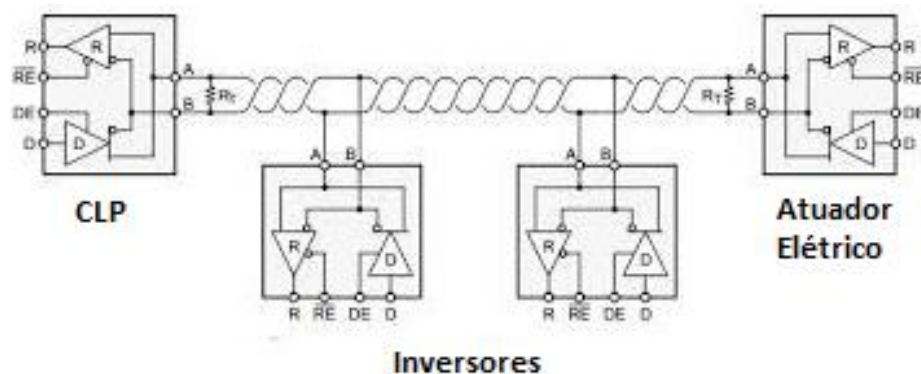
Figura 13 – Ligação dos pinos seriais RS-485.



Fonte: Autor, 2017.

Configurado como mestre o CLP, e escravo os atuadores, as ligações dos quatro equipamentos foram feitas em *half-duplex* como mostra a figura 14 e a ligação dos pinos como mostra a figura 13.

Figura 14 – Topologia da rede RS-485.



Fonte: <http://cadernodelaboratorio.com.br/2015/07/13/como-funciona-a-interface-serial-rs485/>

## 5.2 Nível do Tanque

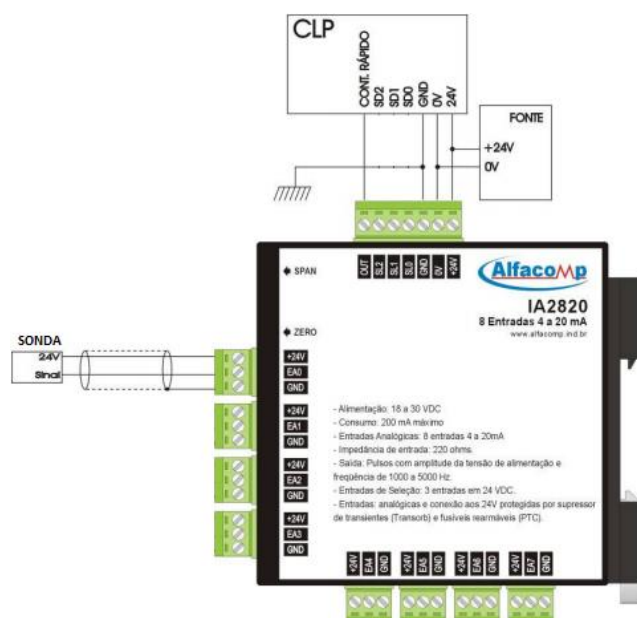
A CASAN possui, na maioria dos seus reservatórios, sondas de níveis para medição da altura da coluna d'água. Esse tipo de sonda é um sensor que, através da diferença de pressão, transmite uma corrente entre 4 a 20 mA. As utilizadas na

CASAN são sondas de até 10 metros, isso significa que, em 10 metros de profundidade, a sonda transmitirá 20 mA e à pressão atmosférica, transmitirá 4 mA.

Por ser um sinal analógico e o CLP trabalhar com apenas entradas e saídas digitais, foi utilizado um conversor multiplexado de sinais que tem a capacidade de converter um sinal analógico de corrente 4 a 20 mA e gerar uma saída em pulsos, com frequência proporcional a entrada.

A figura 15 mostra como foram ligados os componentes (CLP e sonda) no equipamento conversor multiplexador.

Figura 15 – Esquemático da montagem do conversor.



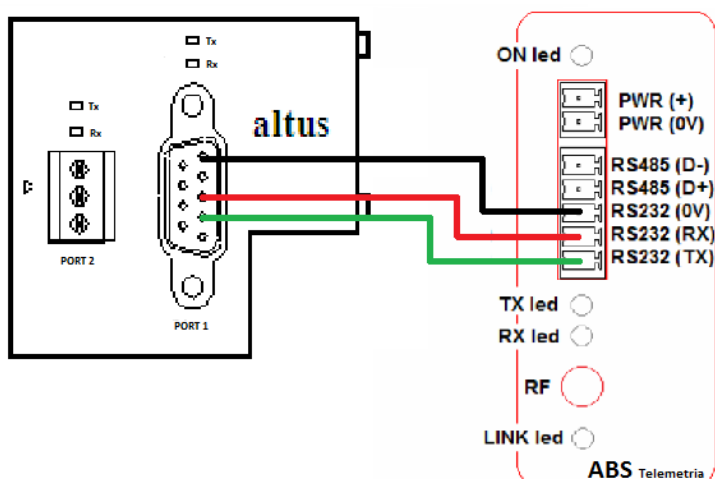
Fonte: Autor, 2017.

### 5.3 Rede pela interface RS-232

Para fazer a transmissão dos dados recebidos e armazenados pelo CLP através da rede RS-485 até o supervisor, precisou trocar a placa de expansão de comunicação do CLP por uma com duas portas de comunicação (RS-232 e RS-485). Com a placa trocada, foi feita uma conexão ponto a ponto entre o CLP e o modem GPRS através dos pinos seriais RS-232 (ver figura 16).



Figura 16 – Ligação ponto a ponto dos pinos serials RS-232



Fonte: Autor, 2017.

O supervisor SCADABR, já muito utilizado na CASAN para monitoramento do sistema de água e esgoto de Santa Catarina, faz a transmissão dos dados via telemetria, através dos modems GPRS, pelo Modbus TPC/IP. Nessa forma de comunicação, com o SCADA sendo o Mestre da rede, pela port1 do CLP, foi configurado como escravo o equipamento.

## 5.4 O Programa

O objetivo principal da programação foi deixar o código o mais simples possível, para que os técnicos, facilmente, pudessem entender cada parte do programa.

Com o SCADA o operador pode selecionar duas formas de operar com o CLP (modo de operação automática e modo de operação manual).

Na operação manual o operador é quem faz os acionamentos dos atuadores pelos botões de sim ou não no supervisor, como também a mudança de referência dos inversores.

No modo automático, o CLP, através do nível do tanque, decide quais equipamentos devem ser desligados e quais devem ficar ligados. O operador através dos botões de sim e não decide apenas em qual inversor o CLP deve atuar.

## 5.5 Equipamentos

Todos os equipamentos utilizados no projeto já se encontravam em posse da Companhia. Por não ter nenhum tipo de financiamento, formas alternativas de resolver o problema sem a necessidade de compra de licença ou equipamento novo se fez necessária.

a) SCADABR (figura 17);

Figura 17 – Tela inicial SCADABR



Fonte: [www.supervisorio.casan.com.br:8080/CASAN](http://www.supervisorio.casan.com.br:8080/CASAN)

b) CLP FBs-14MA da Altus (figura 18):

Figura 18 – CLP Altus



Fonte:

<http://www.altus.com.br/ftp/Public/Portugues/Produtos/FBs/02%20UCPs/Caracteristicas%20Tecnicas/CT157006.pdf>

c) Modem ABS CEL da ABS Telemetria (figura 19);

Figura 19 – Modem ABS



Fonte: <http://www.abstelemetria.com/abs-cel-io/>

d) Multiplexador IA2820 da Alfacom (figura 20);

Figura 20 – Conversor Alfacom



Fonte: <http://www.alfacom.ind.br/interfaces-analogicas/interface-analogica-com-8-entradas-em-4-a-20m>

e) Inversor VLT HVAC Basic Drive FC 101 da Danfoss (figura 21);

Figura 21 – Inversor Danfoss



Fonte: <http://drives.danfoss.us/products/vlt/low-voltage-drives/vlt-hvac-basic-drive-fc-101/#/>

f) Atuador Elétrico CSR16T da Coester (figura 22);

Figura 22 – Atuador elétrico Coester



Fonte: Manual Atuador CSR6T-CSR16T - PT - V0\_00

g) Transmissor de Nível Hidrostático da Zurich (figura 23);

Figura 23 – Sonda de nível Zurich.



Fonte: Autor, 2017.

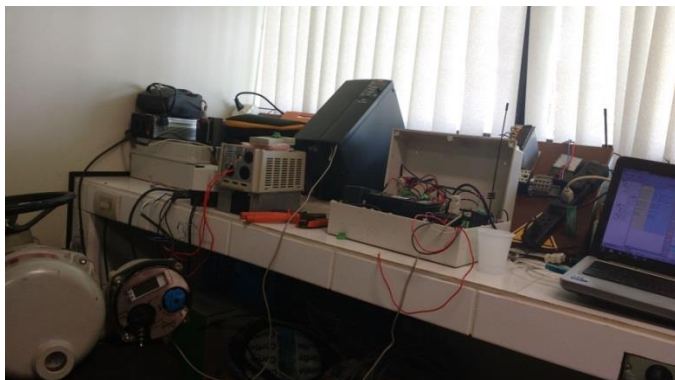
## 6 IMPLEMENTAÇÃO

Este capítulo descreve as implementações feitas em laboratório e em campo. Como foram desenvolvidas todas as etapas do projeto, a configuração das redes (pela RS-232 e pela RS-485) e a programação em *Ladder* embarcada no CLP.

### 6.1 Em Laboratório

As implementações feitas em laboratório se constituem nas primeiras etapas do projeto, nas quais são descritas as tarefas que o estagiário realizou: as ligações físicas, parametrizações dos equipamentos e as configurações das redes (ver figura 24).

Figura 24 – Sistema experimental.



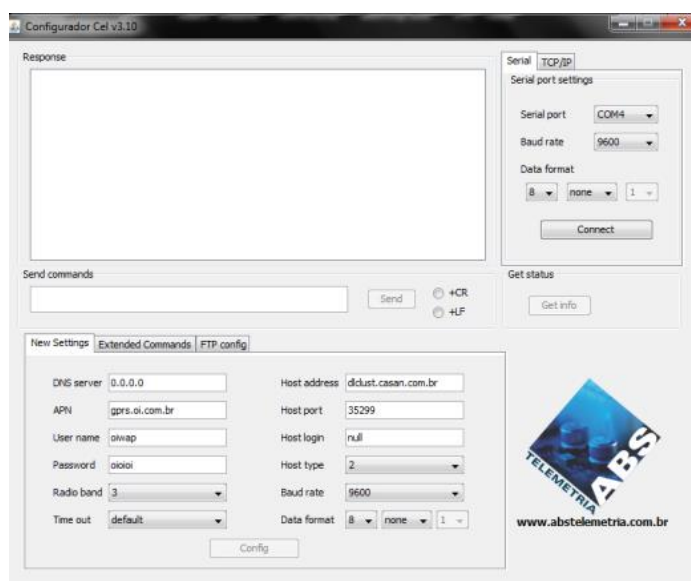
Fonte: Autor, 2017.

#### 6.1.1 Primeira Etapa

Nesta primeira etapa do projeto, no laboratório da CASAN, foi criada a primeira rede através da serial RS-232 entre CLP (port1) e modem GPRS (Tx e Rx) com o protocolo Modbus RTU e Modbus IP entre modem e supervisor.

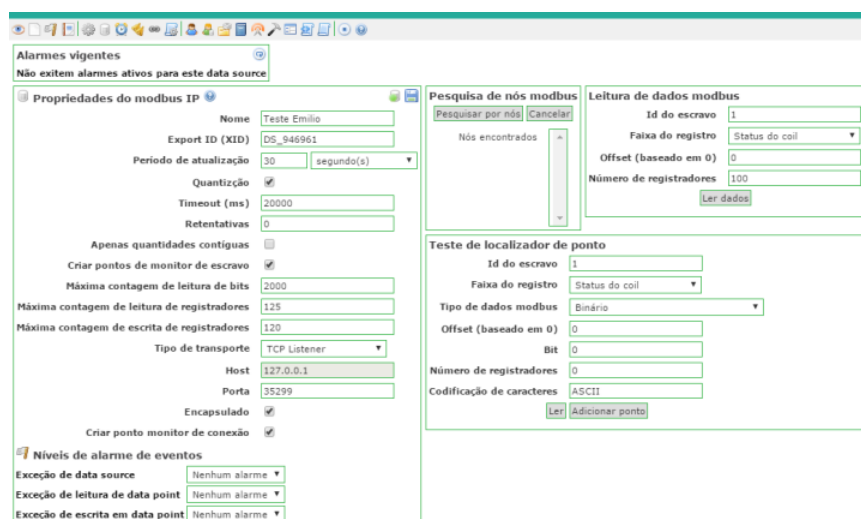
Para que o modem comunicasse com o supervisor foi preciso ligá-lo a um computador e configurá-lo previamente, utilizando um programa da própria empresa ABS Telemetria (ver figura 25). Os valores nos espaços são padrões da CASAN, apenas sendo necessária a escolha de uma porta a qual obrigatoriamente deve estar livre na rede. Para este projeto utilizou-se a 35299.

Figura 25 – Configurador do modem GPRS.



Fonte: Autor, 2017.

Do outro lado da comunicação, no supervisório, criou-se um *datasource*<sup>1</sup> para o sistema do tanque de equalização. As configurações são padrões da CASAN, sendo necessária apenas a seleção Modbus IP e a utilização da mesma porta que a utilizada no modem, 35299 (ver figura 26).

Figura 26 – Criação de *datasource*.

Fonte: [www.supervisorio.casan.com.br:8080/CASAN](http://www.supervisorio.casan.com.br:8080/CASAN)

<sup>1</sup> *Datasources* são as fontes de informações, isto é, a configuração dos equipamentos que irão ser fisicamente controlados. Um *datasource* pode ser um barramento de comunicações e cada *datasource* pode ter múltiplos *datapoints*.

Para a configuração do CLP, a fabricante Altus recomenda o *software Winproladder*. Conectando o CLP ao computador e configurando-o através da ferramenta, parametrizou-se a port1 (RS-232) com os mesmos valores utilizados no modem GPRS, isto porque, para que eles se comuniquem, é necessário que os dois equipamentos tenham os mesmos parâmetros (ver figura 27). Por ser um escravo na rede, se fez necessária a seleção do protocolo Modbus RTU (Escravo). Por escolha, o número de estação do equipamento CLP na rede foi o número quatro.

Figura 27 – Configuração da port1 do CLP.

Baud Rate: 9600  
 Parity: None  
 Data Bit: 8 bits  
 Stop Bit: 1 bit

This port is used for current programming.

Reply delay time: 3 mS  
 Transmission Delay: 0 x10mS  
 Receive Time-out interval time: 50 x10mS

Without checking of station number  
 Protocol: ModBus RTU(Slave)

Port\_1 through Modem Interface Setting  
 Without above function  
 Remote CPU Link  
 Remote diagnosis

OK Cancel

Fonte: Autor, 2017.

### 6.1.2 Segunda Etapa

Com os equipamentos da rede conectados e configurados, criou-se os *datapoints*<sup>2</sup> do sistema do tanque de equalização. Buscou-se com os operadores e engenheiros quais variáveis do processo eram importantes para ser disponibilizados para leitura (monitoramento) e quais eram importantes para escrita (comandos). Com isso, adicionou-se no *datasource* do sistema, mas sem seus

<sup>2</sup> *Datapoints* são *tags*, pontos de medição ou controle. Por exemplo: um controlador de temperatura (*Datasource*) pode incluir a diversos *datapoints*: Temperatura atual, set-point, potência, etc...

respectivos endereços MODBUS. A figura 28 mostra todos os *datapoints* com seus respectivos endereçamentos.

Figura 28 – Lista de *datapoints* do processo.

Nome	Tipo de dado	Status	Escravo	Faixa	Offset (baseado em 0)
Agitador 1 - Estado	Binário		4	Status do coil	2050
Agitador 2 - Estado	Binário		4	Status do coil	2051
Agitador 3 - Estado	Binário		4	Status do coil	2052
CLP - Estado	Binário		4	Registrador holding	4139/0
CLP - Modo de Operação	Binário		4	Status do coil	2000
Conexão - CLP	Binário		4	Monitor de escravo	
Conexão - Modem	Binário		1	Monitor de escravo	
Conexão - Sinal	Numérico		1	Registrador de entrada	65000
Conexão - TCP	Binário		0	Monitor de conexão TCP	0
Inversor 1 - Alarme	Binário		4	Registrador holding	26/3
Inversor 1 - Aviso	Binário		4	Registrador holding	26/7
Inversor 1 - Comando Liga	Binário		4	Status do coil	2003
Inversor 1 - Comando Referência	Numérico		4	Registrador holding	20
Inversor 1 - Comando Reset	Binário		4	Status do coil	2021
Inversor 1 - Corrente	Numérico		4	Registrador holding	22
Inversor 1 - Estado	Binário		4	Registrador holding	26/11
Inversor 1 - Frequência	Numérico		4	Registrador holding	21
Inversor 1 - Horímetro	Numérico		4	Registrador holding	24
Inversor 1 - Modo de Operação	Binário		4	Registrador holding	26/9
Inversor 2 - Alarme	Binário		4	Registrador holding	36/3
Inversor 2 - Aviso	Binário		4	Registrador holding	36/7
Inversor 2 - Comando Liga	Binário		4	Status do coil	2004
Inversor 2 - Comando Referência	Numérico		4	Registrador holding	30
Inversor 2 - Comando Reset	Binário		4	Status do coil	2031
Inversor 2 - Corrente	Numérico		4	Registrador holding	32
Inversor 2 - Estado	Binário		4	Registrador holding	36/11
Inversor 2 - Frequência	Numérico		4	Registrador holding	31
Inversor 2 - Horímetro	Numérico		4	Registrador holding	34
Inversor 2 - Modo de Operação	Binário		4	Registrador holding	36/9
Tanque - Altura	Numérico		4	Registrador holding	4
Tanque - Volume	Numérico		4	Registrador holding	5
Válvula - Abertura	Numérico		4	Registrador holding	11
Válvula - Alarme	Binário		4	Registrador holding	13/4
Válvula - Comando Liga	Binário		4	Status do coil	2002
Válvula - Estado	Binário		4	Registrador holding	12/3
Válvula - Modo de Operação	Binário		4	Registrador holding	12/1

Fonte: [www.supervisorio.casan.com.br:8080/CASAN](http://www.supervisorio.casan.com.br:8080/CASAN).

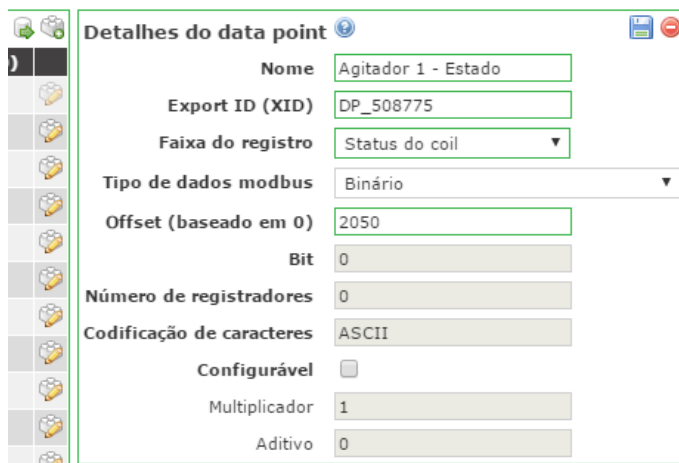
Na criação de um *datapoint*,(figura 29) foram necessárias oito informações, são elas:

- Nome: geralmente atribuído o nome da variável (exemplo: corrente no motor);
- ID Escravo: de qual escravo da rede busca-se o dado;



- Faixa do registro: é o tipo do registro (*Status Coil, Input Status, Holding Register, Input Register*);
- Tipo de dados Modbus: é o valor do dado (exemplo: binário, decimal 2 bytes, BCD, entre outros...);
- *Offset*: endereço Modbus do dado;
- Bit: endereço do bit na *word* que se deseja monitorar/configurar;
- Configurável: quando se deseja escrever na variável;
- Multiplicador e Aditivo: quando precisa converter o dado.

Figura 29 – Criação de *datapoints*.

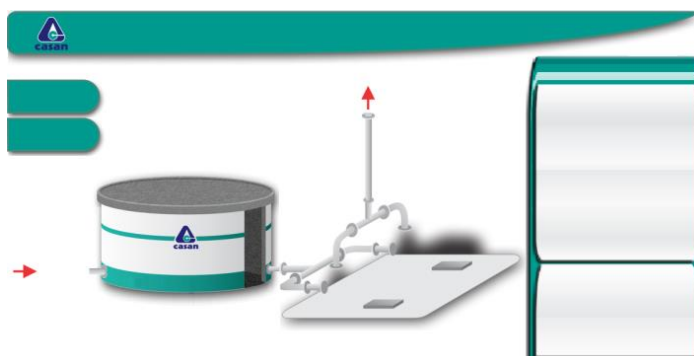


Propriedade	Valor
Nome	Agitador 1 - Estado
Export ID (XID)	DP_508775
Faixa do registro	Status do coil
Tipo de dados modbus	Binário
Offset (baseado em 0)	2050
Bit	0
Número de registradores	0
Codificação de caracteres	ASCII
Configurável	<input type="checkbox"/>
Multiplicador	1
Aditivo	0

Fonte: [www.supervisorio.casan.com.br:8080/CASAN](http://www.supervisorio.casan.com.br:8080/CASAN).

Para que se tenha uma visualização gráfica dos *datapoints*, criou-se uma figura de fundo semelhante ao sistema real do tanque de equalização no *datasource* (ver figura 30) e atribuiu-se ícones aos *datapoints* de maneira que ficasse fácil o entendimento do processo (ver figura 31).

Figura 30 – Imagem de fundo do *datasource*.



Fonte: Autor, 2017.

Figura 31 – Tela de monitoramento do sistema no SCADA.



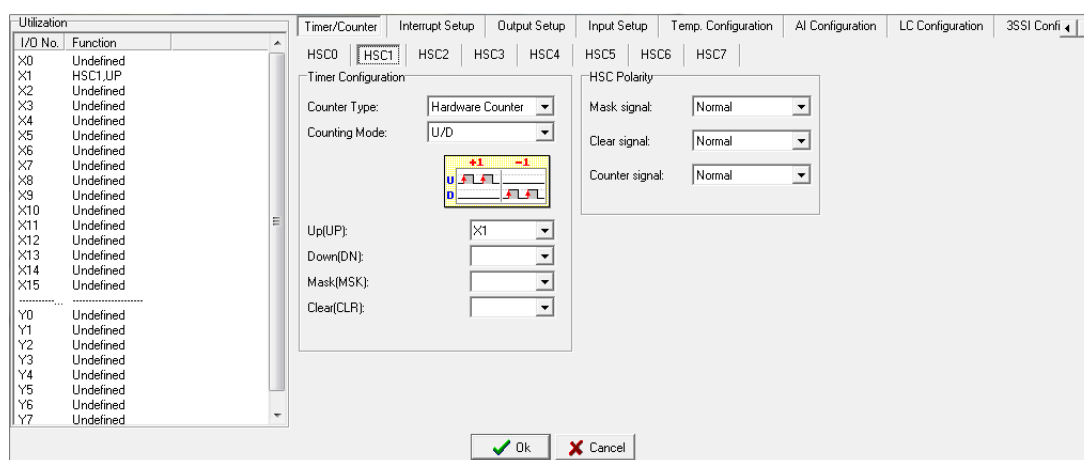
Fonte: [www.supervisorio.casan.com.br:8080/CASAN](http://www.supervisorio.casan.com.br:8080/CASAN).

### 6.1.3 Terceira Etapa

Destinada à medição do nível, utilizou-se para isto, um transmissor hidrostático com sinal de 4 a 20 mA. Por este ser analógico e o CLP digital, precisou-se adicionar um equipamento que convertesse esse sinal, assim, foi colocado um conversor multiplexador de sinal analógico 4 a 20 mA para sinal pulsado com frequência proporcional, de 600 a 3000 Hz.

Antes de conectar o conversor no CLP, foi configurado o contador rápido do controlador. Através da ferramenta *Winproladder*, na aba *I/O Configuration*, selecionou-se o contador rápido (HSC1), sua forma de contagem (incremento na subida do pulso) e a entrada digital X1 (ver figura 32).

Figura 32 – Configuração da entrada rápida do CLP.



Fonte: Autor, 2017.

#### 6.1.4 Quarta Etapa

Nesta etapa parametrizou-se os atuadores do sistema para receber a comunicação Modbus. Através do *display* dos equipamentos, com ajuda do manual do fabricante, através da tabela de parâmetros, selecionou-se os seguintes parâmetros:

I. Inversor:

**8.01** = 0 (funcionamento via entrada digital e *control word*);

**8.02** = 1 (habilita *Control Word* via RS-485);

**8.30** = 2 (define RS-485 como Modbus);

**8.31** = N (define número do *station number*);

**8.32** = 2 para/ 9600 (define *baudrate* da porta);

**8.33** = 2 para sem paridade, 1 stop bits (padrão modbus para este *drive*);

**3.03** = 100 (determina *range* de frequência máxima como 100%);

**3.15** = 11 (determina fonte de referência 1, através do modbus).

II. Atuador Elétrico:

**Ajuste de Endereçamento:** 31;

**Ajuste de *Baud Rate*:** 6 – 9600 bps;

**Ajuste de Paridade:** 2 - Sem Paridade;

**Número de Bits:** 8 (Padrão, não configurável);

**Número de *Stop Bits*:** 1 (Padrão, não configurável);

III. CLP: (ver figura 27);

#### 6.1.5 Quinta Etapa

Etapa na qual se destinou a criação da tabela de endereços Modbus dos *datapoints* citados anteriormente (ver figura 28). Com a ferramenta *Winproladder*, na aba *Projects e Modbus Master Table*, criou-se uma tabela para armazenar os comandos utilizados pelo CLP na comunicação (ver figura 33).

Figura 33 – Tabela de endereços Modbus.

Seq.	Command	Slave	Master Data		Slave Data	Data S.
0	Write	31	R10	->	400001	1
1	Read	31	R11	<-	400001	1
2	Read	31	R12	<-	400003	1
3	Read	31	R13	<-	400005	1
4	Write	32	M20	->	000007	1
5	Write	32	M21	->	000008	1
6	Write	32	R20	->	403100	1
7	Read	32	R21	<-	450200	1
8	Read	32	R22	<-	415010	2
9	Read	32	R24	<-	416140	2
10	Read	32	R26	<-	416130	1
11	Write	33	M30	->	000007	1
12	Write	33	M31	->	000008	1
13	Write	33	R30	->	403100	1
14	Read	33	R31	<-	450200	1
15	Read	33	R32	<-	415010	2
16	Read	33	R34	<-	416140	2
17	Read	33	R36	<-	416130	1

Allow: 3072 words(Auto)    Used: 129 words    Position: R5000-R5128

OK Cancel

Fonte: Autor, 2017.

Para adicionar um comando na tabela (figura 34), precisa-se:

- I. *Slave Station*: número da estação do escravo;
- II. *Command*: se o comando é leitura ou escrita;
- III. *Data Size*: tamanho do dado (1: 16bits, 2: 32bits...);
- IV. *Master Data Start Address*:
  - a. *Comando de leitura*: variável no CLP onde será armazenado o valor enviado pelo escravo;
  - b. *Comando de escrita*: variável no CLP onde está o valor que será enviado para o escravo.
- V. *Slave Data Start Address*: endereço Modbus do parâmetro no equipamento.

Figura 34 – Parâmetros para comando Modbus.

Slave Station: 1

Command: Read

Data Size: 1

Master Data Start Address: Y0

Slave Data Start Address: 000001

OK Cancel

Fonte: Autor, 2017.

### 6.1.5.1 Endereço Modbus

São valores de endereços que não seguem um padrão, pois cada fabricante disponibiliza os parâmetros em números de registros diferentes, sendo necessária a busca dos valores nos manuais de cada equipamento.

Neste trabalho, os valores dos endereços Modbus nos inversores Danfoss são os próprios números do índice na tabela de parametrização no manual do equipamento, acrescido de um zero no final para que se tenham os cinco dígitos Modbus. Por exemplo: “16.13 Corrente no Motor”, seu endereço Modbus será 16130. Por ser um valor de registrador de saída analógica (o CLP recebe endereços com seis dígitos, sendo que o primeiro dígito é relativo ao tipo de faixa), recebe no início o número quatro, ficando 416130.

Mais simples que nos inversores, o atuador elétrico possui um manual específico para a comunicação Modbus, e foi preciso procurar numa tabela o endereço Modbus do dado desejado (ver tabela 3). Por exemplo: para saber a posição atual da válvula, enviamos o endereço 400005.

Tabela 3 – Parte da tabela de escrita Modbus do atuador elétrico.

<b>WORD</b>	<b>ÁREA</b>
1	0 – Abrir 1 – Fechar 2 – Parar 3 – ESD 4 – Posicionar 5 – <i>Spare</i> 6 – <i>Preset</i> FC fechamento 7 – <i>Preset</i> FC abertura 8 – Quitar alarmes
2	Posição Desejada
3-5	Reserva

Fonte: Manual - Interface Externa - ModBus RTU - PT - V00\_1.

Tabela 4 – Parte da tabela de leitura Modbus do atuador elétrico.

<b>WORD</b>	<b>ÁREA</b>
1	Bits de status 1 0 – modo de operação local 1 – modo de operação remoto 2 – modo de operação desligado 3 – posição aberta 4 – posição fechada 5 – posição intermediária 6 – movimento de abertura 7 – movimento de fechamento 8 – atuador (válvula) parado

	9 – motor energizado 10 – movimento manual 11 – aberto com torque 12 – fechado com torque 13 – modo Modbus
2	Bits de status 2 0 – falta de fase 1 – sobreaquecimento do motor 2 – atuador sem programação 3 – parada local acionado
3	Bits de alarme 1 0 – modo de operação não remoto 1 – parada local de emergência 2 – parada antecipada por torque na abertura 3 – parada antecipada por torque no fechamento 4 – atuador (válvula) travado 5 – operação incompleta 6 – sobreaquecimento do motor 7 – falha no motor ao energizar 8 – motor energizado após fim de curso 9 – motor energizado após comando de parada 10 – falha de comando 11 – falta de fase 12 – atuador não programado
4	Bits de alarme 2 0 – tensão de alimentação alta 1 – tensão de alimentação baixa 2 – tensão de bateria baixa 3 – 4 – fim de curso mecânico ultrapassado na abertura 5 – fim de curso mecânico ultrapassado no fechamento 6 – fim de curso programado ultrapassado na abertura 7 – fim de curso programado ultrapassado no fechamento 8 – cartão <i>anybus</i> não detectado
5	Posição Atual
6	Torque Atual

Fonte: Manual - Interface Externa - ModBus RTU - PT - V00\_1.

Os endereços Modbus no CLP estão separados pelo tipo da variável, com a ajuda do manual da placa de comunicação FBs-CM25, foi possível obter esses dados (ver tabela 5).

Tabela 5 – Endereço Modbus do CLP.

DESCRIÇÃO	MODBUS	FALCON
Saída Digital	000001 – 000256	Y0 – Y255

Entrada Digital	001001 – 001256	X0 – X255
Memoria Auxiliar Digital M	002001 – 004002	M0 – M2001
Memoria Auxiliar Digital S	006001 - 007000	S0 – S999
<i>Status Timer</i>	009001 – 009256	T0 – T255
<i>Status Counter</i>	009501 – 009756	C0 – C255
<i>Holding Register</i>	400001 – 404168	R0 – R4167
<i>Holding Register</i> ou ROR	405001 – 405999	R5000 – R5998
<i>Data Register</i>	406001 – 408999	D0 – D2998
Valor Atual dos <i>Timers</i>	409001 – 409256	T0 – T255
Valor Atual dos <i>Counters</i>	409501 - 409812	C0 – C255

Fonte:

<http://www.altus.com.br/ftp/Public/Portugues/Produtos/FBs/05%20Rede/Caracteristicas%20Tecnicas/CT157012.pdf>

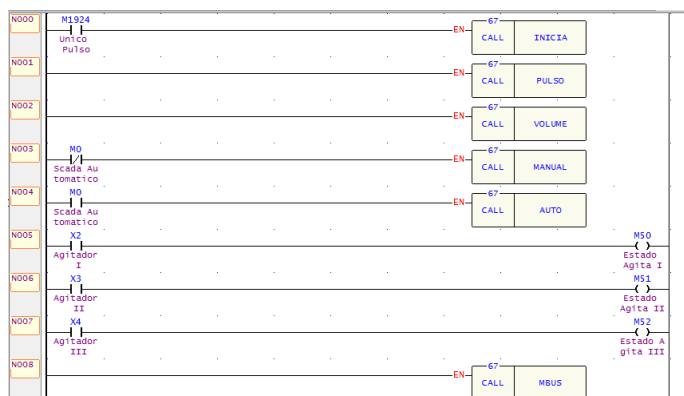
### 6.1.6 Sexta Etapa

Destinou-se à criação da lógica do CLP, utilizando a ferramenta *Winproladder* e o *Ladder* como linguagem de programação.

#### 6.1.6.1 Programa Principal

Dividiu-se o programa em sub-rotinas, na qual cada uma tem uma função particular. Além das sub-rotinas, o programa principal salva os estados das entradas X2, X3, X4 em variáveis internas (no projeto, nomeados como: agitadores I, II e III) e, de acordo com o estado da variável interna M0 (modo de operação do CLP), o programa lê a sub-rotina AUTO ou a sub-rotina MANUAL (ver figura 35).

Figura 35 – Programa principal do CLP

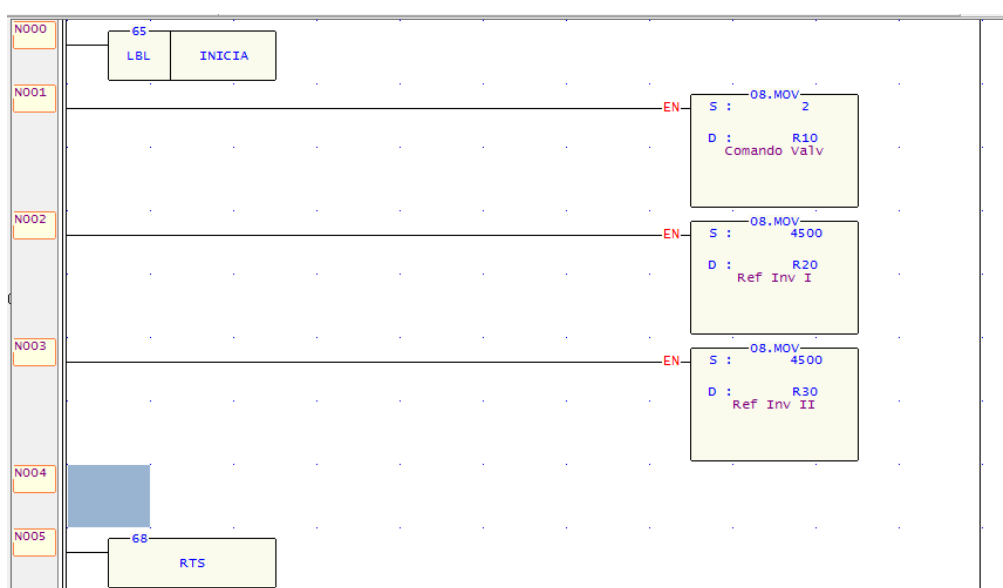


Fonte: Autor, 2017.

### 6.1.6.2 Sub-rotina INICIA

Quando há queda de luz ou o CLP é desligado e inicializado novamente, todas as suas variáveis e registradores são zerados, por isso criou-se uma sub-rotina que, apenas na inicialização, move valores definidos para os registradores que carregam o valor da frequência de referência dos motores e move o valor zero (fechar) para o registrador que dá o comando para abrir a válvula (ver figura 36). Tais comandos foram utilizados apenas como medida de segurança.

Figura 36 – Sub-rotina INICIA.



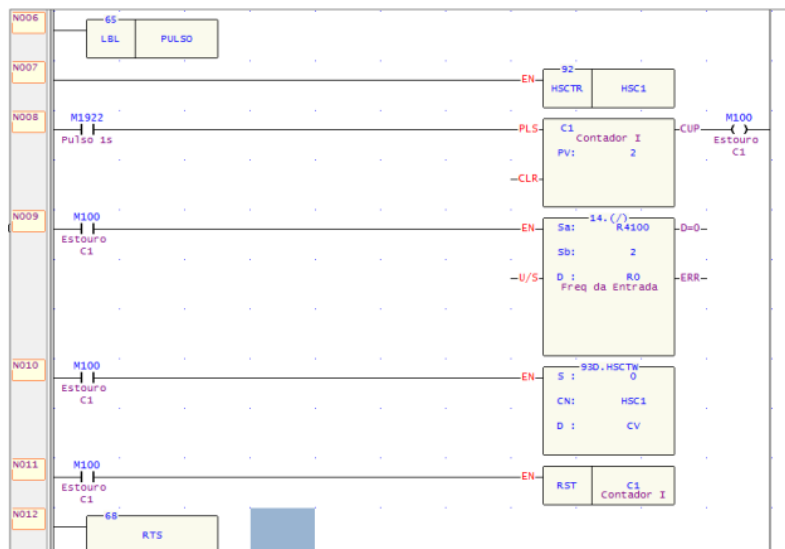
Fonte: Autor, 2017.

### 6.1.6.3 Sub-rotina PULSO

Habilita o contador rápido e faz a cada dois segundos a contagem dos pulsos a partir da entrada X1. Pela tabela de registradores especiais no manual da Altus, o registrador R4100, armazena o número de pulsos do HSC1, divide-se este valor por dois, para que se tenha o número de pulsos por segundo (Hertz) e então move-se esse valor para o registrador R0 (ver figura 37). Escolheu-se dividir o valor por dois, pois o valor com apenas um segundo era oscilatório, causando erro na medição.



Figura 37 – Sub-rotina PULSO.

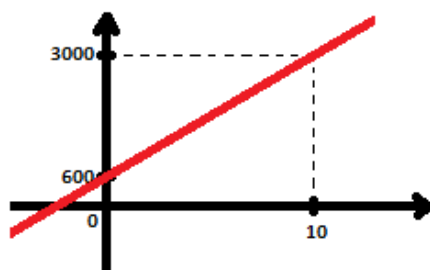


Fonte: Autor, 2017.

#### 6.1.6.4 Sub-rotina VOLUME

O valor de R0 é dado em Hertz, precisando assim convertê-lo para altura. Como a sonda é para ser usada em profundidades de até 10 metros e o conversor multiplexador possui uma faixa de 600 a 3000 Hz, com a ajuda do cálculo de funções polinomiais de 1º grau, traçou-se uma reta (ver figura 38).

Figura 38 – Reta da função de conversão.



Fonte: Autor, 2017.

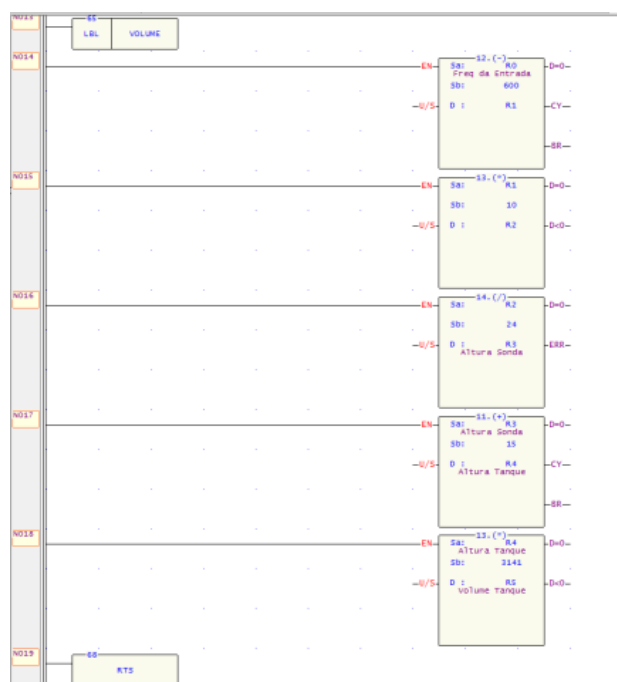
A partir da reta, foi calculada a equação que converte a frequência em altura:

$$altura = \frac{frequência - 600}{240}$$

No *Winproladder*, por ter suas funções baixo nível, foi preciso fazer o cálculo da equação por partes. Primeiro subtraiu-se 600 de R0, depois multiplicou-se por

dez, dividiu-se por 24 (multiplicou-se o dividendo por 10 e dividiu-se o divisor por 10 para que o resultado da divisão não resultasse em valores fracionados) e movido para o registrador R4. A obtenção do volume através da fórmula de volume de tanque cilíndrico ( $\pi \cdot \text{raio}^2 \cdot \text{altura}$ ), tendo como diâmetro do tanque 20 metros, foi feito multiplicando a altura R4 por 3145 e guardado em R5 (ver figura 39).

Figura 39 – Sub-rotina VOLUME.

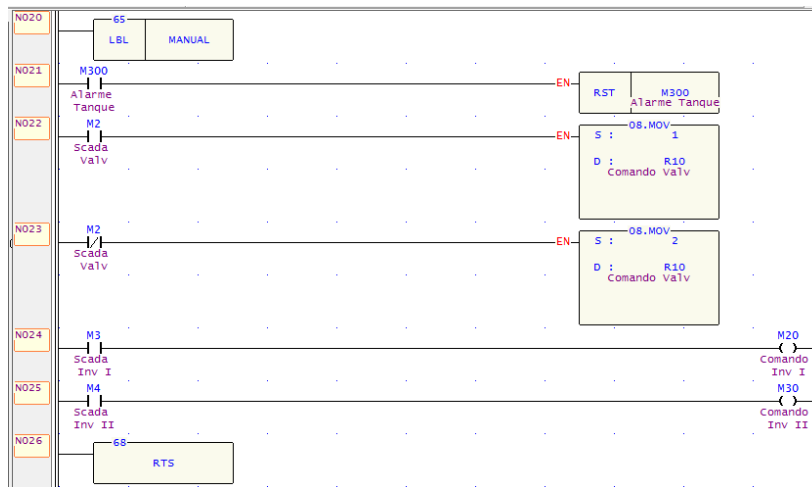


Fonte: Autor, 2017.

### 6.1.6.5 Sub-rotina MANUAL

No modo manual de operação do CLP, os comandos de ligar e desligar os atuadores vêm de variáveis internas M2, M3, M4 que, conseqüentemente, estão ligadas aos botões de “sim” e “não” no SCADA. Por exemplo: se M2 está ativada então moverá para o registrador o comando ligar, caso contrário, o comando será desligar (ver figura 40).

Figura 40 – Sub-rotina MANUAL

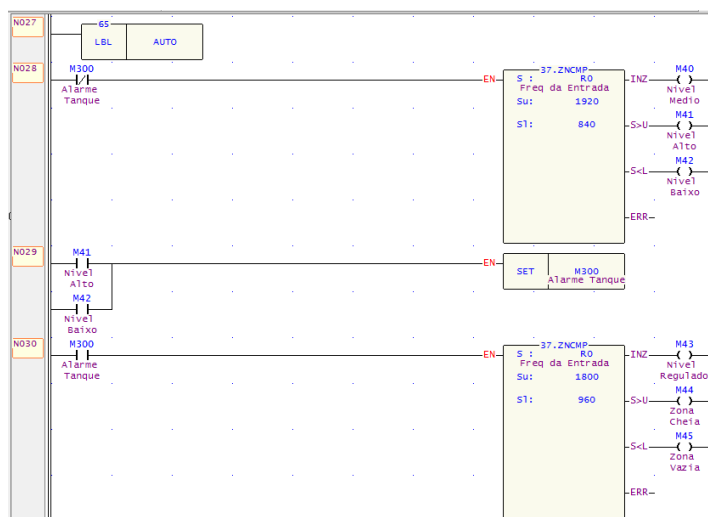


Fonte: Autor, 2017.

### 6.1.6.6 Sub-rotina AUTO

Modo automático de operação do CLP. Os comandos de liga e desliga dos equipamentos já não são feitos por variáveis internas ligadas aos *datapoints*, mas sim, pela altura em que está o nível do tanque. A frequência é comparada com uma faixa de valores (definidos com o operador), cujo valor superior equivale ao nível máximo do tanque e o inferior equivale ao nível mínimo do tanque. Caso a frequência esteja fora desta faixa, é ativada uma variável alarme. Enquanto ativada esta variável, o programa compara a frequência com uma nova faixa de valores, chamada de faixa regulada (ver figura 41).

Figura 41 – Sub-rotina AUTO.



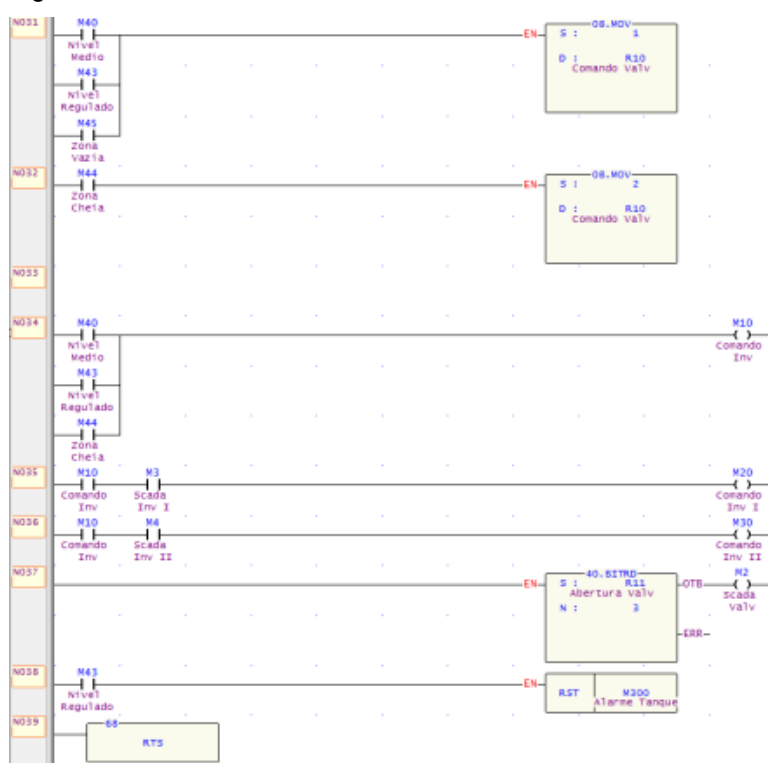
Fonte: Autor, 2017.

Há três condições para que se ative o comando de ligar as bombas:

1. Quando o nível do tanque está dentro da faixa média;
2. Quando o nível está dentro da faixa regulada;
3. Quando o nível está no Máximo (para o inversor);
4. Quando o nível está no Mínimo (para o atuador elétrico).

De forma contrária, as bombas serão desligadas quando o nível estiver no mínimo e o atuador elétrico quando o nível estiver no máximo (ver figura 42).

Figura 42 – Sub-rotina AUTO.

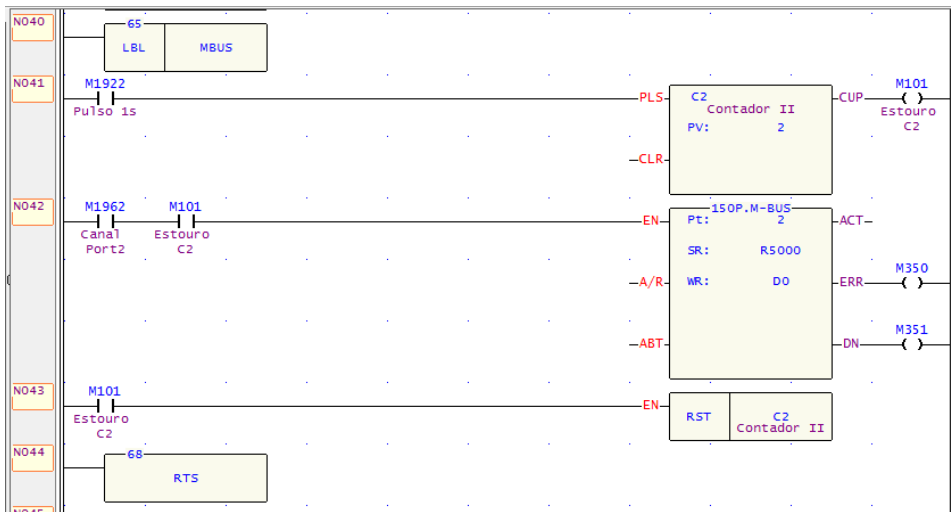


Fonte: Autor, 2017.

### 6.1.6.7 Sub-rotina MBUS

É a parte do programa em que é realizada a comunicação Modbus entre os equipamentos, e os dados são transmitidos. Através do bloco de função FUN150 (ver figura 43), que envia a cada dois segundos as instruções da tabela *Master Modbus Table* (ver figura 34).

Figura 43 – Sub-rotina MBUS.

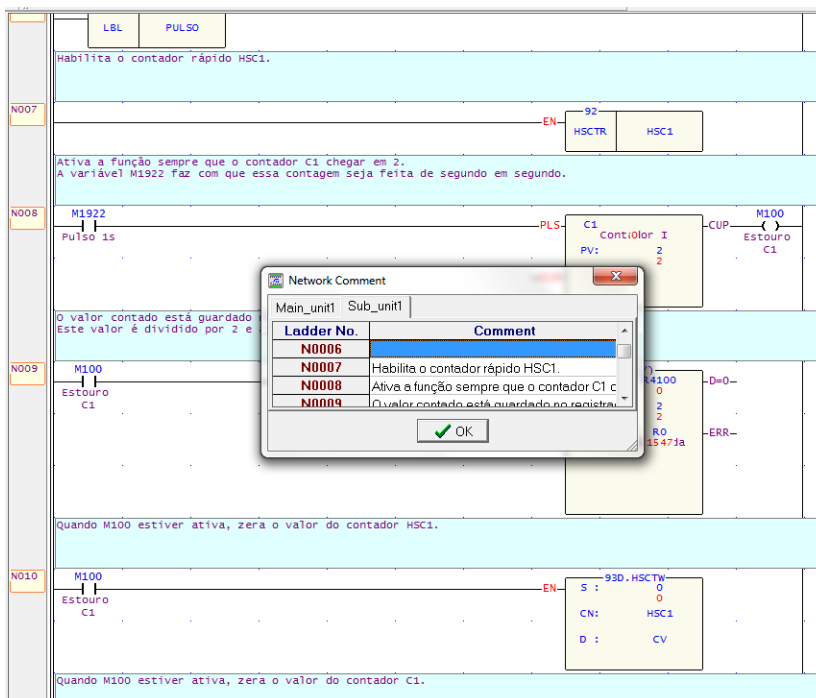


Fonte: Autor, 2017.

### 6.1.7 Sétima Etapa

Para que os operadores tivessem um maior entendimento do programa, novamente com ajuda da ferramenta *Winproladder*, na aba *Projects* → *Comments* → *Network Comment*, criou-se em todas as linhas de código comentários explicativos de cada bloco de função (ver figura 44).

Figura 44 – *Network Comment*.



Fonte: Autor, 2017.

Além do *Network Comment*, foi utilizada a função *Element Comment*, que serviu para atribuir nomes e descrições às variáveis (ver figura 45).

Figura 45 – *Element Comment*.

Ref. No.	Comment	Description
M0	Scada Automatico	Variável ligada ao botão no scada que define o modo do clp, automático
M2	Scada Valv	Variável ligada ao botão no scada que faz o acionamento da válvula.
M3	Scada Inv I	Variável ligada ao botão no scada que faz o acionamento do inversor 1.
M4	Scada Inv II	Variável ligada ao botão no scada que faz o acionamento do inversor 2.
M10	Comando Inv	Variável utilizada para fazer o acionamento dos inversores no modo autor
M20	Comando Inv I	Variável que define o estado (ligad ou desligado) do inversor 1.
M30	Comando Inv II	Variável que define o estado (ligad ou desligado) do inversor 2.
M40	Nivel Medio	Nível do tanque está dentro da normalidade.
M41	Nivel Alto	Nível do tanque está no máximo.
M42	Nivel Baixo	Nível do tanque está no mínimo.
M43	Nivel Regulado	Nível voltou para a normalidade.
M44	Zona Cheia	Faixa onde o nível ainda está em estado de alerta.
M45	Zona Vazia	Faixa onde o nível ainda está em estado de alerta.
M50	Estado Agita I	Estado do agitador 1.
M51	Estado Agita II	Estado do agitador 2.
M52	Estado Agita III	Estado do agitador 3.
M100	Estouro C1	O contador estoura a cada 2 segundos, ativando a variável M100.
M101	Estouro C2	O contador estoura a cada 2 segundos, ativando a variável M101.
M300	Alarme Tanque	Variável quando ativada representa uma situação de alarme no tanque.
M1922	Pulso 1s	Um pulso a cada 1 segundo.
M1924	Unico Pulso	Apenas um único pulso na inicialização
M1962	Canal Port2	

Fonte: Autor, 2017.

Na tabela 6 observam-se todas as variáveis utilizadas no programa.

Tabela 6 – Variáveis do programa.

REF	COMENTÁRIO	DESCRIÇÃO
X1	Entrada Rapida	Conta os pulsos vindos da sonda de nível.
X2	Agitador I	Estado do agitador I.
X3	Agitador II	Estado do agitador II.
X4	Agitador III	Estado do agitador III.
M0	Scada Automatico	Variável ligada ao botão no scada que define o modo do clp, automático ou manual.
M2	Scada Valv	Variável ligada ao botão no scada que faz o acionamento da válvula.
M3	Scada Inv I	Variável ligada ao botão no scada que faz o acionamento do inversor 1.
M4	Scada Inv II	Variável ligada ao botão no scada que faz o acionamento do inversor 2.
M10	Comando Inv	Variável utilizada para fazer o acionamento dos inversores no modo automático.
M20	Comando Inv I	Variável que define o estado (ligado ou desligado) do inversor 1.
M21	Reset Inv I	Faz o <i>reset</i> no inversor 1. Ativado pelo SCADA.
M30	Comando Inv II	Variável que define o estado (ligado ou desligado) do inversor 2.
M31	Reset Inv II	Faz o <i>reset</i> no inversor 2. Ativado pelo SCADA.

M40	Nível Medio	Nível do tanque está dentro da normalidade.
M41	Nível Alto	Nível do tanque está no máximo.
M42	Nível Baixo	Nível do tanque está no mínimo.
M43	Nível Regulado	Nível voltou para a normalidade.
M44	Zona Cheia	Faixa onde o nível ainda está em estado de alerta.
M45	Zona Vazia	Faixa onde o nível ainda está em estado de alerta.
M50	Estado Agita I	Estado do agitador 1.
M51	Estado Agita II	Estado do agitador 2.
M52	Estado Agita III	Estado do agitador 3.
M100	Estouro C1	O contador estoura a cada 2 segundos, ativando a variável M100.
M101	Estouro C2	O contador estoura a cada 2 segundos, ativando a variável M101.
M300	Alarme Tanque	Variável quando ativada representa uma situação de alarme no tanque.
M1922	Pulso 1s	Um pulso a cada 1 segundo.
M1924	Unico Pulso	Apenas um único pulso na inicialização
M1962	Canal Port2	Canal de comunicação da Porta 2
C1	Contador I	Usado na subrotina pulso.
C2	Contador II	Usado na subrotina mbus.
R0	Freq da Entrada	Número de pulsos na entrada X1.
R1		Resto da subtração de R0 com 600.
R2		Valor da multiplicação de R1 com 10.
R3	Altura Sonda	Valor da divisão de R2 com 24.
R4	Altura Tanque	Altura da sonda com mais 15 centímetros do fundo do tanque.
R5	Volume Tanque	Volume do tanque circular.
R10	Comando Valv	Faz o acionamento da válvula.
R11	Abertura Valv	Mostra a porcentagem que a válvula está aberta.
R12	Status Valv	Recebe alguns dados da válvula em 16bits.
R13	Alarme Valv	Cada bit é um alarme diferente da válvula.
R20	Ref Inv I	Define a frequência do inversor I.
R21	Freq Inv I	Mostra a frequência da bomba 1.
R22	Corrente Inv I	Mostra o valor da corrente na bomba 1.
R23	Corrente Inv I	
R24	Horimetro Inv I	Mostra quantas horas a bomba 1 já ficou em funcionamento.
R25	Horimetro Inv I	
R26	Status Inv I	Mostra em cada bit um status do inversor 1.
R30	Ref Inv II	Define a frequência do inversor II.
R31	Freq Inv II	Mostra a frequência da bomba 2.
R32	Corrente Inv II	Mostra o valor da corrente na bomba 2.
R33	Corrente Inv II	
R34	Horimetro Inv II	Mostra quantas horas a bomba 2 já ficou em funcionamento.
R35	Horimetro Inv II	
R36	Status Inv II	Mostra em cada bit um status do inversor 2.

Fonte: Autor, 2017.

## 6.2 Em Campo

Com o sistema em laboratório montado e após alguns dias de teste, funcionando sem erros, a equipe se dirigiu até a ETA Morro dos Quadros para começar as instalações em campo.

### 6.2.1 Instalações

Primeiramente, com ajuda dos técnicos, foi feita toda a tubulação onde os fios da sonda e do atuador elétrico passariam, tentando ao máximo isolar os fios dos cabos de energia (ver figura 46).

Figura 46 – Tubulação antes e depois.



Fonte: Autor, 2017.

Por ser um equipamento muito leve, a equipe ficou receosa que ela enroscasse nas hélices dos agitadores, por isso, optou-se por instalar a sonda dentro da guia dos agitadores, assim não causaria nenhum acidente (ver figura 47).



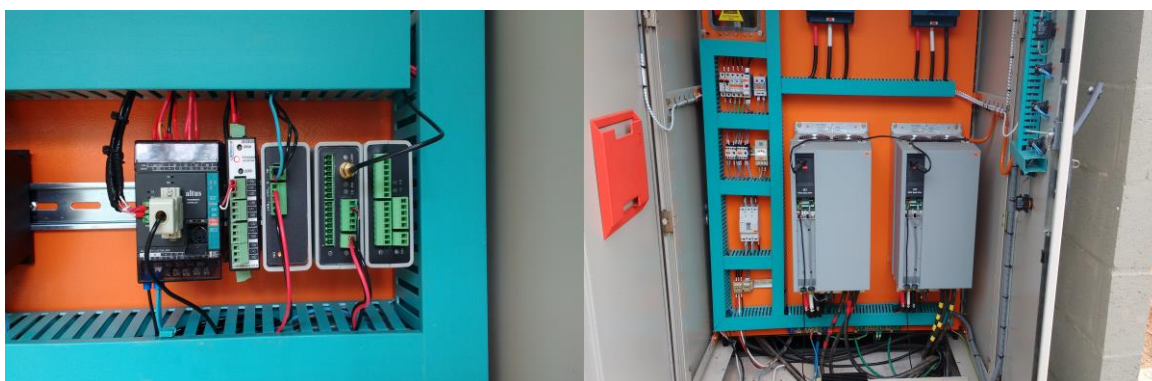
Figura 47 – Instalação da sonda.



Fonte: Autor, 2017.

Em seguida, foi instalado o CLP, ao lado o conversor multiplexado, a fonte do modem, o modem GPRS e um expensor para futuros projetos no quadro de comando. Dois cabos também foram passados de um quadro para outro, para que pudesse ser feita a ligação dos inversores na rede. Sempre tentando isolar os fios dos cabos de alimentação (ver figura 48).

Figura 48 – Instalação dos equipamentos no quadro de comandos.



Fonte: Autor, 2017.

Com todas as etapas concluídas, a equipe considerou o sistema instalado e pronto para realização de testes. Passou-se assim, para a fase de execução e coleta dos dados.

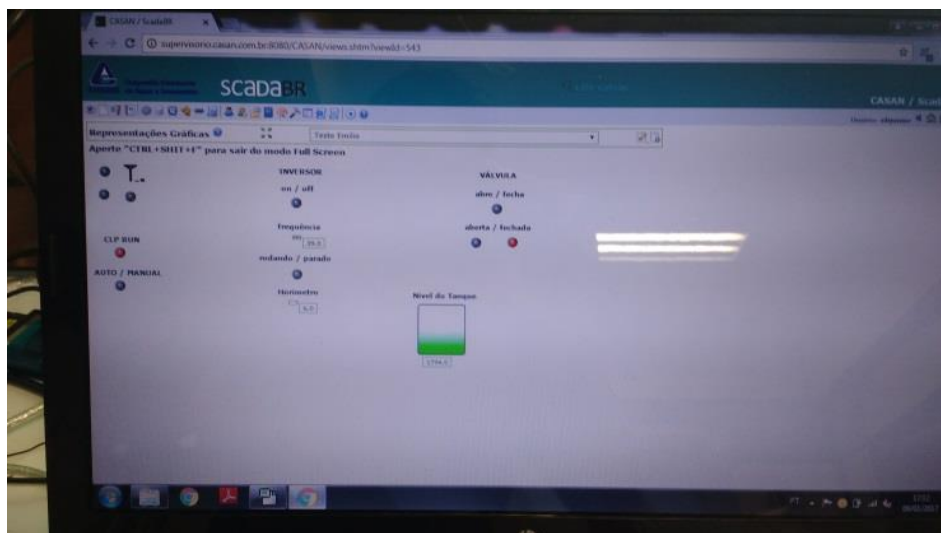
## 7 RESULTADOS

Este capítulo descreve toda a parte de comprovação de resultados e simulações, tanto em laboratório e em campo. Utilizando em laboratório os mesmos modelos dos equipamentos em campo, foi necessário um ajuste no conversor multiplexador.

### 7.1 Em laboratório

Em laboratório, na parte inicial do projeto, foi testada a comunicação (ver figura 49), enviando pelo CLP alguns comandos de registro Modbus para os atuadores, a fim de coletar as informações de alguns parâmetros. Observou-se no SCADA que os *datapoints* ligados a esses registros mostravam os mesmos valores que no *display* dos equipamentos, confirmando assim que a comunicação estava configurada corretamente.

Figura 49 – Variáveis sendo testada no SCADA.



Fonte: Autor, 2017.

Por não ter nenhum tanque que pudesse ser utilizado como teste em laboratório, para verificar a entrada rápida do CLP com o conversor multiplexador, foi utilizado um gerador de corrente (ver figura 50), para simular os valores possíveis que a sonda de nível forneceria em um caso real.

Figura 50 – Gerador de corrente da Novus.

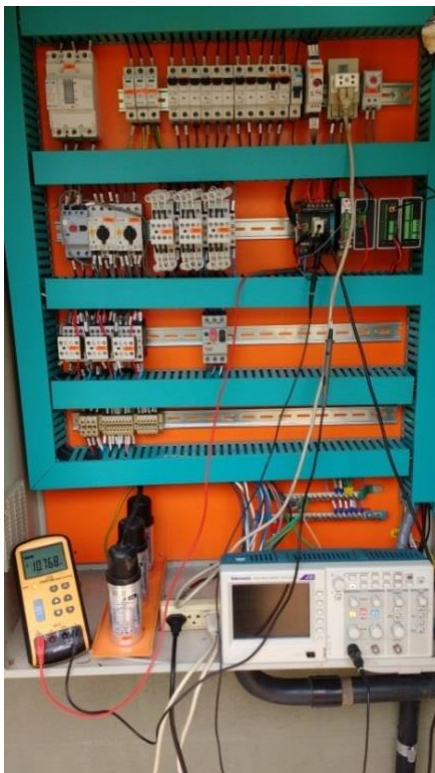


Fonte: Autor, 2017.

## 7.2 Em campo

Com os equipamentos instalados, foi observado que o valor da altura do nível estava incorreto. Então, com o osciloscópio e o gerador de corrente, verificou-se que o conversor multiplexador estava descalibrado (ver figura 51).

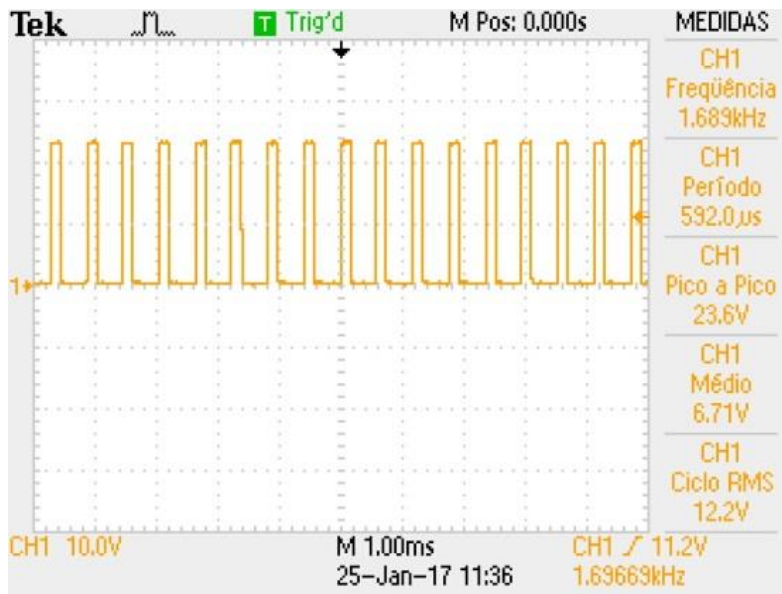
Figura 51 – Aferição da corrente na sonda de nível.



Fonte: Autor, 2017.

O gerador marcou um valor de corrente provindo da sonda de 10,769 mA, que em frequência, daria aproximadamente 1615 Hz. Porém, ao analisar no osciloscópio, a frequência estava em 1685 Hz (ver figura 52).

Figura 52 - Aferição da frequência no osciloscópio.

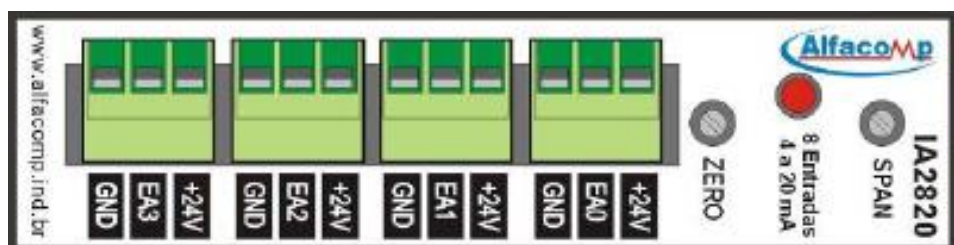


Fonte: Autor, 2017.

### 7.2.1 Calibração

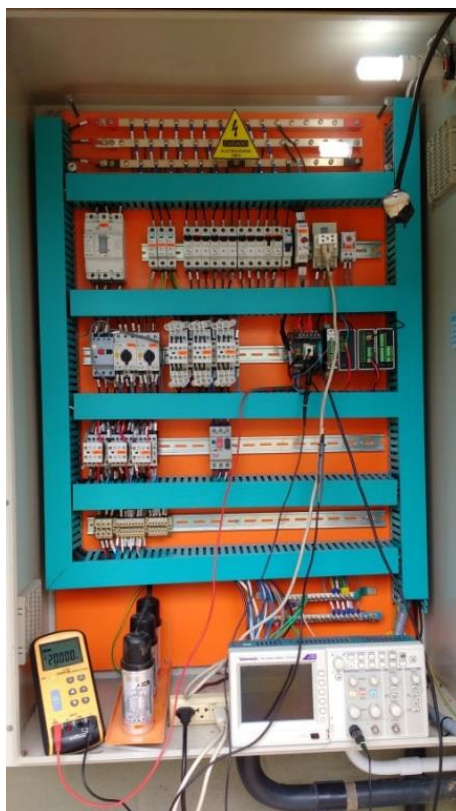
O conversor multiplexador possui dois trimpots (*span* e *zero*) que servem para ajustar o valor da frequência (ver figura 53).

Figura 53 – Trimpots do conversor.

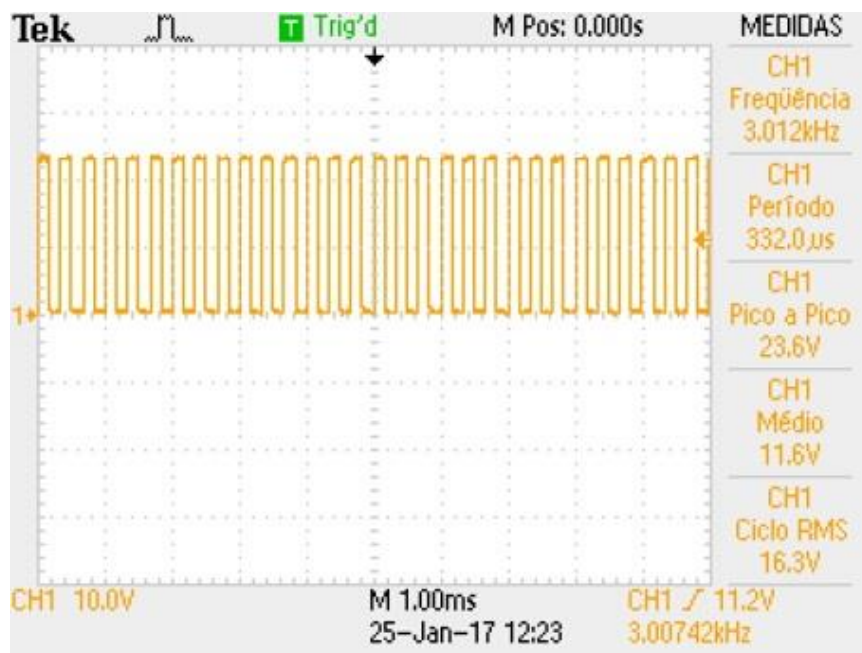


Fonte: Manual IA2820 Alfacomp.

Com a ajuda do gerador de corrente, foi aplicado na entrada do conversor uma corrente de 20 mA (ver figura 54) e ajustado o *span*, até que a frequência ficasse próxima de 3000 Hz (ver figura 55).

Figura 54 – Ajuste do *span* no conversor.

Fonte: Autor, 2017.

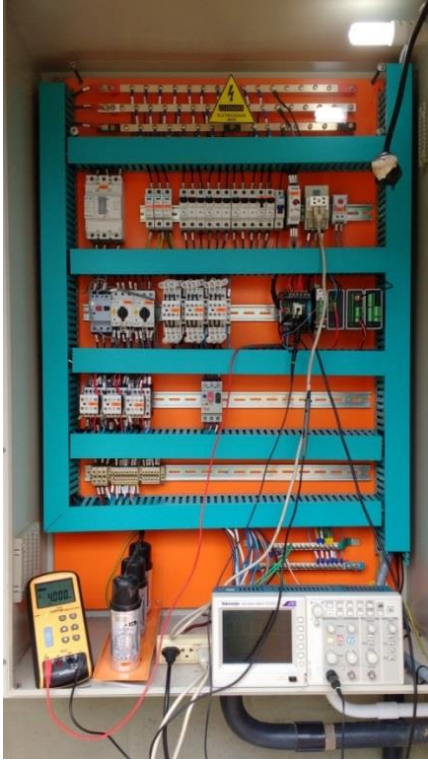
Figura 55 – Calibração do *span*.

Fonte: Autor, 2017.



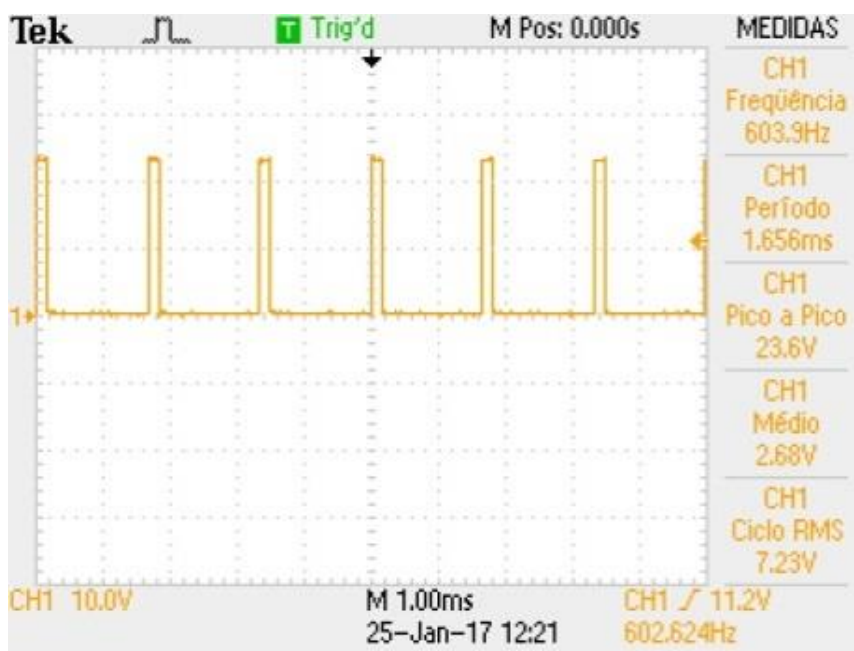
Tendo o *span* ajustado, mudou-se o valor da corrente no gerador para 4 mA (ver figura 56) e com isso, foi ajustado o “zero” até o valor de 600 Hz (ver figura 57).

Figura 56 – Ajuste do “zero” no conversor.



Fonte: Autor, 2017.

Figura 57 – Calibração do “zero”.



Fonte: Autor, 2017.

### 7.3 Comunicação pela interface RS-485

Com o equipamento calibrado, testes na comunicação RS-485 (CLP, inversores e atuador elétrico) foram feitos. Utilizando a função *Status Page* (função que permite monitorar as variáveis do CLP) da ferramenta *Winproladder*, os valores das variáveis desejadas (ver figura 58) foram comparadas com os valores nos *displays* dos equipamentos, comprovando assim, que todo dado requisitado pelo CLP estava sendo enviado e recebido corretamente.

Figura 58 – Monitoramento pelo *Status Page*.

Comment	Status	Data	Comment	Status	Data	Co
Freq da Entrada	Decimal	1667	Comando Valv	Hexdecim	0002H	
Altura Tanque	Decimal	459	Abertura Valv	Decimal	0	
Volume Tanque	Decimal	1441719	Status Valv	Binary	0000000100000101B	
			Alarme Valv	Binary	00000000000000011B	
Scada Automatico	Enable	OFF				
Scada Valv	Enable	OFF				
Scada Inv I	Enable	OFF				
Scada Inv II	Enable	OFF				
Comando Inv I	Enable	OFF				
Reset Inv I	Enable	OFF				
Ref Inv I	Decimal	4500				
Freq Inv I	Decimal	0				
Corrente Inv I	Decimal	0				
Horimetro Inv I	Decimal	2132				
Status Inv I	Binary	000000000000000111B				
Comando Inv II	Enable	OFF				
Reset Inv II	Enable	OFF				
Ref Inv II	Decimal	4500				
Freq Inv II	Decimal	457				
Corrente Inv II	Decimal	5386				
Horimetro Inv II	Decimal	719				
Status Inv II	Binary	0000110100000111B				

Fonte: Autor, 2017.

### 7.4 Comunicação pela interface RS-232

Com o CLP armazenando os dados corretamente, foi analisado através do SCADA, em comparação com a função *Status Page* do CLP (figura 58), sendo comprovado que o supervisor também estava lendo do CLP as informações corretas (ver figura 59).

Figura 59 – Supervisório em funcionamento.



Fonte: Autor, 2017.

## 7.5 Comandos via SCADA

Foi preciso também verificar se os botões de comando estavam funcionando corretamente. Passados manualmente todos os equipamentos para remoto (ícone OPERANDO no supervisório), os estados dos botões de ligar foram mudados, comprovando depois de 30 segundos (tempo de atualização do SCADABR) que os estados se alteravam conforme os comandos acionados (ver figuras 60 e 61).

Figura 60 - Comandos no supervisório funcionando.



Fonte: Autor, 2017.



Figura 61 – Valores das variáveis monitoradas no *Status Page*.

Comment	Status	Data	Comment	Status	Data	Co
Freq da Entrada	Decimal	1643	Comando Valv	Hexdecim	0001H	
Altura Tanque	Decimal	449	Abertura Valv	Decimal	100	
Volume Tanque	Decimal	1410309	Status Valv	Binary	0000000100001010B	
			Alarme Valv	Binary	0000000000000011B	
Scada Automatico	Enable	ON				
Scada Valv	Enable	OFF				
Scada Inv I	Enable	ON				
Scada Inv II	Enable	OFF				
Comando Inv I	Enable	ON				
Reset Inv I	Enable	OFF				
Ref Inv I	Decimal	4500				
Freq Inv I	Decimal	450				
Corrente Inv I	Decimal	5631				
Horimetro Inv I	Decimal	2133				
Status Inv I	Binary	0000111100000111B				
Comando Inv II	Enable	OFF				
Reset Inv II	Enable	OFF				
Ref Inv II	Decimal	4500				
Freq Inv II	Decimal	0				
Corrente Inv II	Decimal	0				
Horimetro Inv II	Decimal	719				
Status Inv II	Binary	0000001000000111B				

Fonte: Autor, 2017.

## 7.6 Modo de Operação do CLP

Por último, foi testado o modo de operação do CLP. Colocando-o em modo automático, foi observado que, sem precisar ligar ou desligar os atuadores manualmente, o CLP fez a abertura da válvula a qual inicialmente estava fechada e manteve o inversor ligado (ver figura 62), isto se deu porque o CLP ao verificar a altura do nível do tanque, encontrava-se dentro da faixa média (explicado na programação anteriormente).

Figura 62 – Modo de operação automática do CLP.

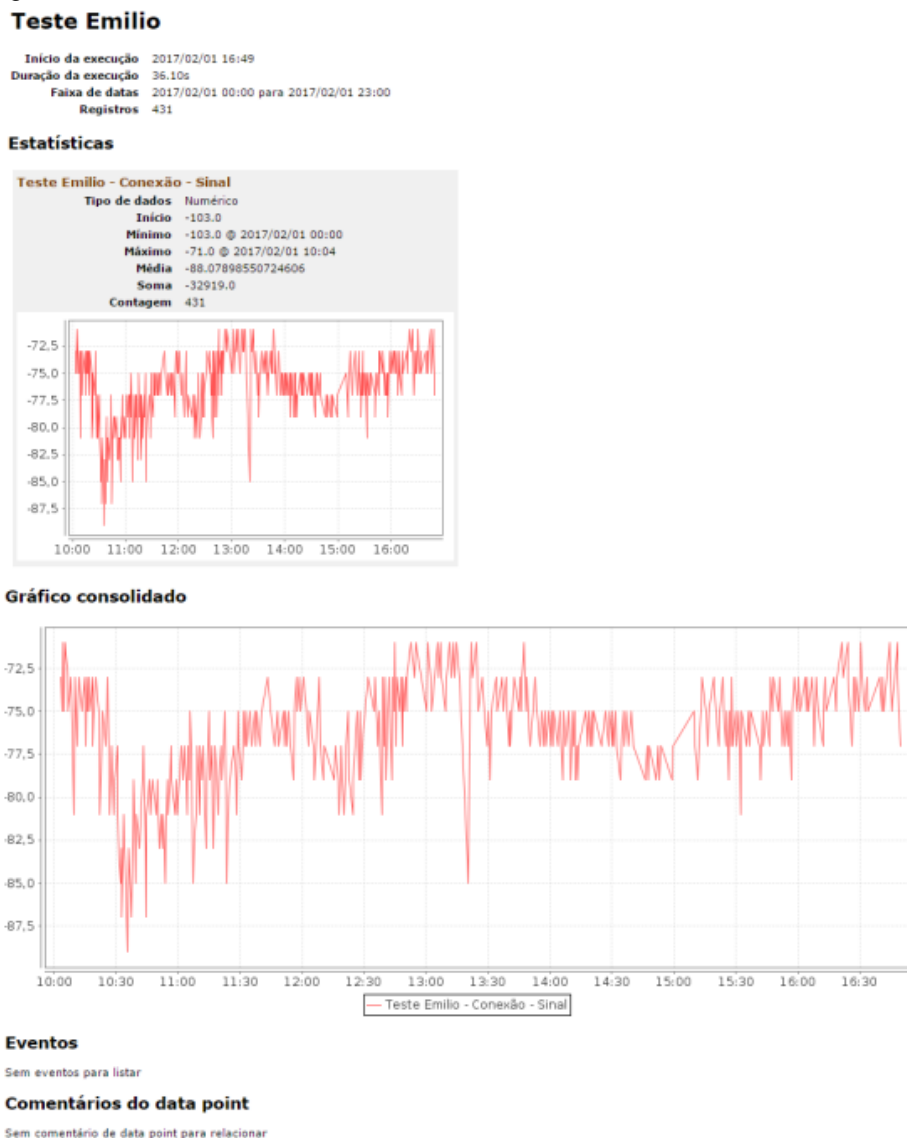


Fonte: Autor, 2017.

## 7.2.6 Relatório

Uma ferramenta disponível no SCADABR permite a criação de relatórios, o que é muito útil para analisar os valores ao longo do tempo e comparar resultados. Foi feito para exemplo do trabalho, um relatório do sinal TCP do modem GPRS (ver figura 63).

Figura 63 – Relatório do sinal TCP no SCADABR.



Fonte: Autor, 2017.

Este relatório de sinal de modem GPRS foi mais um exemplo ilustrativo da importância que um sistema de monitoramento e atuação automática à distância pode oferecer à CASAN.

## **8 CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS**

Com a concretização do projeto, os operadores puderam gerenciar o sistema a partir da sala de operação pelo supervísório, não necessitando mais do deslocamento exaustivo até o local onde se encontra o tanque de equalização. Uma ação importante, uma vez que deu ao operador tempo para realizar outras tarefas.

O sistema se mostrou eficiente, não apresentando falhas enquanto esteve em observação. Além de intuitivo, o sistema teve uma fácil operação.

Foi o primeiro projeto realizado na Companhia onde tiveram equipamentos como, inversores e atuadores elétricos ligados em uma rede Modbus com um SCADA gerenciando o processo e um CLP podendo atuar sem que o operador interfira no sistema.

Realizar este trabalho e participar de todas as suas etapas foi muito gratificante e de grande aprendizado; além de ter evidenciado a realidade dos problemas que um engenheiro precisa enfrentar na sua profissão.

Uma semana após o projeto concluído, por forças naturais, houve uma tempestade e um raio queimou alguns equipamentos que faziam parte do projeto, fazendo com que o processo voltasse a ser executado localmente.

Mesmo assim, os engenheiros puderam observar os benefícios que poderia trazer este projeto para a Companhia. Acredito que uma porta foi aberta. Espero que este projeto seja um impulsionador para novos trabalhos de automação na CASAN e que também possa ser novamente implantado na ETA Morro dos Quadros.

## REFERÊNCIAS

[1] VASILIO, V. A. A. ; JORGE, L. M. M. , *Gestão de Volumes Horários como Ferramenta no Auxílio a Produção Otimizada de Água Potável*. SIMPGEU – Simpósio de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, Maringá, 2009.

[2] PALADINI, E.P. *Controle de Qualidade: uma abordagem abrangente*. São Paulo: Atlas, 1990.

[3] TSUTIYA, MILTON TOMOYUKI – *Abastecimento de Água* – 3ª Edição – Departamento de Engenharia Hidráulica da Escola Politécnica da USP, São Paulo-SP, 2006.

[4] CASAN - Cia Catarinense de Águas e Saneamento. **Companhia**. Disponível em: <http://www.casan.com.br/menu-conteudo/index/url/companhia#632>  
Acesso em: 06/02/2017.

[5] CASAN - Cia Catarinense de Águas e Saneamento. **Serviços**. Disponível em: <http://www.casan.com.br/menu-conteudo/index/url/servicos#632>  
Acesso em: 06/02/2017.

[6] CASAN - Cia Catarinense de Águas e Saneamento. **Estação de Tratamento de Água**. Disponível em: <http://www.casan.com.br/menu-conteudo/index/url/estacao-de-tratamento-de-agua-eta#632> Acesso em: 06/02/2017.

[7] CASAN - Cia Catarinense de Águas e Saneamento. **Estação de Tratamento de Esgoto**. Disponível em: <http://www.casan.com.br/menu-conteudo/index/url/ete-estacao-de-tratamento-de-esgotos-sanitarios#632> Acesso em: 06/02/2017.

[8] CASAN - Cia Catarinense de Águas e Saneamento. **vistoria obra de melhoria no sistema de abastecimento da grande**. Superintendência Região

Metropolitana da Grande Florianópolis. Florianópolis, SC. Janeiro de 2015. Disponível em: <http://www.casan.com.br/noticia/index/url/casan-vistoria-obra-de-melhoria-no-sistema-de-abastecimento-da-grande-florianopolis#0> Acesso em: 06/02/2017.

[9] BASTOS, Ângela, **Região Metropolitana de Florianópolis é a que mais cresce no Sul do Brasil**, Diário Catarinense. Florianópolis, SC. Outubro de 2012. Disponível em: <http://dc.clicrbs.com.br/sc/noticias/noticia/2012/10/regiaometropolitana-de-florianopolis-e-a-que-mais-cresce-no-sul-do-brasil-3929226.html> Acesso em: 06/02/2017.

[10] HORSTMANN, Renato José Filho. **Avaliação da qualidade da água do rio Cubatão do Sul e os prejuízos que atividades antrópicas representam para o tratamento da água de abastecimento**. Trabalho de Conclusão de Curso, UNISUL - Universidade do Sul de Santa Catarina. Palhoça, SC, 2014.

[11] CASAN - Cia Catarinense de Águas e Saneamento. **Comitiva japonesa vai a campo conhecer projetos da CASAN. Superintendência Região Metropolitana da Grande Florianópolis**. Florianópolis, SC. Março de 2015b.

Disponível em: <http://www.casan.com.br/noticia/index/url/casan-vistoria-obra-de-melhoria-no-sistema-de-abastecimento-da-grande-florianopolis#0> Acesso em: 06/02/2017.

[12] SOUZA FILHO, A.G. **Caracterização e clarificação por sedimentação da água de lavagem dos filtros rápidos de estação de tratamento de água que utiliza cloreto férrico como coagulante primário**. São Carlos. 245p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos (EESC), Universidade de São Paulo (USP). 1998.

[13] BOYER, S. A. **SCADA: supervisory control and data acquisition**, USA, ISA – Instrument Society of America, 1993.

[14] RODRIGUES, E. E. da S.; COELHO, J. C. da C. D. **SCADA**, 2000. Disponível em: [www.dei.isep.pt](http://www.dei.isep.pt). Acesso em 08/02/2017.

[15] MAMEDE FILHO, J. **Instalações Elétricas Industriais**, Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2002.

[16] NATALE, F. **Automação industrial**. São Paulo: Ed. Érica, 1995.

[17] CASILLO, D. **Automação e Controle, Aula 07 – Linguagem Ladder**. Disponível em: [http://www2.ufersa.edu.br/portal/view/uploads/setores/166/arquivos/Automacao%20e%20Controle%202011\\_1/Aula%2007%20-%20Linguagem%20Ladder.pdf](http://www2.ufersa.edu.br/portal/view/uploads/setores/166/arquivos/Automacao%20e%20Controle%202011_1/Aula%2007%20-%20Linguagem%20Ladder.pdf) Acesso em: 08/02/2017

[18] SILVEIRA, P. R. da, e SANTOS, Winderson E. dos. **Automação e Controle Discreto**, São Paulo: Érica, 1998.

[19] SEIXAS, C. **Arquiteturas de sistemas de automação - Uma introdução**. (2004). Disponível em: <http://www.cpdee.ufmg.br/~seixas/Paginall/Download/IIDownload.htm>. Acesso em: 09/02/2017.

[20] TANEMBAUM, A. S. **Redes de Computadores**. Editora Campus, Rio de Janeiro, 1997.

[21] PEREIRA, C. E.; LAGES, W. F. **Interfaces de Comunicação**, 2004. Disponível em: [mecanica.coppe.ufrj.br/prof/romano](http://mecanica.coppe.ufrj.br/prof/romano). Acesso em: 09/02/2017.

[22] SILVEIRA, B, C. **Saiba Tudo Sobre o Protocolo Modbus**. 17 de Novembro de 2016. Disponível em: <https://www.citisystems.com.br/modbus/> Acesso em: 09/02/2017.

[23] Wikipedia – **RS-232**. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/RS-232> Acesso em: 09/02/2017.

[24] Significados – **O que é Telemetria**. Disponível em: <https://www.significados.com.br/telemetria/> Acesso em: 09/02/2017.

[25] DILLENBURG, M. R. **Alternativa de aplicação do serviço gprs da rede celular gsm em telemetria pela internet**. 2008 Disponível em: <http://www.novus.com.br/downloads/Arquivos/artigotelemetria.pdf> Acesso em: 09/02/2017.

[26] CCM - O Controle de Erros. Fevereiro de 2017. Disponível em: <https://br.ccm.net/contents/58-o-controlo-de-erros> Acesso em: 16/02/2017.