

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

GERSON OVIDIO LUZ PEDRUZI

**CONTROLE DE NÍVEL DE TANQUES CONECTADOS
UTILIZANDO CLP CLIC-02 E ELIPSE SCADA**

**VIÇOSA
2014**

GERSON OVIDIO LUZ PEDRUZI

**CONTROLE DE NÍVEL DE TANQUES CONECTADOS
UTILIZANDO CLP CLIC-02 E ELIPSE SCADA**

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Elétrica do Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade Federal de Viçosa, para a obtenção dos créditos da disciplina ELT 490 - Monografia e Seminário e cumprimento do requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Santos Brandão.

VIÇOSA
2014

GERSON OVIDIO LUZ PEDRUZI

**CONTROLE DE NÍVEL DE TANQUES CONECTADOS
UTILIZANDO CLP CLIC-02 E ELIPSE SCADA**

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Elétrica do Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade Federal de Viçosa, para a obtenção dos créditos da disciplina ELT 490 - Monografia e Seminário e cumprimento do requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Aprovada em 15 de Julho de 2014.

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Alexandre Santos Brandão - Orientador
Universidade Federal de Viçosa

Prof. Dr. André Gomes Torres - Membro
Universidade Federal de Minas Gerais

Eng. Daniel Khéde Dourado Villa - Membro

Esta monografia é dedicada a minha mãe Suely Barros Luz Pedruzi, ao meu pai Juarez Pedruzi, ao meu irmão Ítalo Luz Pedruzi, amigos e familiares

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades encontradas durante a graduação.

A Universidade Federal de Viçosa que com seu corpo docente, direção e administração me proporcionou um ótimo ambiente para realização dos meus estudos e pesquisas.

Ao meu orientador e amigo Alexandre Santos Brandão, que com muita paciência e dedicação me ajudou no desenvolvimento deste trabalho, sem ele nada disso seria possível.

Aos amigos que fiz em Viçosa, que durante toda minha graduação ajudaram a me recuperar dos maus momentos, e nos bons, me fizeram mais felizes. Tenho certeza que todos vocês continuarão presentes em minha vida.

Ao meu irmão e amigo Ítalo Luz Pedruzi, que sempre me apoiou e me ajudou em todas as etapas da minha vida.

Porém existem duas pessoas nessa vida à qual devo todos os agradecimentos possíveis. Primeiramente a minha mãe Suely Barros Luz Pedruzi, ela foi a pessoa que sempre esteve ao meu lado nos estudos, fazendo o possível e o impossível para que hoje eu pudesse estar aqui. E também agradecer ao meu pai Juarez Pedruzi, que nunca se cansou de trabalhar para poder dar todo o suporte para meus estudos. Obrigado mãe e pai, sem vocês nada disso seria possível.

“Se o dinheiro for a sua esperança de independência, você jamais a terá. A única segurança verdadeira consiste numa reserva de sabedoria, de experiência e de competência.”

Henry Ford

Resumo

Após a incorporação dos computadores no processo de automação, surgiu a necessidade de dispositivos de controle mais robustos e dedicados à produção, dando origem ao Controlador Lógico Programável (CLP), os quais são indispensáveis no processo de automatização de plantas industriais. Com a criação dos CLPs, os sistemas de automação industriais foram se tornando cada vez mais complexos, e daí surgiu a necessidade da criação de uma interface amigável (eficiente e ergonômica), que o mercado tem designado por Sistema Supervisório ou Interface Homem-Máquina (IHM). Seu objetivo é permitir a supervisão e muitas vezes o comando de determinados pontos da planta automatizada. Desta forma, procedimentos que antes eram difíceis de serem executados por limitações físicas ou tecnológicas foram possíveis. Tendo em vista a importância das IHMs, que atualmente são de grande importância em indústrias, o trabalho em questão teve como metas desenvolver o controle de nível de um protótipo de tanques conectados utilizando o CLP CLIC-02 da WEG, e a criação de um sistema supervisório para este processo através do *software* Elipse Scada. Com esse objetivo em mente, o trabalho se desenvolveu com o intuito de ensinar ao leitor como deve ser a criação de um sistema supervisório, desde o seu planejamento inicial, passando pela criação de tags, comunicação com o CLP e, por fim definindo a estratégia de controle. Para a parte de comunicação do CLP com o Elipse Scada foi criado uma espécie de manual, onde é detalhado com imagens todas as etapas desse processo, visando facilitar o entendimento do leitor.

Sumário

Lista de Figuras

1	Introdução	11
1.1	Automação Industrial	11
1.2	Controlador Lógico Programável	12
2	Sistemas Supervisórios	15
2.1	Classificação dos tags	16
2.1.1	Tags do tipo <i>Device</i>	16
2.1.2	Tags do tipo DDE	17
2.1.3	Tags do tipo <i>Memory</i>	17
2.2	Modos de Operação	19
2.2.1	Operação Normal do Operador	19
2.2.2	Operação de Contingência do Operador	20
2.3	Etapas de Desenvolvimento de um Sistema Supervisório	21
2.3.1	Entendimento do Processo a ser Automatizado	21
2.3.2	Tomada de Dados (variáveis)	21
2.3.3	Planejamento de Banco de Dados	21
2.3.4	Planejamento de Alarmes	23
2.3.5	Planejamento da Hierarquia de Navegação entre Telas	23
2.3.6	Desenho de Telas	24
2.3.7	Gráficos de Tendência	26

2.3.8	Planejamento de um Sistema de Segurança	26
2.3.9	Padrão Industrial	27
3	Sistema de Controle de Nível de Tanques Conectados	28
3.1	Telas do Supervisório	30
3.1.1	Tela Inicial	31
3.1.2	Administrar Usuários	32
3.1.3	Controle de Nível	32
3.1.4	Gráficos	34
3.1.5	Controle Manual de Bombas	34
3.1.6	Históricos	36
3.1.7	Gráficos Tanques 1, 2 e 3 e Bombas 1, 2 e 3	36
3.2	Desenho de Telas	37
3.3	Cálculo do Nível dos Tanques	39
3.4	Planejamento dos Alarmes	40
3.5	Controle de Nível Analógico	40
4	Considerações Finais	44
	Referências	46
	Anexo A – Comunicação entre Sistema Supervisório e CLP	47
A.1	Protocolo Modbus	48
A.1.1	Modbus RTU	49
A.1.2	Comunicação Clic-02 e Computador	50
A.2	Configuração do Sistema para Comunicação Elipse SCADA e CLIC-02	52
A.3	Inserção de Tags CLP e Associação com o Driver	56
A.4	Exemplo para Ligar e Desligar um Motor	58

Lista de Figuras

1	Painel utilizando relés eletromagnéticos.	13
2	Painel utilizando CLP.	13
3	Constituição de um CLP (Martins 2007).	14
4	Fluxograma de informações em um sistema automatizado.	14
5	Exemplo de um Sistema Supervisório. Controle e manutenção dos silos da sua planta da empresa FOSPAR.	16
6	Criando tags <i>device</i> no <i>software</i> Elipse Scada.	17
7	Criando tags DDE no <i>software</i> Elipse Scada.	18
8	Criando tags <i>Memory</i> no <i>software</i> Elipse Scada.	18
9	Fluxograma de operação de um sistema supervisório.	19
10	Exemplo de organização de variáveis.	22
11	Tipos de Alarmes.	23
12	Alarme em sistemas supervisórios.	24
13	Exemplo de hierarquia de telas.	25
14	Exemplo de desenho de telas.	26
15	Gráfico de tendência.	27
16	Sistema montado no Elipse Scada.	28
17	Protótipo montado.	29
18	Diagrama mostrando progresso de telas.	30
19	Diagrama de possibilidades do menu superior.	31
20	Diagrama de possibilidades do menu inferior.	31
21	Tela Inicial do Sistema Supervisório.	32

22	Tela Administrar Usuários para operador logado.	33
23	Tela Administrar Usuários para administrador logado.	33
24	Tela Controle de Nível.	34
25	Tela Gráficos.	35
26	Tela Controle Manual de Bombas.	35
27	Tela Históricos.	36
28	Tela Histórico de Alarmes.	37
29	Tela gráfico tanques 1,2 e 3.	38
30	Tela gráfico bombas 1, 2 e 3.	38
31	Criação de alarmes LoLo, <i>Low</i> , <i>High</i> e HiHi.	41
32	Controle em histerese para tanque 1.	42
33	Criação de script para controle com histerese.	43
34	Pirâmide de Automação.	47
35	Protocolo Modbus. (Carlos 2006)	48
36	Padrão de mensagem RTU.	49
37	Quadro de mensagem padrão.(Villa 2014).	49
38	Padrão de mensagem RTU (WEG 2007).	50
39	Ligação computador e CLP.	50
40	Configurando CLP.	51
41	Configurando conexão com computador.	52
42	Ilustração de como adicionar e verificar instalação de novo driver.	53
43	Configurando driver parte 1.	54
44	Modbus <i>Operations</i>	55
45	Mudando o <i>time out</i>	55
46	Verificando porta de conexão.	56
47	Configurando porta serial.	57

48	Criando tag PLC no Elipse Scada.	57
49	Detalhamento das Funções Modbus.	58
50	Tabela com Endereços do registro Modbus no CLIC-02.	59
51	Testando conexão.	59
52	Configuração para tags do grupo I.	60
53	Configuração para tags do grupo Q.	61
54	Acessando bits.	62
55	Campos bit adicionadas.	62

1 *Introdução*

O termo automação provém do latim *Automatus*, que significa mover-se por si, a automação é a aplicação de técnicas computadorizadas ou mecânicas para diminuir o uso de mão-de-obra em qualquer processo. Na prática, a automação diminui os custos e aumenta a velocidade da produção (Silva 2004). Segundo (Castrucci e Moraes 2007), automação é qualquer sistema, apoiado em computadores, que substitui o trabalho humano, em favor da segurança das pessoas, da qualidade dos produtos, rapidez da produção ou da redução de custos, assim aperfeiçoando os complexos objetivos das indústrias, dos serviços ou bem estar. Tendo essa definição em mente, é fácil perceber como a automação atualmente está intimamente ligada às atividades do dia-dia, desde o despertador que se utiliza para acordar, os semáforos que controlam o trânsito, iluminação pública e assim por diante.

A automação industrial é uma das vertentes que existe na automação e é nessa área que o trabalho em questão tem seu foco. Primeiramente, para se entender como funciona essa vertente, é necessário olhar para os anos 50, pois, foi nesta época que o termo automação começou a se popularizar e era usado para descrever a movimentação automática de materiais. Porém, convém lembrar que desde de meados do século XVIII o homem caminha no campo da automação industrial com o aperfeiçoamento dos processos de produção, como, por exemplo, a mudança do processo artesanal na produção industrial na Inglaterra (Brasil 2014).

1.1 **Automação Industrial**

Antes de iniciar a explicação mais detalhada sobre o que é a automação industrial, é necessário mostrar qual é a diferença entre automação e mecanização. A primeira delas permite realizar algum trabalho através de máquinas controladas automaticamente, já a segunda, simplesmente se limita ao emprego de máquinas para executar alguma tarefa, substituindo o esforço físico (Brasil 2014).

O destaque da automação industrial se deu na segunda metade do século XVIII, na Inglaterra, através da concepção de dispositivos simples e semiautomáticos para os processos, os quais se tornaram inteiramente automáticos no início do século XX. O próximo grande avanço se deu com o surgimento dos computadores, que passaram a ser utilizados no controle das máquinas de manufatura. A partir desse momento a evolução da tecnologia na automação industrial ficou ligada diretamente com a evolução dos computadores de um modo geral.

Após a incorporação dos computadores no processo de automação, surgiu a necessidade de dispositivos de controle mais robustos e dedicados à manufatura, dando origem ao Controlador Lógico Programável (CLP), os quais são indispensáveis no processo de automatização de plantas industriais.

1.2 Controlador Lógico Programável

Antes do surgimento dos Controladores Lógicos Programáveis (CLP's), as tarefas de comando e controle de máquinas e processos industriais eram feitas por relés eletromagnéticos, especialmente projetados para este fim. No caso de alterações no processo automatizado, o controle baseado em relés exigia modificações na fiação e em muitos casos isso se tornava inviável, sendo mais barato substituir todo o painel por um novo (Martins 2007).

Na Figura 1 é possível observar como eram os painéis antigos, quando eram usados os relés eletromagnéticos. Por sua vez, a Figura 2 mostra o novo arranjo após a incorporação do CLP no sistema de controle. É possível observar através das Figuras 1 e 2 como a implementação do CLP diminuiu o espaço físico necessário para a automatização dos processos, entretanto, vale destacar a economia de tempo necessária para a realização de manutenções e melhorias no processo, o menor gasto de potência, o fato de ser reprogramável, a maior confiabilidade, a maior flexibilidade e, principalmente, a permissão de interface através de rede de comunicação com outros CLP's e microcomputadores.

Em linhas gerais, um CLP é constituído por módulos de entrada e de saída (*hardware*), onde as funções disponíveis podem ser programadas em uma memória interna (*software*), através de uma linguagem de programação que possui um padrão internacional chamado IEC 1131-3, uma fonte de alimentação e uma CPU (Unidade Central de Processamento) (Martins 2007). A Figura 3 ilustra tais módulos, porém seu detalhamento foge ao escopo deste trabalho.

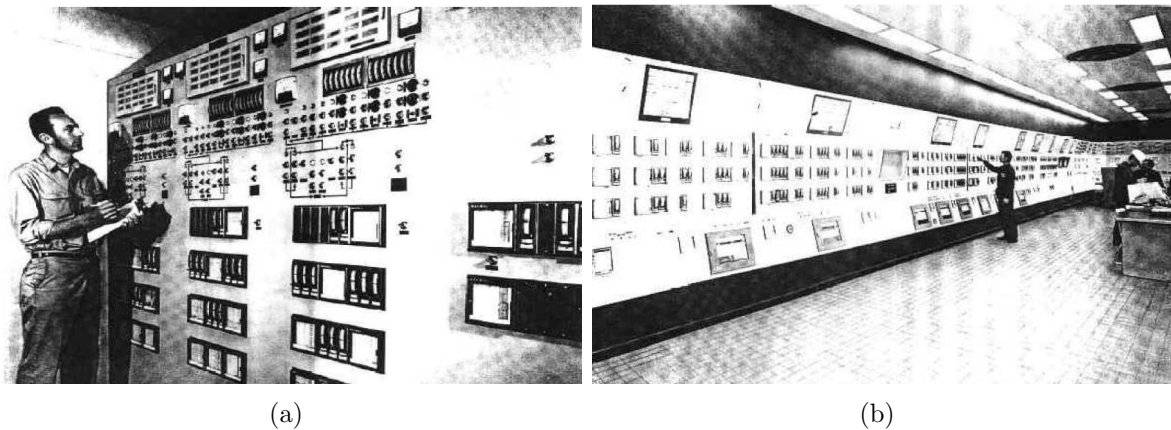


Figura 1: Painel utilizando relés eletromagnéticos.



Figura 2: Painel utilizando CLP.

Apesar de consentir que a utilização de CLP aprimora a operação automática de processos industriais, um novo problema surge quando os processos se tornam mais complexos, pois seu monitoramento através do programa do CLP se torna inviável. Para contornar este problema são propostas às interfaces amigáveis, eficientes e ergonômicas, que permitem a supervisão e o comando de uma planta automatizada. A Figura 4 ilustra a inserção de uma interface homem-máquina (IHM), a qual seria um link entre operador e planta industrial. Desta forma, através da IHM será possível monitorar e atuar na planta a partir de um computador (que pode estar longe fisicamente). O Capítulo 2 deste trabalho aprofunda os conceitos de IHM e detalha seu processo de criação.

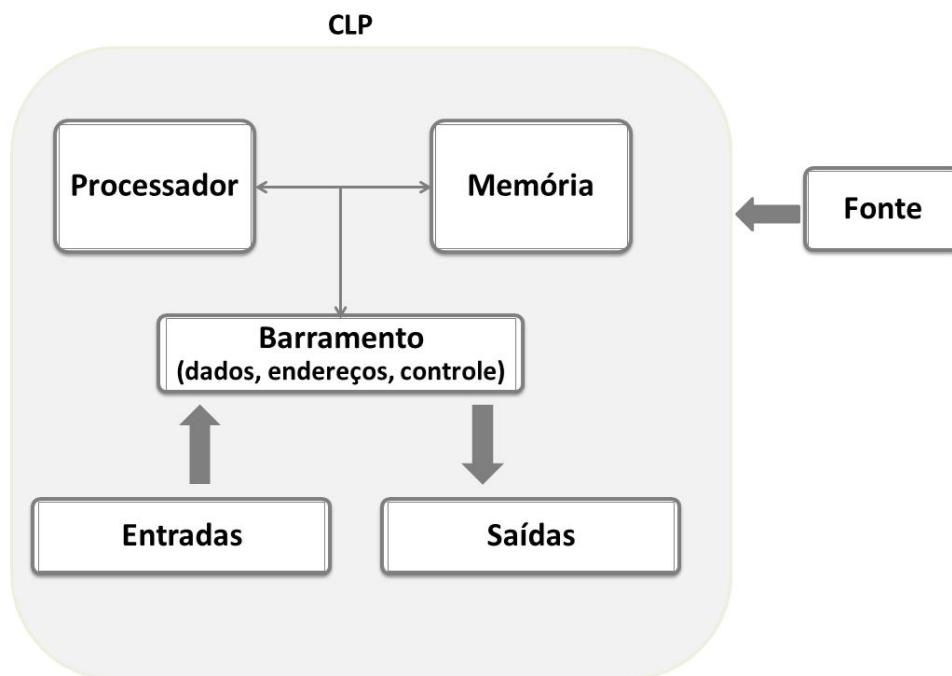


Figura 3: Constituição de um CLP (Martins 2007).

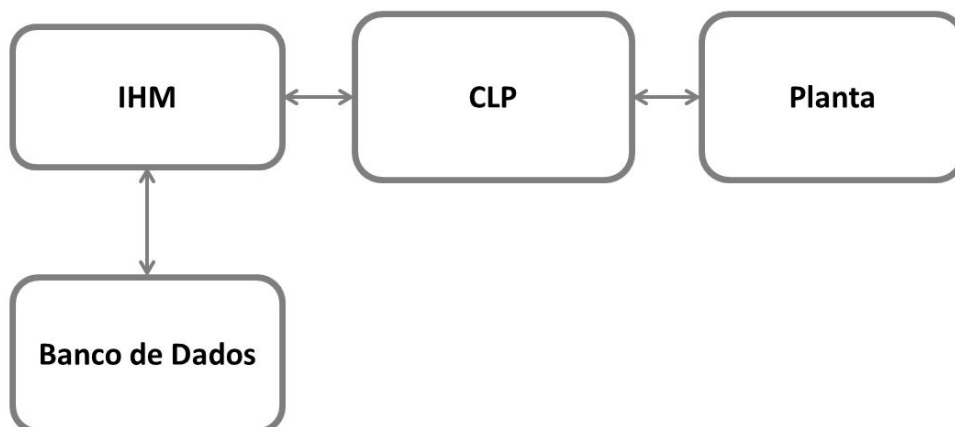


Figura 4: Fluxograma de informações em um sistema automatizado.

2 *Sistemas Supervisórios*

O sistema supervisório pode ser considerado como o nível mais alto de interface homem máquina (IHM), pois mostra o que está acontecendo no processo e permitem a atuação sobre este (Martins 2007). A principal razão para seu desenvolvimento é o fato de que a evolução dos equipamentos industriais tornou complexa a tarefa de monitoração, controle e gerenciamento dos processos.

Para auxiliar os usuários, foram propostos os sistemas supervisórios, os quais possuem como principal objetivo traduzir os sinais provenientes do CLP em sinais gráficos de fácil entendimento. Para que isso ocorra é necessário que o sistema seja capaz de monitorar e rastrear as informações de um processo produtivo e com essas informações é preciso que o supervisório tenha a capacidade de armazenar os dados provenientes do CLP, analisar e manipular essas variáveis para posteriormente apresentar ao usuário as informações coletadas e tratadas.

Segundo (Ogata 1993), o *software* supervisório é visto como o conjunto de programas gerados e configurados no software básico de supervisão, implementando as estratégias de controle e supervisão com telas gráficas de interfaceamento homem-máquina, a fim de facilitar a aquisição e tratamento de dados do processo e a gerência de relatório e de alarmes. Este *software* deve ter entrada de dados manual, através de teclado. Os dados serão requisitados através de telas com campos pré formatados que o operador deverá preencher. Estes dados deverão ser auto-explicativos e possuir limites para as faixas válidas. A entrada dos dados deve ser realizada por telas individuais, sequencialmente, com seleção automática da próxima entrada. Após todos os dados de um grupo serem inseridos, esses poderão ser alterados ou adicionados pelo operador, que será o responsável pela validação das alterações.

Deve-se lembrar que o processo de controle e aquisição de dados continua se iniciando pelo CLP, porém agora, é possível que o sistema supervisório através de comandos enviados pelo operador sobreponha os comandos do CLP. A comunicação entre CLP e o

supervisório é realizada através de mensagens digitais denominada tags, a quais serão detalhadas na próxima seção.

Na Figura 5 encontra-se um exemplo de um Sistema Supervisório usado na empresa FOSPAR, para controle e manutenção dos silos da sua planta.

2.1 Classificação dos tags

2.1.1 Tags do tipo *Device*

Essas tags são as variáveis relacionadas às memórias de imagem de entrada e de saída do CLP, além da memória interna. Em outras palavras, elas podem ser variáveis físicas do sistema, isto é, entradas e saídas do CLP, ou podem ser variáveis internas a este, as chamadas *flags*, usadas para auxiliar no desenvolvimento do programa CLP.

No caso específico do *software* Elipse SCADA, a criação de tags do tipo *Device* é feita conforme ilustrado na Figura 6.

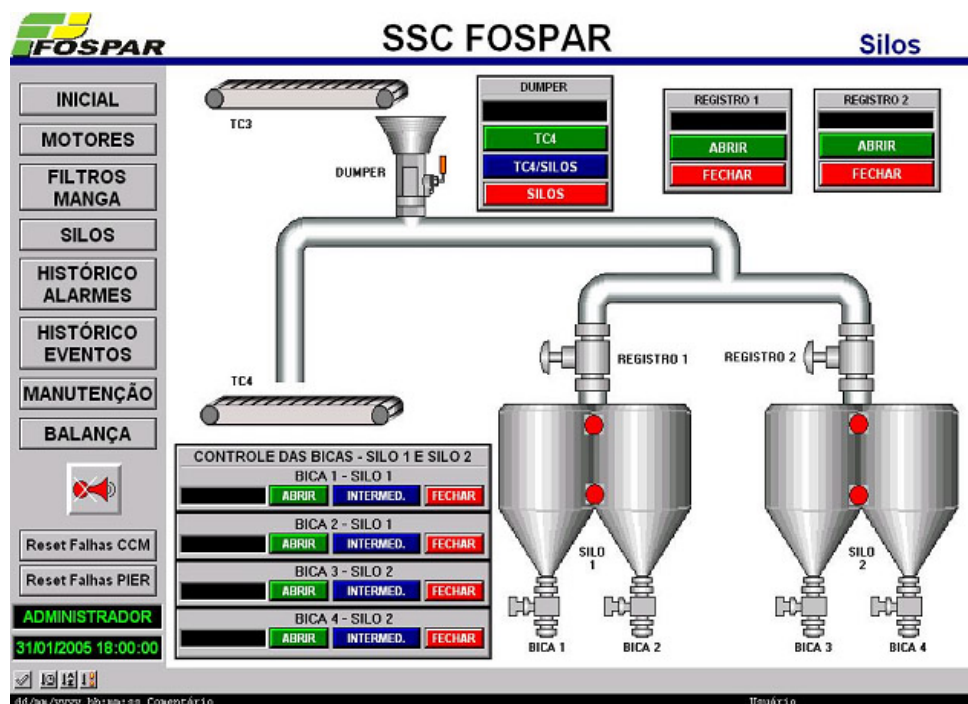


Figura 5: Exemplo de um Sistema Supervisório. Controle e manutenção dos silos da sua planta da empresa FOSPAR.

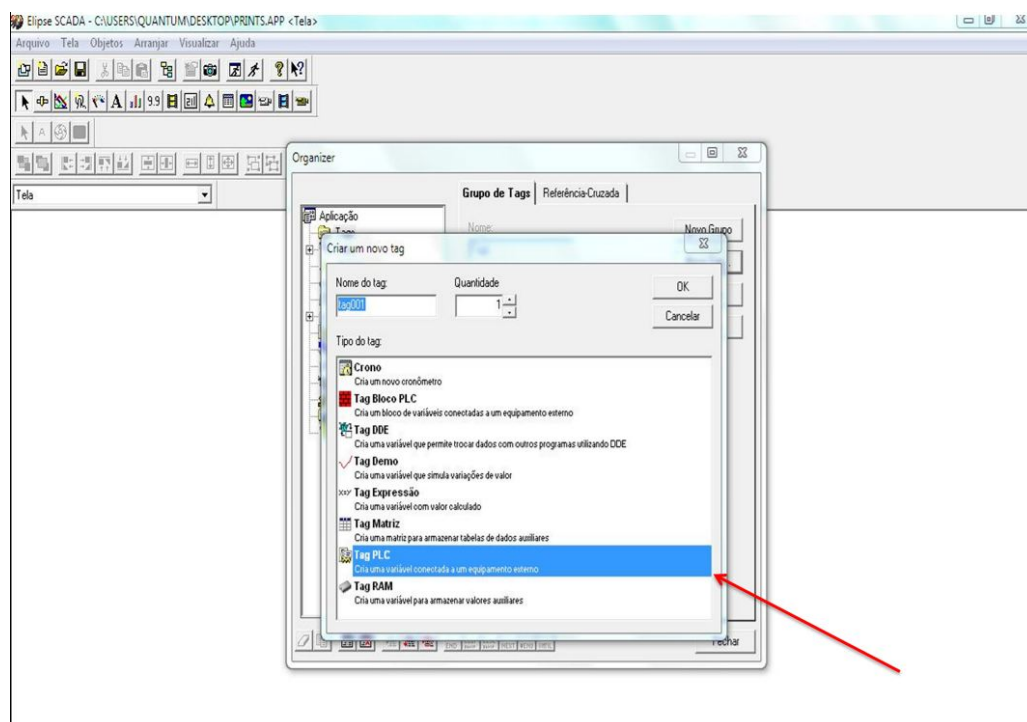


Figura 6: Criando tags *device* no *software* Elipse Scada.

2.1.2 Tags do tipo DDE

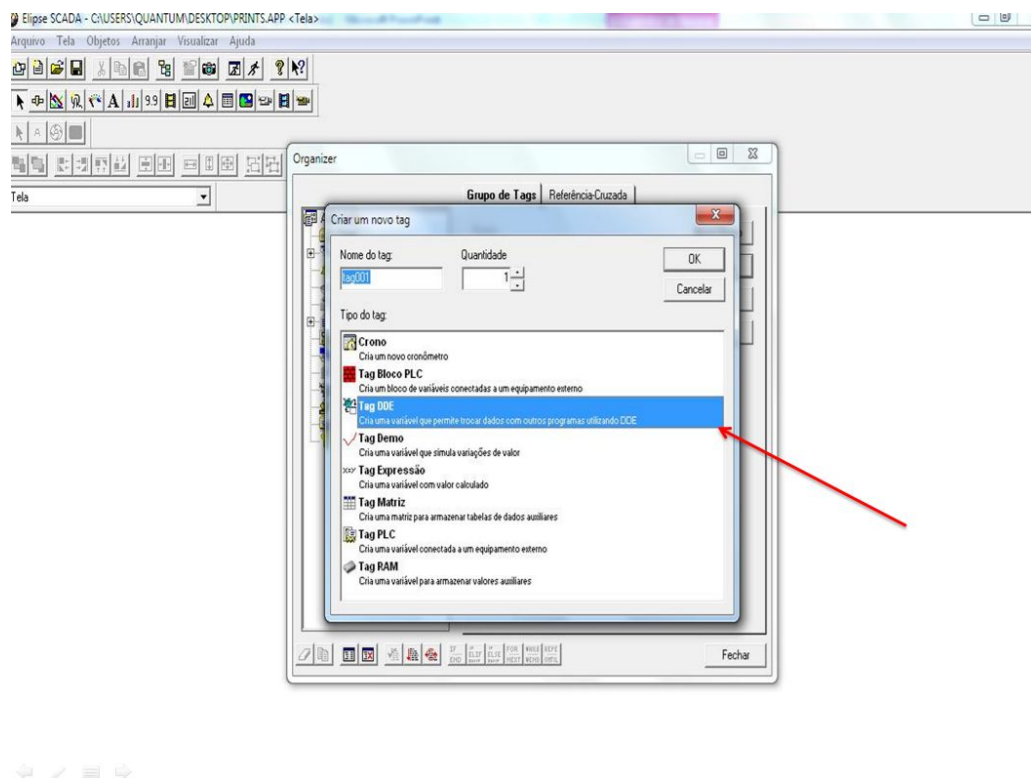
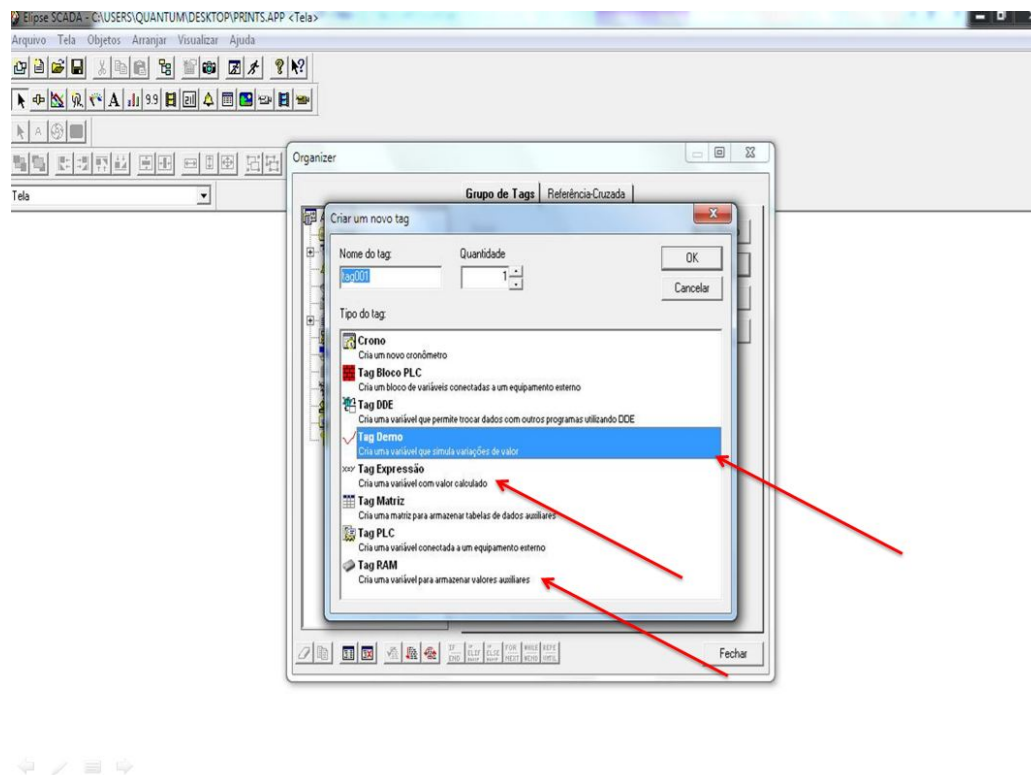
Os tags do tipo DDE permitem trocar dados com outros programas que sejam servidores. DDE (*Data Dynamic Exchange*) é um protocolo desenvolvido pela *Microsoft* para comunicação entre aplicações baseadas em *Windows*.

Na Figura 7 é possível observar o local onde é feita a criação de tags do tipo DDE no *software* Elipse Scada.

2.1.3 Tags do tipo *Memory*

Os Tags do tipo *Memory* são variáveis internas ao sistema supervisorio, isto é, não são variáveis físicas e não possuem nenhuma ligação com o CLP ou dispositivos servidores. Estas variáveis podem ser utilizada para diversas aplicações, uma aplicação bem típica é a manipulação de tags do tipo *Device*.

Na Figura 8 é possível observar o local onde é feita a criação de tags do tipo *Memory* no *software* Elipse Scada, observe que neste caso existem outras opções de tags.

Figura 7: Criando tags DDE no *software* Elipse Scada.Figura 8: Criando tags *Memory* no *software* Elipse Scada.

2.2 Modos de Operação

Qualquer sistema supervisório possui dois modos de operação: desenvolvimento e *run time*. O modo de desenvolvimento é o ambiente onde se criam as telas gráficas, animações, programações, entre outros. É nesse ponto onde o criador do supervisório está de fato desenvolvendo o seu sistema. Nesse modo, o supervisório não precisa estar necessariamente ligado ao CLP. Já o modo *run time* é onde se mostra a janela animada, criado no modo de desenvolvimento e no qual se dará a operação integrada com CLP, durante a automação da planta em tempo real. O supervisório opera em *run time* durante o processo produtivo.

Uma vez que o supervisório esteja no modo *run time*, existem dois modos de operação do operador: normal e de contingência. A Figura 9 ilustra o modos de operação de um supervisório.

2.2.1 Operação Normal do Operador

Na operação normal, o operador está apenas vigiando o sistema, a fim de detectar defeitos ou possíveis falhas, antes que possa causar consequências graves no sistema.

No caso dessa tarefa de vigilância, é necessário levar em consideração que nem todos os parâmetros de uma planta são observados com a mesma frequência, pois alguns são mais sintéticos e fornecem informações sobre o estado global da unidade. Pode-se citar a atividade de analisar o nível de um tanque e não se preocupar com a vazão de entrada e saída do fluido. Outro ponto que vale ser citado é que alguns aparelhos são mais

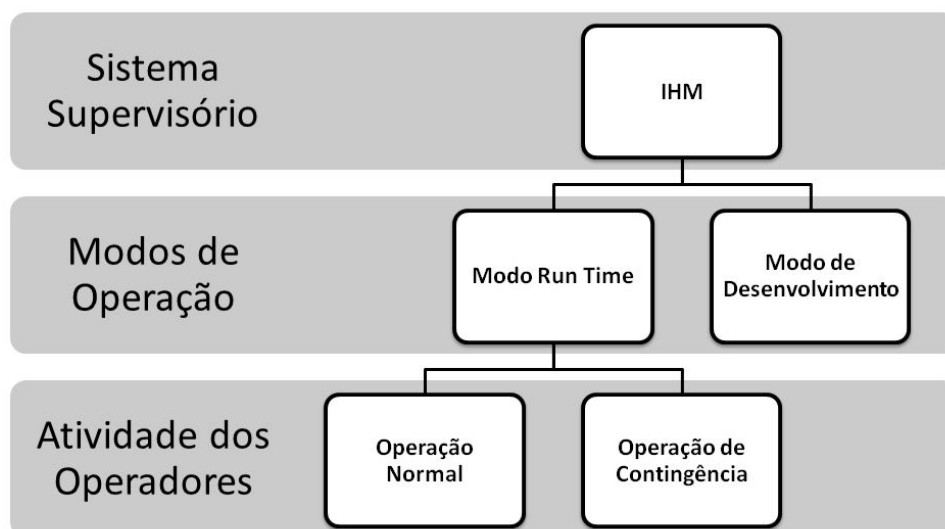


Figura 9: Fluxograma de operação de um sistema supervisório.

estáveis que outros, nesse caso se o operador do processo conhece a planta que está supervisionando, ele será capaz de detectar qual parte está mais sujeita a falhas.

Logo, a vigilância do operador está condicionada à imagem que ele faz do processo em um dado instante e ao conhecimento que tem do funcionamento da planta e do processo como um todo. Mas vale também ressaltar que a capacidade de vigília do operador tende a diminuir com o decorrer do tempo que se passa sem ocorrências, em particular, em turnos noturnos.

Por fim, é importante garantir que o grau de incerteza esteja sempre baixo durante a operação normal do operador, pois só assim ele confiará no sistema supervisório. Para que isso ocorra, é importante levar em considerações os seguintes pontos.

- Confrontar diversos indicadores;
- Analisar os valores baseado na experiência profissional do operador;
- Conhecer as operações particulares em curso, como equipamentos fora do ar ou em estado de manutenção;
- Comparar o estado da IHM com o que se passa fora da sala de operação da planta.

2.2.2 Operação de Contingência do Operador

Esse modo de operação ocorre quando existe no sistema vários eventos simples que causam perturbações no processo. Nessa situação o operador deverá começar a atuar diretamente na planta, pois algo está errado e poderá desencadear problemas maiores.

Nessa situação, o operador deve gerir várias atividades simultaneamente. Nesse momento sua experiência e seu conhecimento da planta fazem a diferença, pois ele sabe quais áreas são mais sensíveis e merecem uma atenção maior e mais rápida. Porém vale a pena ressaltar que algumas plantas mais sofisticadas e possuem um modo de operação automático para esses momentos, o que acaba facilitando o trabalho do operador e diminuindo a chance de erro.

2.3 Etapas de Desenvolvimento de um Sistema Supervisório

Segundo (Castrucci e Moraes 2007), recomenda-se um conjunto de etapas para o desenvolvimento de um sistema supervisório, as quais são detalhadas nas subseções seguintes.

2.3.1 Entendimento do Processo a ser Automatizado

A primeira pergunta que deve ser respondida para essa parte do processo de criação de sistemas supervisórios é “O que deve ser feito?”, e com a resposta descrever todas as etapas do processo e dar nomes a estas. Se a pergunta foi bem respondida, será possível a aquisição de um grande número de informações que ajudaram no desenvolvimento do supervisório.

Outro passo importante a ser realizado nessa etapa é a troca de informações com os operadores do sistema a ser automatizado, caso a planta já exista. Caso contrário, a troca de informações deve ser realizada com os especialistas de planejamento de operações futuras. Esse passo é muito importante, pois os operadores possuem um grande conhecimento no funcionamento da planta.

Por fim, mas não menos importante, deve-se conversar com a gerência e o corpo administrativo para saber quais informações são necessárias ao suporte de decisão.

2.3.2 Tomada de Dados (variáveis)

É nessa etapa que o projetista deve fazer a escolha dos dados essenciais na representação do processo, para isto deve definir quais variáveis *Device* possuem pertinência no supervisório. Após a escolha é necessário também definir os limites de escala das variáveis.

Um ponto importante é ter em mente um limite superior do número de dados, pois o supervisório estará funcionando em um computador e um grande volume de dados pode prejudicar o desempenho dos sistemas que envolvam redes de computadores.

2.3.3 Planejamento de Banco de Dados

Para se realizar um bom planejamento de banco de dados, a primeira questão a ser resolvida é “Qual deverá ser o tamanho do banco?”. Atrelado a essa questão está o número de dados que devem ser armazenados e quais serão esses dados. Para que isso

seja possível é importante que se desenvolva o fluxo de instrumentação da planta, defina o fluxo de processo e a lista de endereço dos registradores do CLP. O segundo passo é escolher qual será a classe de varredura (SCAN) do seu processo, i.e, velocidade de leitura das variáveis.

Com os dois passos anteriores bem definidos, parte-se agora para o ponto de conseguir organizar as variáveis envolvidas no processo, para que desta forma, facilite a criação do banco de dados. Para isto, é necessário dar nomes claros e objetivos as variáveis do sistema, usar pastas para organiza-las e agrupar conjunto de tags que se referem a uma mesma etapa do processo. Quanto maior a planta industrial, maior será a importância desse passo, pois o sistema terá cada vez mais variáveis e, caso não exista uma organização, o projetista poderá acabar se perdendo no próprio supervisório.

Na figura 10 é apresentado um exemplo de organização das variáveis utilizando o Elipse Scada.

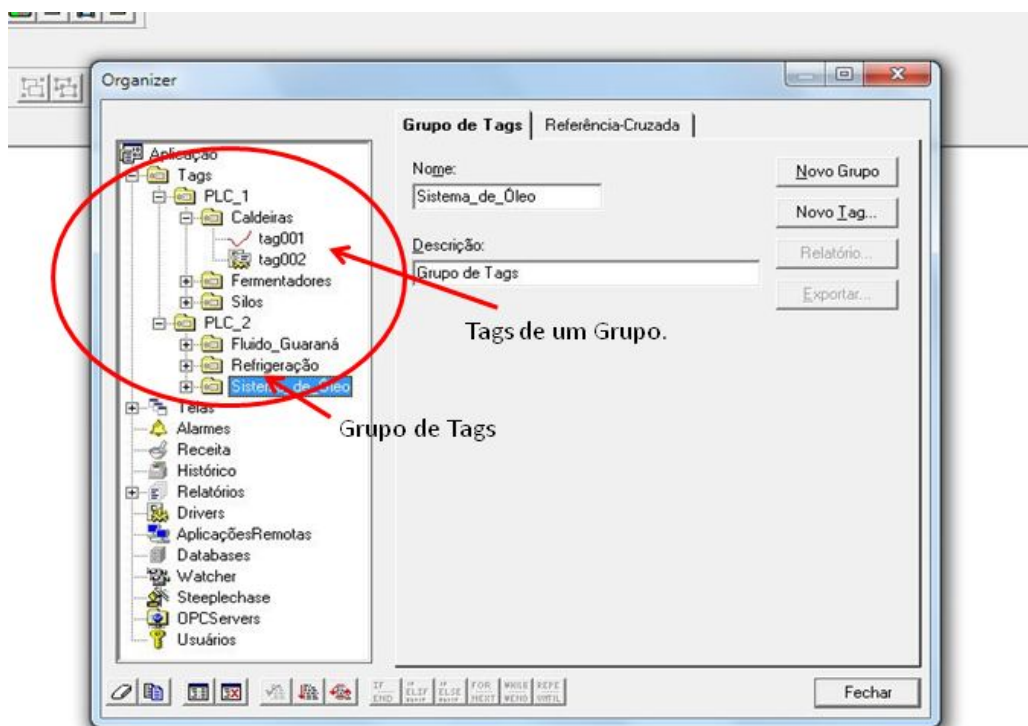


Figura 10: Exemplo de organização de variáveis.

2.3.4 Planejamento de Alarmes

No planejamento dos alarmes, deve-se inicialmente definir em quais condições os alarmes serão acionados. O segundo passo é escolher como será feita a notificação dos operadores. Vale comentar que, os alarmes têm como principais funções chamar a atenção do operador para uma modificação do estado do processo, sinalizar uma ação atingida e fornecer indicação global sobre o estado do processo (Martins 2007).

Existem basicamente dois tipos de alarmes, como pode ser observado na Figura 11. Os Alarmes Normais ou Eventos são aqueles que não requerem qualquer necessidade de intervenção em relação ao seu funcionamento, isto é, não implicam o aparecimento de uma situação perigosa. Já os Críticos ou Urgentes são aqueles que requerem a intervenção do operador no sistema, isto acontece quando alguma variável da planta começa assumir valores indesejáveis.

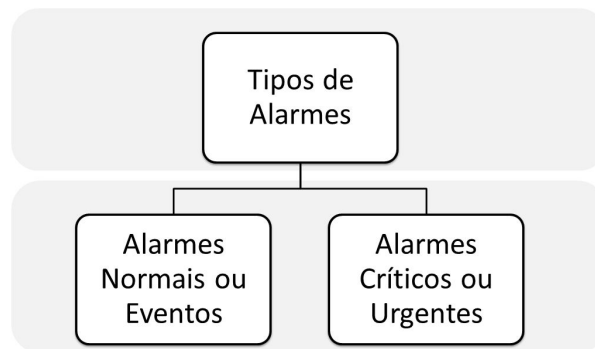


Figura 11: Tipos de Alarmes.

O alarme nos sistemas supervisórios em geral costumam vir na parte inferior da tela, como pode ser observado na Figura 12, e precisam estar presente em todas as telas que não sejam do tipo *pop-up*. Este é o local onde apareceram as mensagens para o operador quando algum alarme estiver acionado no sistema. Para reconhecimento de um dado alarme, o operador pode realizar a supressão de um sinal sonoro, a intervenção direta na tela do supervisório e a aceitação do alarme.

2.3.5 Planejamento da Hierarquia de Navegação entre Telas

Nessa etapa o projetista deve ser cauteloso na criação de telas, pois o operador deve possuir a possibilidade de navegar progressivamente na planta. Porém deve tomar cuidado com o número excessivo de telas, pois o operador pode acabar se perdendo dentro do supervisório.

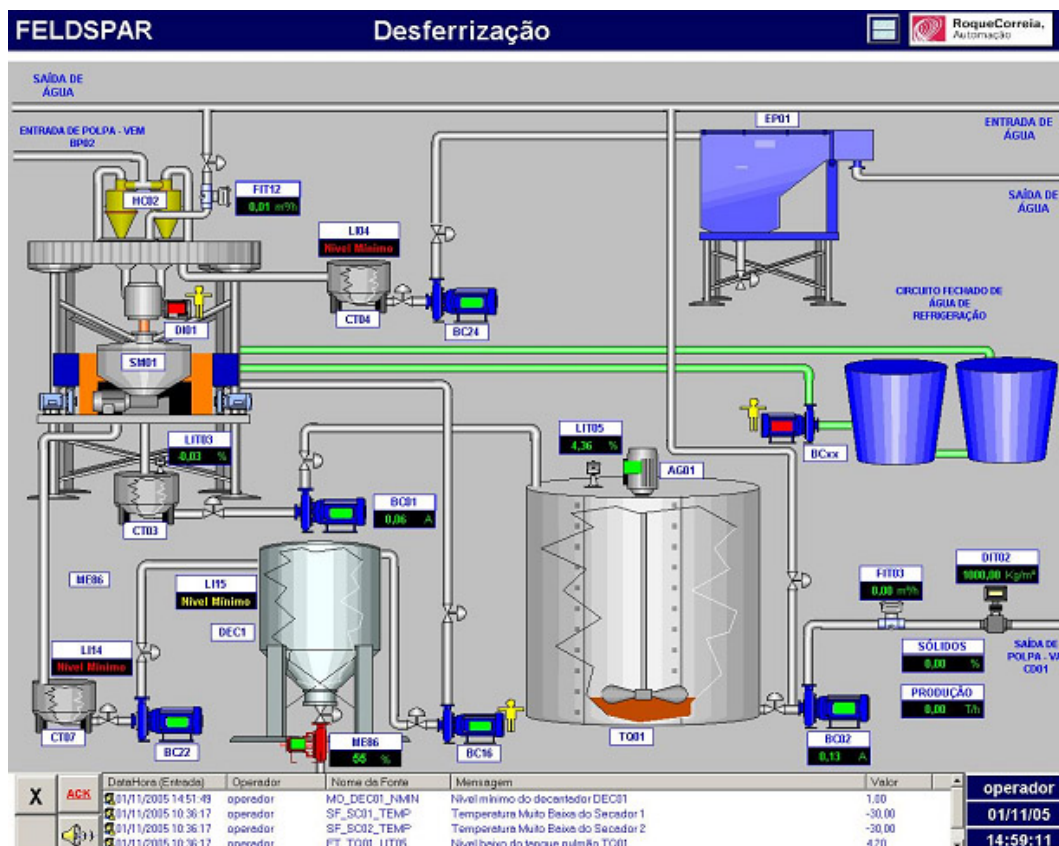


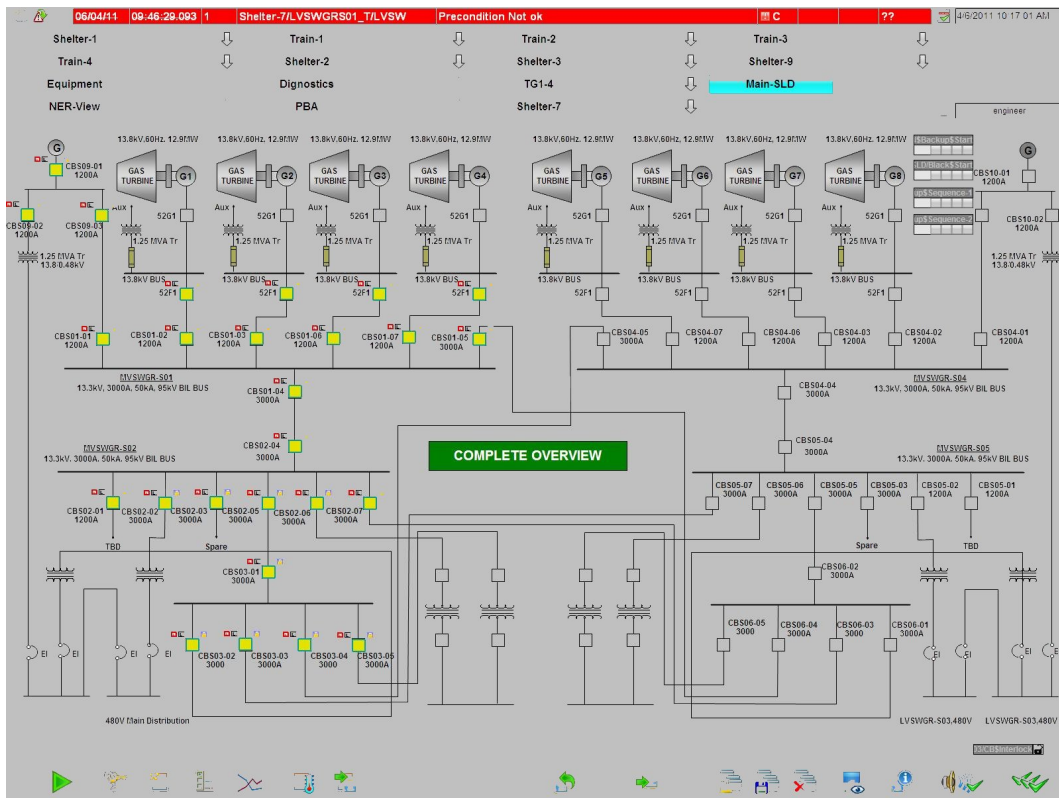
Figura 12: Alarme em sistemas supervisórios.

Outro ponto importante é a criação de um menu, que esteja presente em todas as telas, isso irá possibilitar ao operador a navegação entre as telas de uma forma mais fácil. Além disso, ele servirá como uma referência para quem esta usando o supervisório.

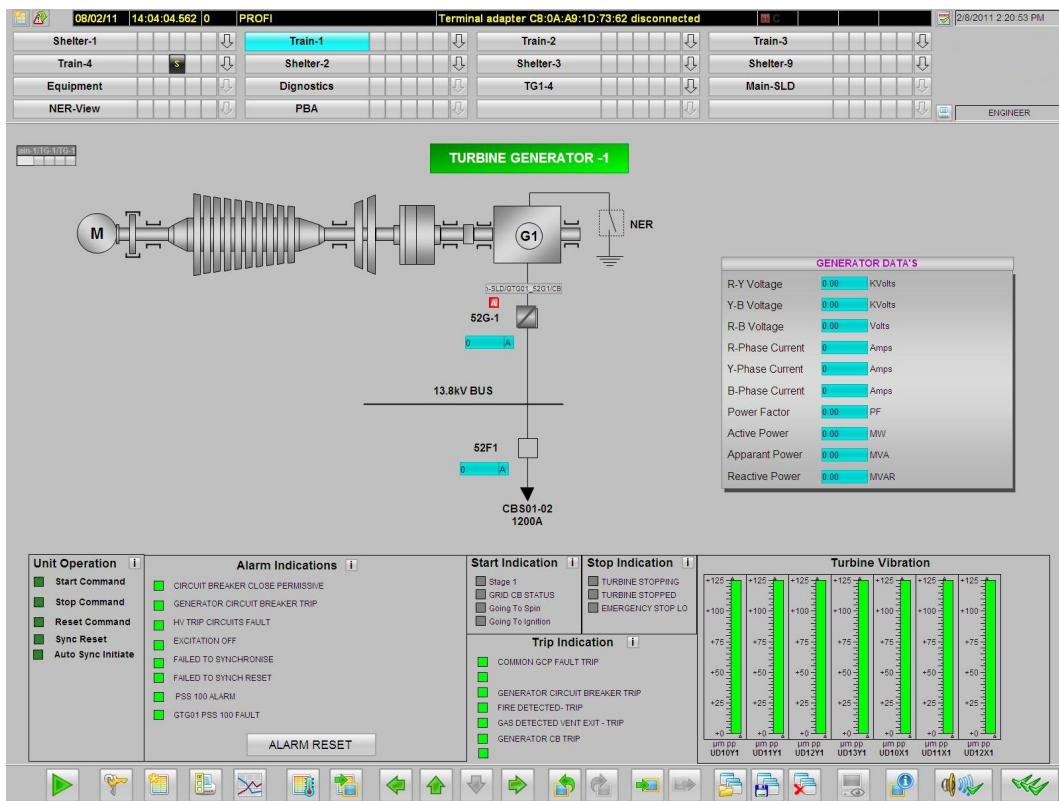
Observe na Figura 13 um exemplo de hierarquia de telas. Na Figura 13(a) tem-se uma tela com vários geradores, e quando o operador clica sobre uma das turbinas ele entre em uma sub-tela da Figura 13(b), onde este pode verificar várias informações sobre a turbina em questão.

2.3.6 Desenho de Telas

A parte de desenho de telas nada mais é que o *layout* do supervisório. Nesta etapa aconselha-se o uso de símbolos e cores, para tornar o supervisório mais agradável ao operador. Além disso deve-se inserir nome nos botões, posiciona-los bem na tela e quando possível usar símbolos que facilitem o entendimento. Na figura 14 pode-se observar um sistema com um bom desenho de telas, onde se usou muita cor, os botões estão bem posicionado na tela e utilizou-se símbolos quando foi possível.



(a)



(b)

Figura 13: Exemplo de hierarquia de telas.

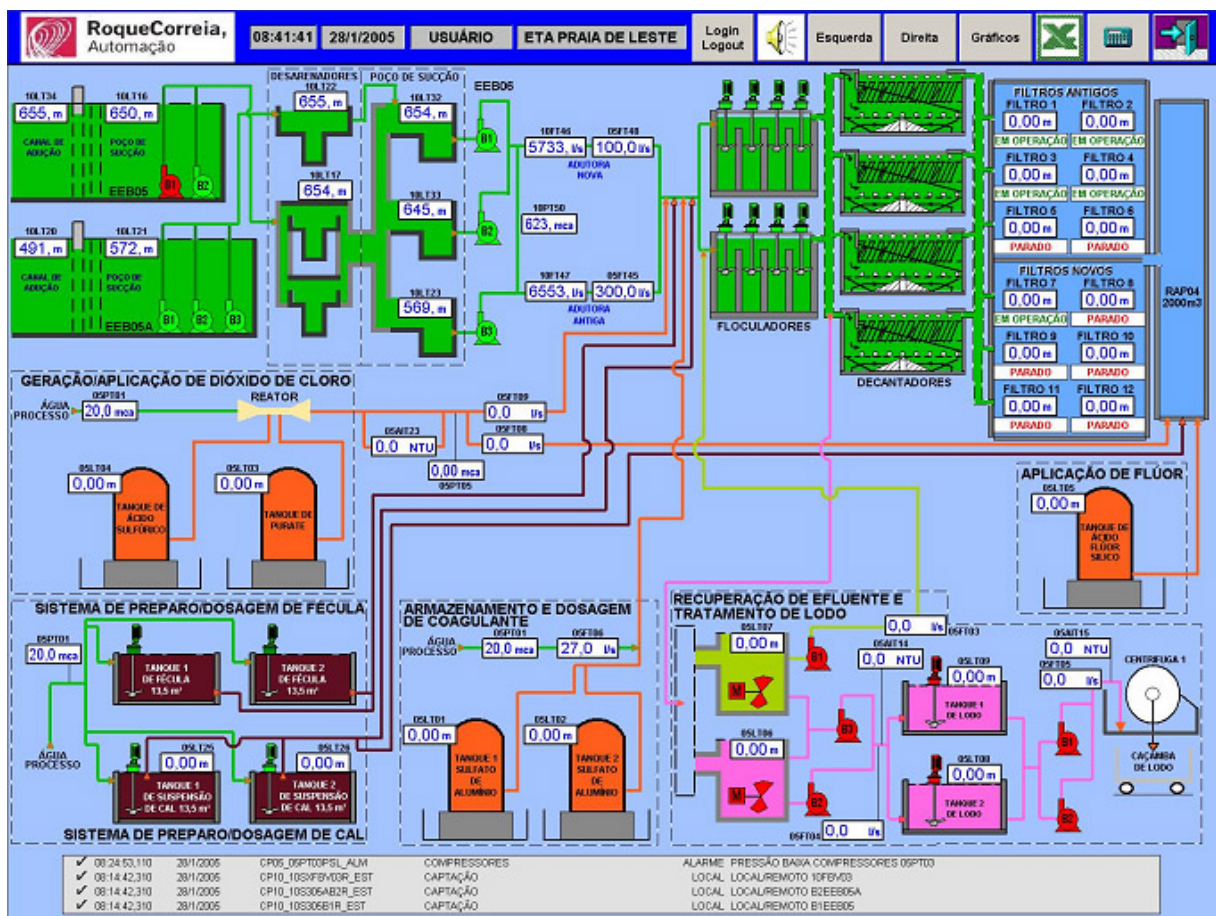


Figura 14: Exemplo de desenho de telas.

2.3.7 Gráficos de Tendência

Os gráficos de tendência são de suma importância em sistemas supervisórios, pois é com eles que o operador pode monitorar a evolução de uma variável do processo e monitorar a eficiência da produção. Além disso pode ser usado pela gerência, pois este armazena dados para futuras auditorias. Desta forma, é importante que se defina quais variáveis do processo necessitam de um gráfico de tendência. A Figura 15 apresenta um exemplo de gráfico de tendência.

2.3.8 Planejamento de um Sistema de Segurança

O sistema de segurança é um ponto importante, pois é com ele que o projetista do supervisório irá conseguir limitar o acesso a certas telas e botões. Desta forma, é possível que todos os operadores da planta possam usar o mesmo sistema supervisório, porém cada um pode ter um acesso diferenciado.

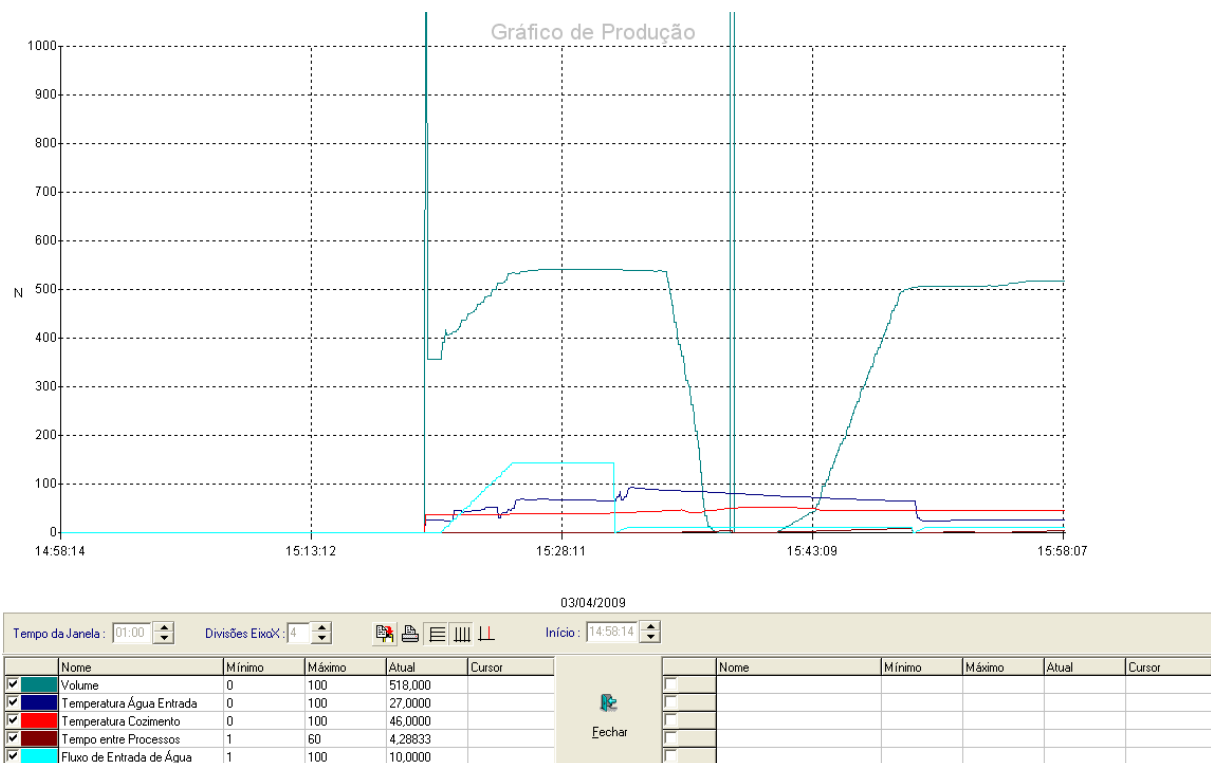


Figura 15: Gráfico de tendência.

2.3.9 Padrão Industrial

A última etapa é o padrão industrial, isso nada mais é que a adequação do sistema supervisório com outros aplicativos do sistema operacional utilizado, mantendo desta forma um padrão para a empresa.

3 *Sistema de Controle de Nível de Tanques Conectados*

O sistema a ser desenvolvido contará com dois tanques maiores com diâmetro de 150 mm e um menor de 100 mm. Os tanques tem uma altura de 40 cm, dessa forma, o volume de água que caberá nos tanques maiores será de aproximadamente 7 litros, e no tanque menor, de aproximadamente 3,15 litros. Para entender como foi montado o protótipo é necessário inicialmente dar números aos tanques, assim, os dois tanques maiores serão chamados de 1 e 3, e o menor de tanque 2. Os tanques são conectados entre si, de tal forma que o tanque 1 está conectado ao 2, o 2 está conectado aos tanques 1 e 3, e o 3 apenas ao tanque 2. Além disso, todos os tanques possuem a possibilidade de escoar a água de seu interior para o reservatório. As conexões entre os tanques e suas saídas para o reservatório são controladas por registros manuais. Cada tanque tem a ele ligado uma bomba, que será usada para enche-los. Os *set point's* dos níveis dos tanques são definidos pelo operador, sendo que o do tanque 1 é escolhido manualmente através de um potenciômetro, e os do tanque 2 e 3 são definidos pelo supervisor. A Figura 16 ilustra o sistema proposto e as Figuras 17(a) e 17(b) apresentam vistas do protótipo montado.

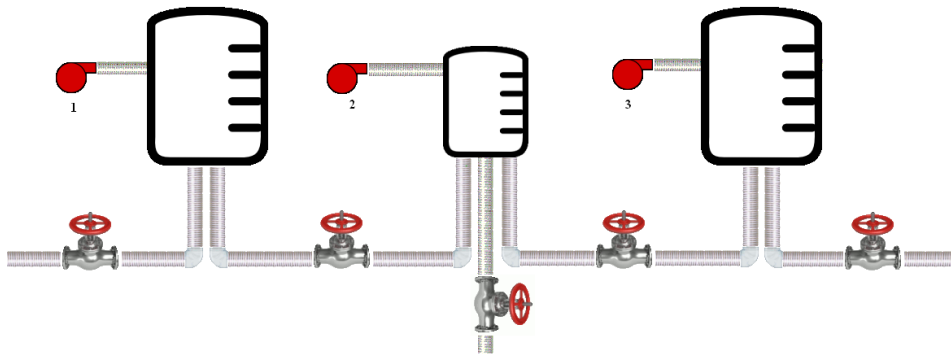


Figura 16: Sistema montado no Eclipse Scada.



(a)



(b)

Figura 17: Protótipo montado.

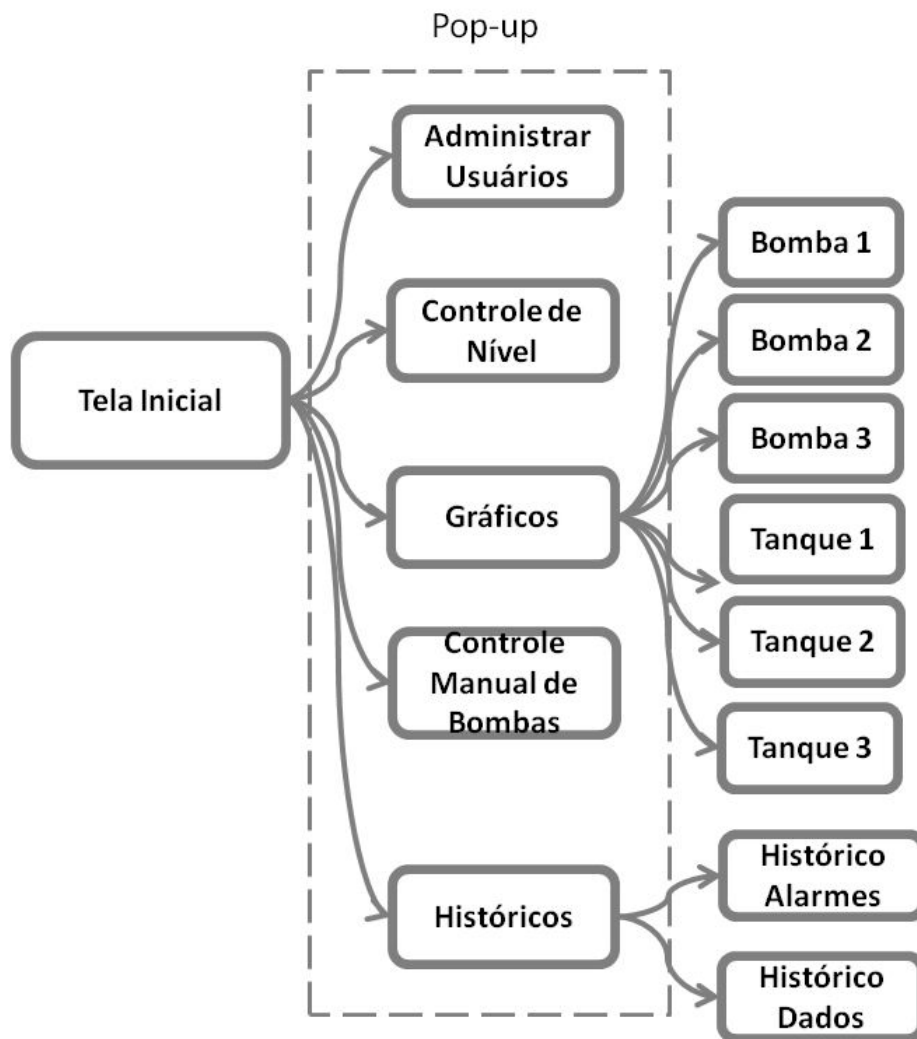


Figura 18: Diagrama mostrando progresso de telas.

3.1 Telas do Supervisório

O primeiro passo para a criação do sistema supervisório foi definir todas as telas que iriam existir no sistema. Com todas essas informações foi então possível criar a tela inicial do supervisório e definir como deveria ser o menu. A Figura 18 mostra o diagrama das telas do sistema, para que assim seja possível entender como funcionará o progresso nas telas.

Todas as telas do sistema foram divididas em três partes, o menu superior, o conteúdo da tela, e o menu inferior. O menu superior e o menu inferior estarão em todas as telas, o que será mudado é o conteúdo. Nas Figuras 19 e 20 é possível observar o diagrama de possibilidades do menu superior e inferior respectivamente.



Figura 19: Diagrama de possibilidades do menu superior.

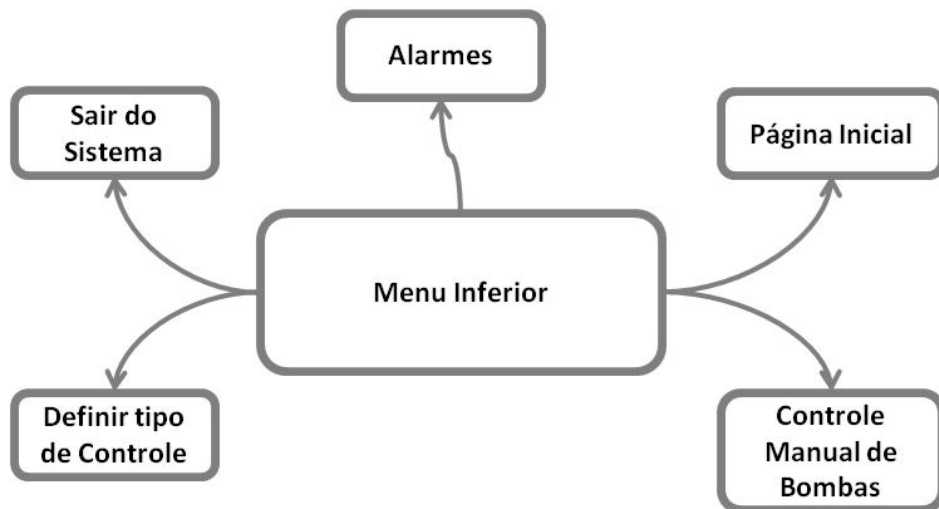


Figura 20: Diagrama de possibilidades do menu inferior.

3.1.1 Tela Inicial

A Figura 21 mostra como ficou a Tela Inicial do supervisório. Nessa tela o operador terá a possibilidade de verificar os níveis do tanque, os estados das bombas (ligada/desligada) e a hora atual.

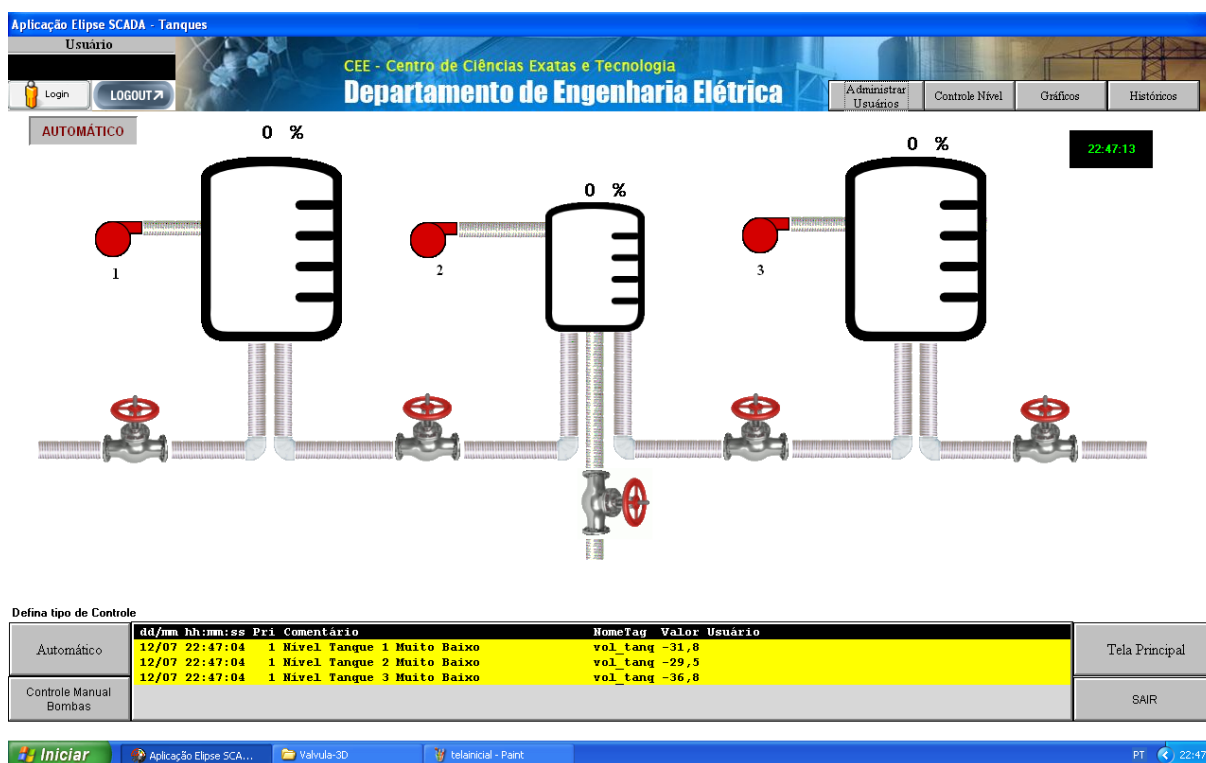


Figura 21: Tela Inicial do Sistema Supervisório.

3.1.2 Administrar Usuários

A tela Administrar Usuários é um pop-up, que abre ao se clicar no botão presente no menu superior. Porém, só é permitido entrar nessa tela usuários que estejam logadas no sistema, e a tela que se abrirá dependerá do nível de acesso desse usuário. No caso desse sistema supervisório em específico, existem dois tipos de usuários: operadores e administrador. Se quem estiver logado for o operador, a tela que se abrirá é a mostrada na Figura 22. Nessa tela, o operador terá a possibilidade de trocar a sua senha de acesso. Caso o administrador seja o logado, a tela que se abrirá é a mostrada na Figura 23. Nessa tela o administrador poderá adicionar novos usuários, editar os dados dos usuários já existentes ou deletar alguém.

3.1.3 Controle de Nível

A tela Controle de Nível é um pop-up, que é aberta ao se clicar no botão, com mesmo nome, presente no menu superior. Para ter acesso a esse botão o usuário deve ser registrado como operador ou administrador.

Nessa tela, o operador pode monitorar qual é a porcentagem de água presente nos tanques, e pode também definir o *Set Point* para os tanques 2 e 3, usando os *slider's*

presente na tela. Aqui o operador pode verificar o *set point* do tanque 1, que é escolhido manualmente. A Figura 24 mostra como é a tela controle de nível.

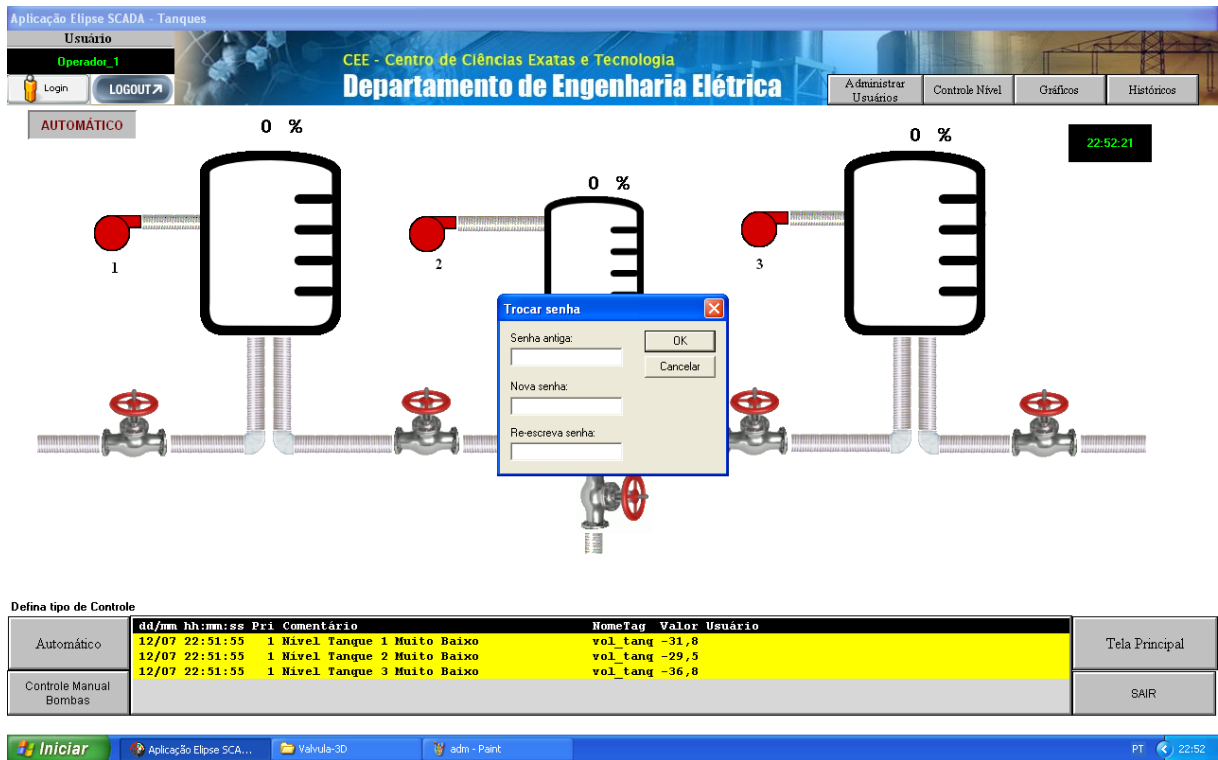


Figura 22: Tela Administrar Usuários para operador logado.

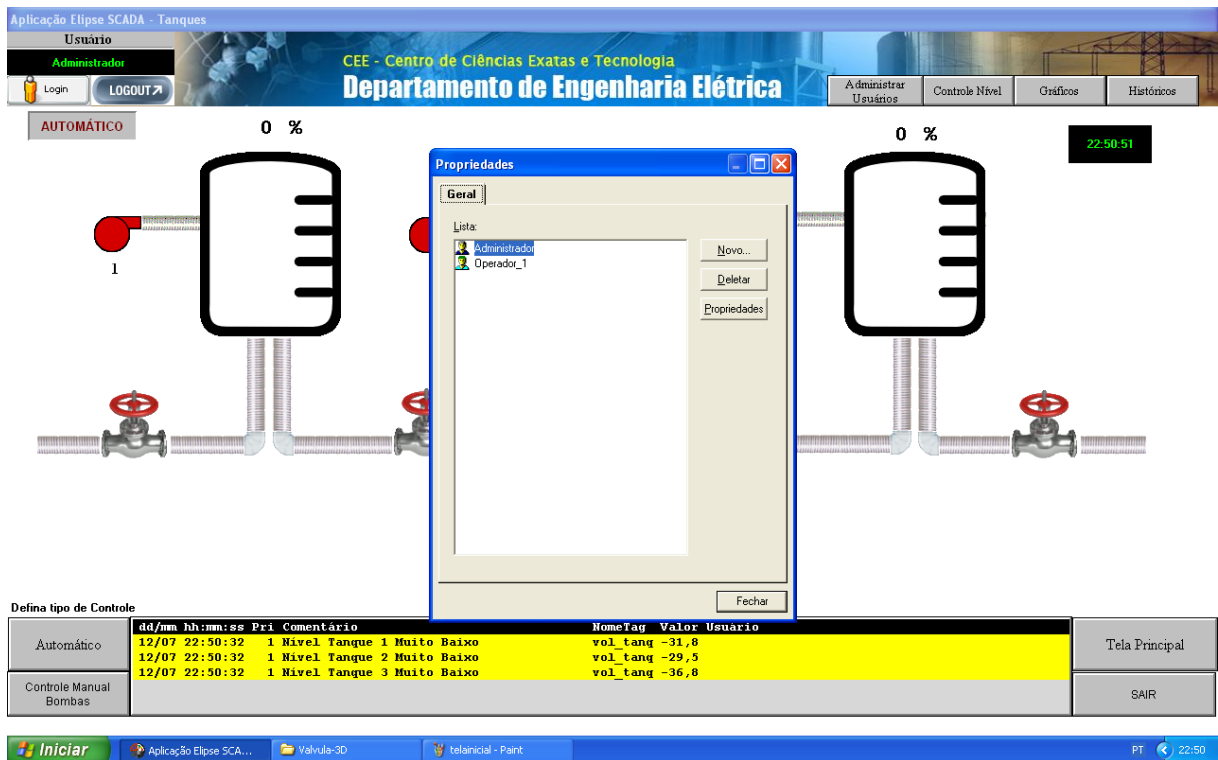


Figura 23: Tela Administrar Usuários para administrador logado.

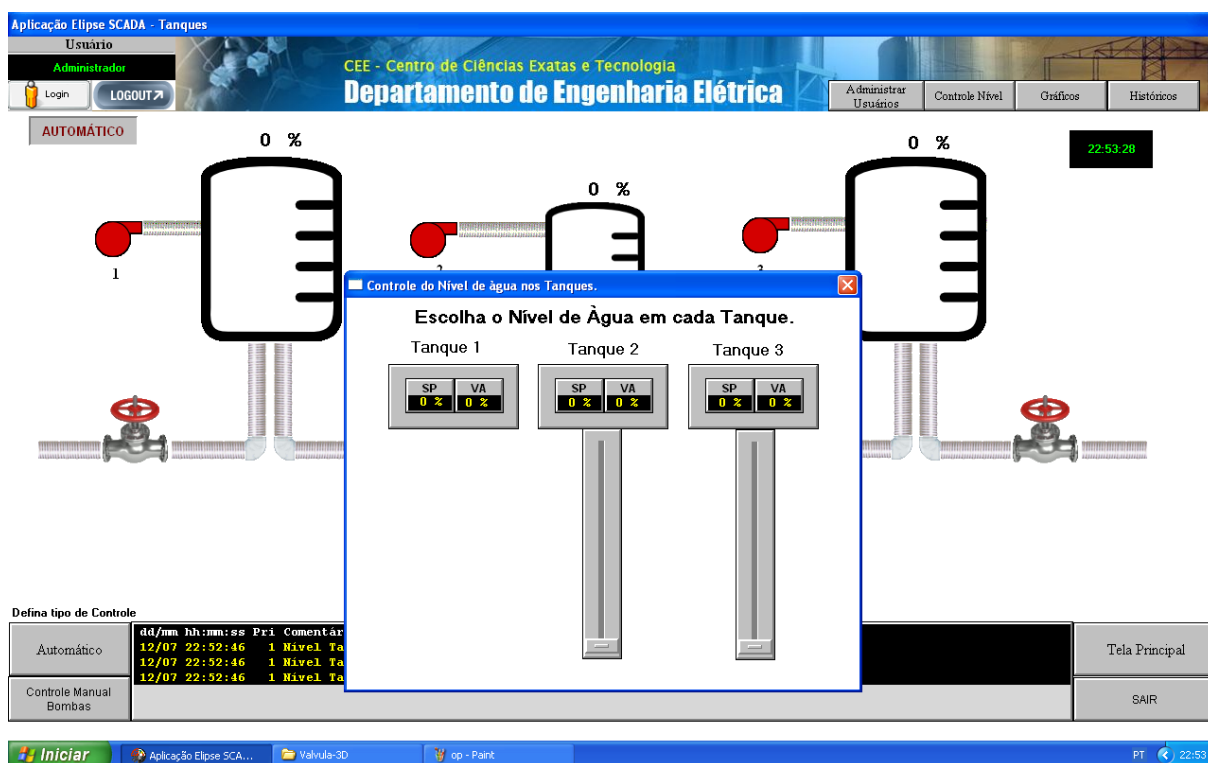


Figura 24: Tela Controle de Nível.

3.1.4 Gráficos

A tela Gráficos é um pop-up, que é aberta ao se clicar no botão, com mesmo nome, presente no menu superior. Esse botão tem acesso livre, então mesmo sem logar um usuário consegue acessá-lo. Nessa tela, o operador deve escolher qual gráfico ele deseja monitorar, no total tem-se 6 opções, e elas são: Tanque 1, Tanque 2, Tanque 3, Bomba 1, Bomba 2 e Bomba 3. As telas Tanque 1, 2 e 3 possuem dois gráficos de tendência, um mostra o *set point* desejado para o tanque, e o outro mostra o valor atual de água no tanque em porcentagem. Essas telas serão melhor explicadas mais a frente. As telas Bomba 1, 2 e 3 possuem apenas um gráfico de tendência, e nele é mostrado o estado atual da bomba. Essas telas também serão melhor explicadas mais a frente. A Figura 25 mostra como é a tela gráficos.

3.1.5 Controle Manual de Bombas

A tela Controle Manual de Bombas é um pop-up, que é aberta ao se clicar no botão, com mesmo nome, no menu inferior. Para ter acesso a esse botão é necessário que o sistema esteja em modo manual, e para que isso seja possível, é preciso estar logado como administrador. Nessa tela é possível ligar e desligar as bombas sem se importar com os

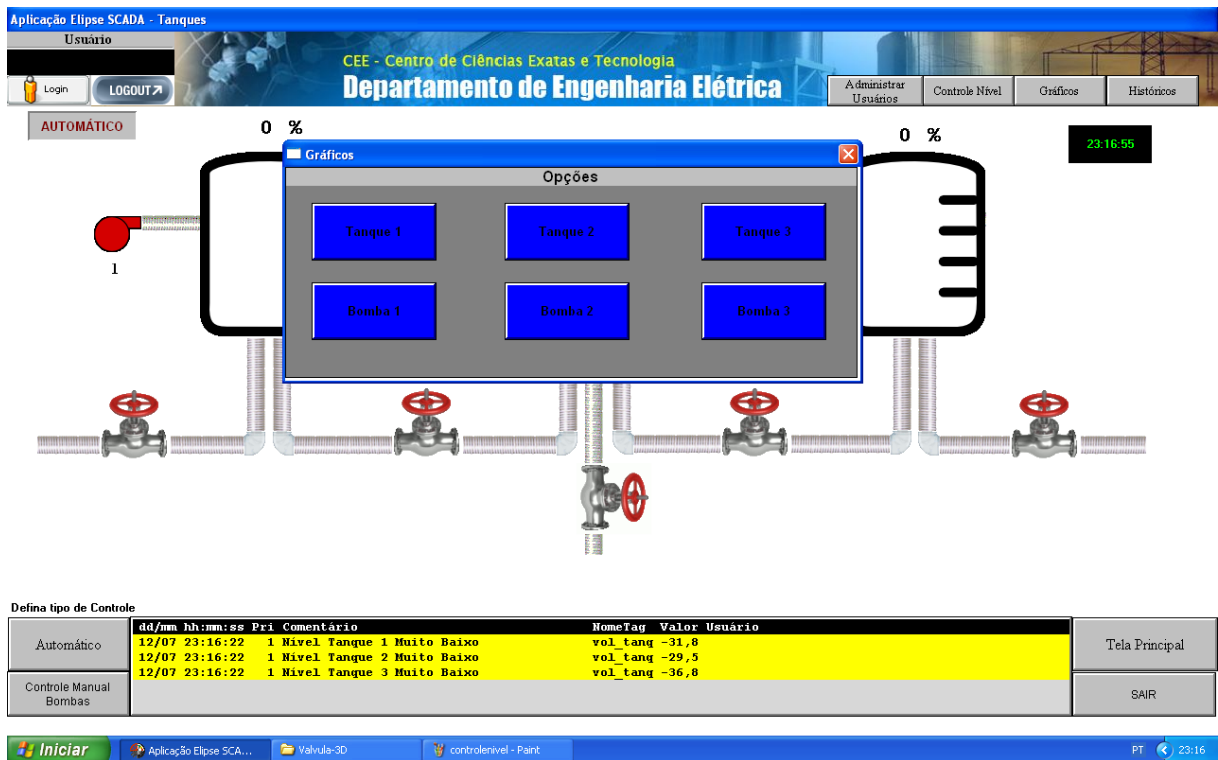


Figura 25: Tela Gráficos.

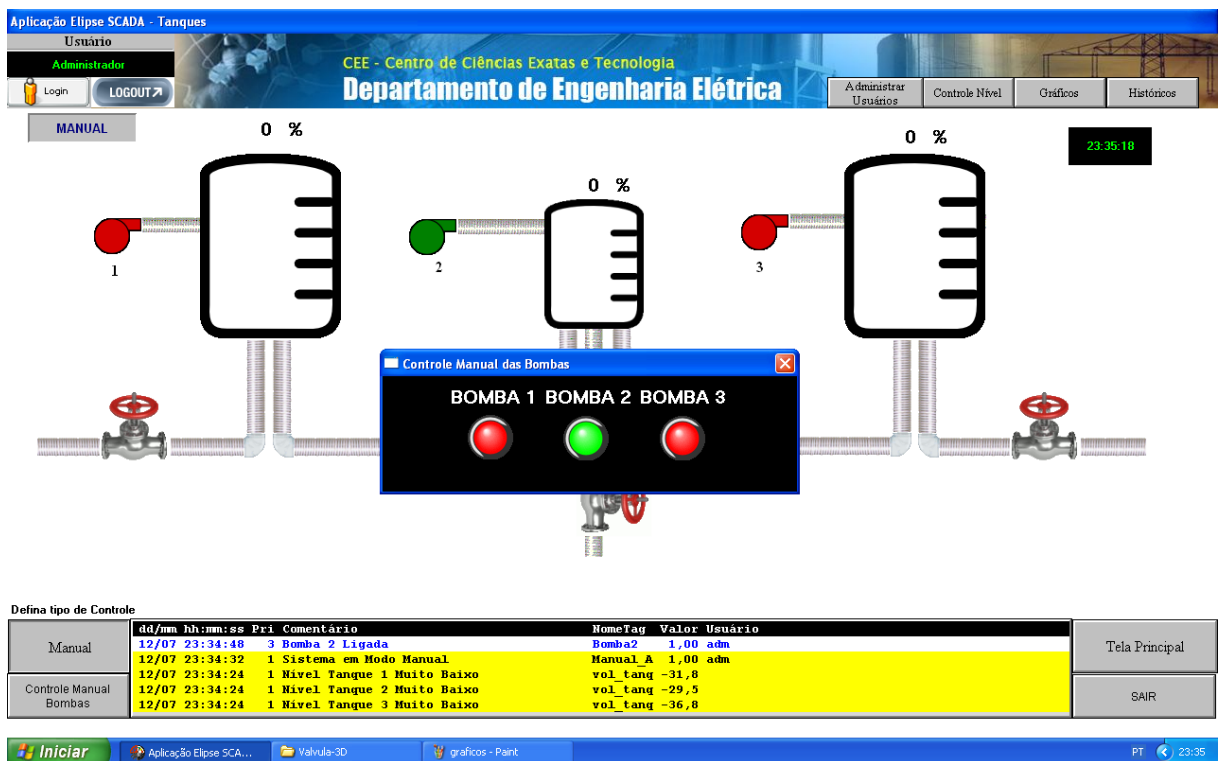


Figura 26: Tela Controle Manual de Bombas.

set points, pois nesse momento, como o sistema esta em modo manual, os controles de nível estão desligados. A Figura 26 mostra como é a tela Controle Manual de Bombas.

3.1.6 Históricos

A tela Históricos é um pop-up, que é aberta ao se clicar no botão, com mesmo nome, no menu superior. Esse botão tem acesso livre, então mesmo sem logar um usuário consegue acessá-lo. Nessa tela o operador tem a opção de acessar as telas Históricas de Alarmes, ou o Histórico de Dados. A Figura 27 mostra como é a tela Históricos.

A tela Histórico de Alarmes mostra ao operador todos os alarmes já ocorridos, desta forma ele consegue analisar por exemplo, se algum alarme é rotineiro, como mostrado na Figura 28.

3.1.7 Gráficos Tanques 1, 2 e 3 e Bombas 1, 2 e 3

As telas Tanque 1, 2 e 3 são acessadas através da Tela Gráficos (ver Figura 29). Nas telas o operador consegue observar através de dois gráficos de tendência o nível do tanque em porcentagem, e o valor do *set point*.

As telas Bomba 1, 2 e 3 são acessadas através da Tela Gráficos (ver Figura 30). Nas telas o operador pode observar através de um gráfico de tendência o estado das bombas, isto é, se ela esta ligada ou desligada. O operador poderia muito bem fazer isso observando

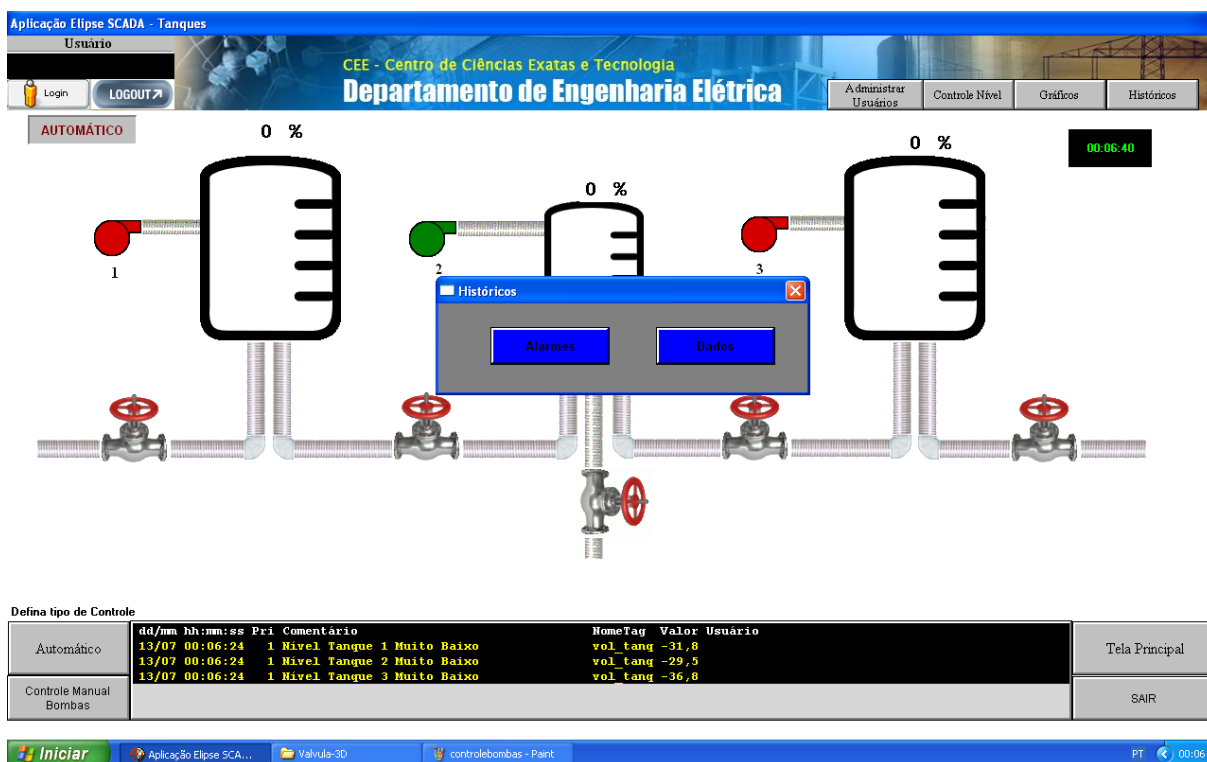


Figura 27: Tela Históricos.

a Tela Inicial, porém, através do gráfico de tendência é possível por exemplo verificar se a bomba esta ligando e desligando em um intervalo de tempo curto, isso não seria possível pela Tela Inicial.

3.2 Desenho de Telas

Como foi dito no Capítulo 1, o desenho de telas é um importante passo para a criação de um sistema supervisorio. Desta forma, é necessário criar telas que facilitem o rápido entendimento do operador para eventos que estão acontecendo na planta.

Outro ponto importante que se deve ter atenção no processo de criação da IHM é a criação de um menu, para que desta forma o operador possa navegar entre as telas rapidamente.

Neste trabalho em questão é possível citar alguns pontos importantes no desenho de telas, como por exemplo:

Tanques na Tela Inicial

Como é possível observar na Figura 21, existe na tela inicial um desenho de três tanques que representam os tanques físicos, esses desenhos são na verdade três animações,

Histórico de Alarmes

dd/mm hh:mm:ss	Pri	Comentário	NomeTag	Valor	Usuário
13/07 00:41:37	3	Bomba 3 Ligada	Bomba3	1,00	adm
13/07 00:41:35	3	Bomba 2 Ligada	Bomba2	1,00	adm
13/07 00:41:34	3	Bomba 1 Ligada	Bomba1	0,00	adm
13/07 00:41:34	3	Bomba 1 Ligada	Bomba1	1,00	adm
13/07 00:41:32	1	Sistema em Modo Manual	Manual_A	1,00	adm
13/07 00:41:16	1	Nível Tanque 1 Muito Baixo	vol_tanq	-31,8	
13/07 00:41:18	1	Nível Tanque 2 Muito Baixo	vol_tanq	-29,5	
13/07 00:41:18	1	Nível Tanque 3 Muito Baixo	vol_tanq	-36,8	

Defina tipo de Controle

	dd/mm hh:mm:ss	Pri	Comentário	NomeTag	Valor	Usuário	
Manual	13/07 00:41:37	3	Bomba 3 Ligada	Bomba3	1,00	adm	Tela Principal
	13/07 00:41:35	3	Bomba 2 Ligada	Bomba2	1,00	adm	
Controle Manual Bombas	13/07 00:41:32	1	Sistema em Modo Manual	Manual_A	1,00	adm	
	13/07 00:41:16	1	Nível Tanque 1 Muito Baixo	vol_tanq	-31,8		
	13/07 00:41:18	1	Nível Tanque 2 Muito Baixo	vol_tanq	-29,5		SAIR

Figura 28: Tela Histórico de Alarmes.

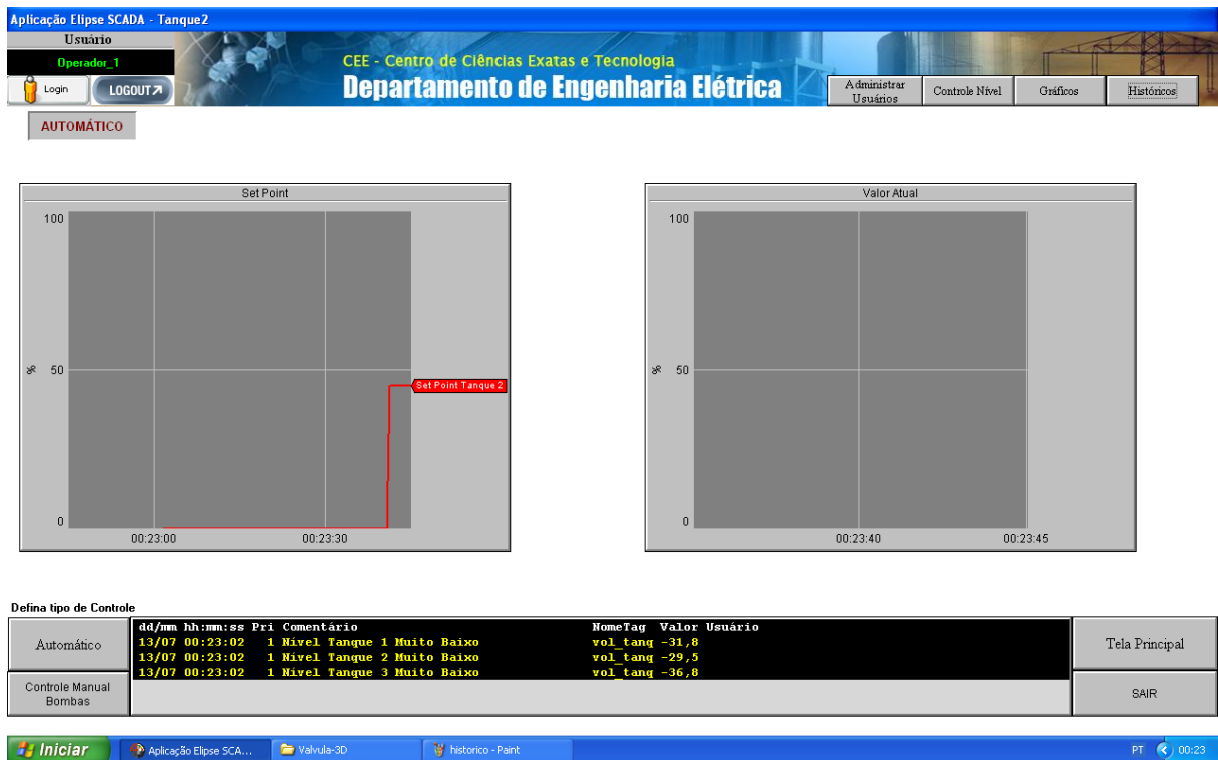


Figura 29: Tela gráfico tanques 1,2 e 3.

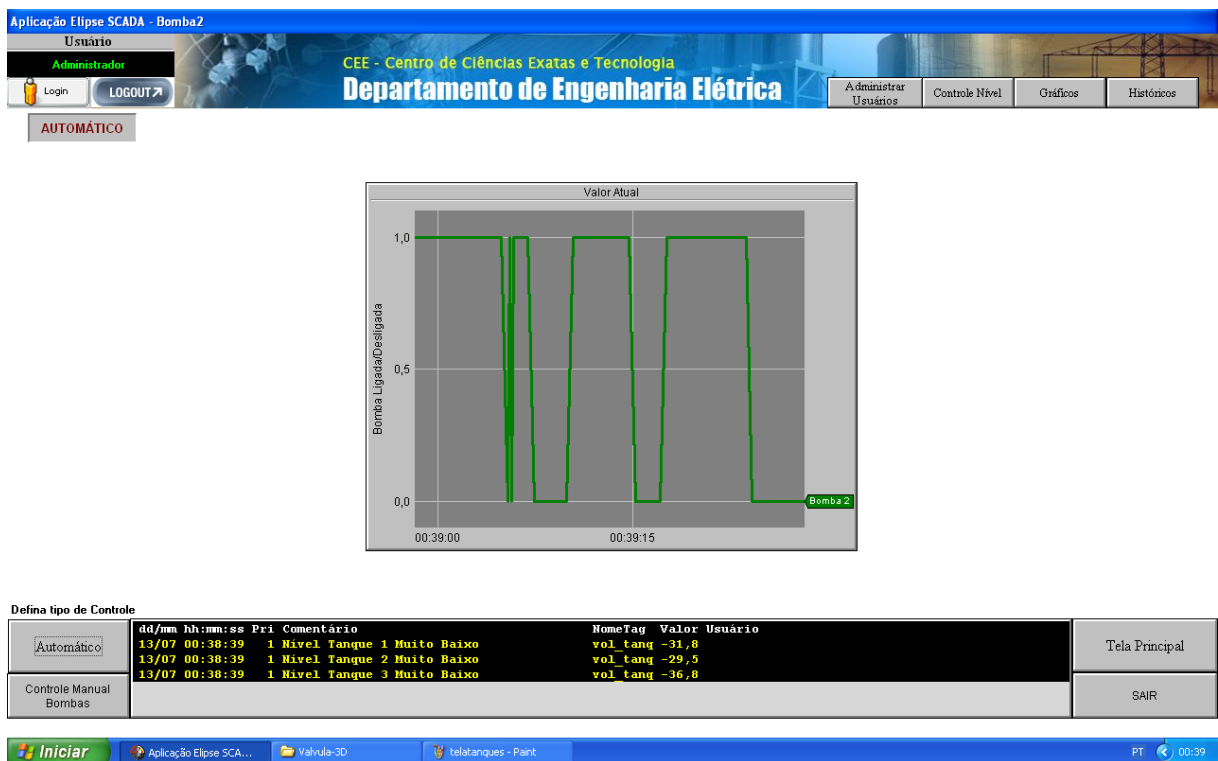


Figura 30: Tela gráfico bombas 1, 2 e 3.

e quando os tanques vão alterando seu nível o desenho vai sofrendo alterações, para que desta forma, o operador consiga rapidamente verificar aonde está o nível da água.

Além disso, foi posto acima dos tanques o nível em porcentagem dos mesmos, o que também facilita o rápido entendimento do operador para o estado atual do processo.

Estado das Bombas

Outra estratégia usada para o desenho de telas foi o de mostrar ao operador na tela inicial qual eram os estados das bombas. Para isso, montou-se outra animação, e neste caso, se a bomba estivesse ligada o desenho das mesmas ficariam verdes, e se estivessem desligadas ficariam vermelhas.

Isso facilitaria o monitoramento do sistema, pois, o operador não necessitaria de navegar para outra tela apenas para verificação das bombas. Observe na Figura 21 o local onde foram colocadas as animações das bombas.

Criação de Menus

Um ponto importante na criação de supervisórios é a criação de menus que facilitem a navegação do operador. É necessário que o menu criado esteja em todas as telas do supervisório, para que assim o operador tenha um padrão para navegar no sistema.

Nesse trabalho em questão foram criados dois menus, um superior e outro inferior. Observe nas Figuras 19 e 20 as possibilidades que o operador possui em cada menu. É importante frisar, que ambos estão presente em todas as telas do sistema.

3.3 Cálculo do Nível dos Tanques

Para se medir o nível dos tanques usou-se o sensor de pressão MPXV5004GP. Para este funcionar é preciso alimenta-lo com 5 V, e a sua saída irá variar de 1–5 V. Quanto maior a pressão sobre o sensor, maior será a tensão na sua saída. Dessa forma, instalou-se um sensor na parte inferior de cada tanque, assim, quando este ia enchendo a pressão sobre o sensor aumentava, variando dessa forma sua tensão de saída, que foi ligada a entrada analógica do CLP.

Para conseguir calcular o nível do tanque, foi preciso criar uma equação de reta que ao ter como variável de entrada a saída do sensor, desse como saída a porcentagem do nível do tanque. Desta forma, era necessário ter pelo menos dois pontos, e para isso, mediu-se primeiro a tensão na saída do sensor quando o tanque estava vazio, e depois quando o tanque estava cheio.

Fez-se as medidas, e os pontos encontrados foram: (1.15 V, 0 %) e (4.60 V, 100 %),

obtendo-se a equação de reta para o sensor dada por

$$y = 28,99x - 33,34. \quad (3.1)$$

Com a equação em mãos foi preciso apenas criar no supervisório um tag *Memory*, que no Eclipse Scada é chamado de tag expressão, e adicionado a ela a Equação 3.1. Lembrando que x seria o nível de tensão na saída do sensor.

3.4 Planejamento dos Alarmes

Primeiramente é interessante voltar ao Capítulo 2 para lembrar o que foi dito sobre alarmes. O primeiro ponto que se deve lembrar é que existem dois tipos de alarmes, os alarmes normais ou evento, e os alarmes críticos ou urgentes. O segundo ponto é que quanto maior o número da prioridade do alarme, menos importante ele é.

Nesse sistema supervisório em questão os alarmes normais criados mostram para o operador quando alguma bomba está ligada. Como isto é apenas um evento e serve apenas para monitoramento do operador, a prioridade dada para este alarme foi de três. Outro alarme criado para esse sistema, foi o do controle manual, nesse caso, quando o operador escolhe entrar no modo manual, um alarme será acionado, para que este não se esqueça que realizou a mudança de controle. Para este alarme a prioridade dada foi dois. Por fim, foram criados mais quatro tipos de alarmes para os níveis dos tanques, que serão apresentados a seguir. Quando o nível de algum tanque chega em 80 %, um alarme *High* de prioridade 2 é disparado, caso continue subindo e chegue a 90 %, um alarme *HiHi* de prioridade 1 é ativo. O mesmo acontece para níveis baixos de água, se algum tanque chegar em apenas 20 % do seu nível, um alarme do tipo *Low* com prioridade 2 é ativo, caso o nível continue caindo e chegue a 10 % um alarme do tipo *LoLo* é disparado. Na Figura 31 é possível ver como foi criado os alarmes *LoLo*, *Low*, *High* e *HiHi*. Vale comentar que os alarmes de prioridade 1 são mais relevantes que os de prioridade 3.

3.5 Controle de Nível Analógico

Como já foi visto, no tanque 1 o *set point* (SP) é definido através de um potenciômetro, para isto, o operador deverá girar manualmente o potenciômetro e ir acompanhando o valor do SP pela tela Controle de Nível no Eclipse SCADA. Já os tanques 2 e 3 terão os SPs definidos pelo supervisório, onde o operador terá dois *sliders* na tela Controle de Nível.

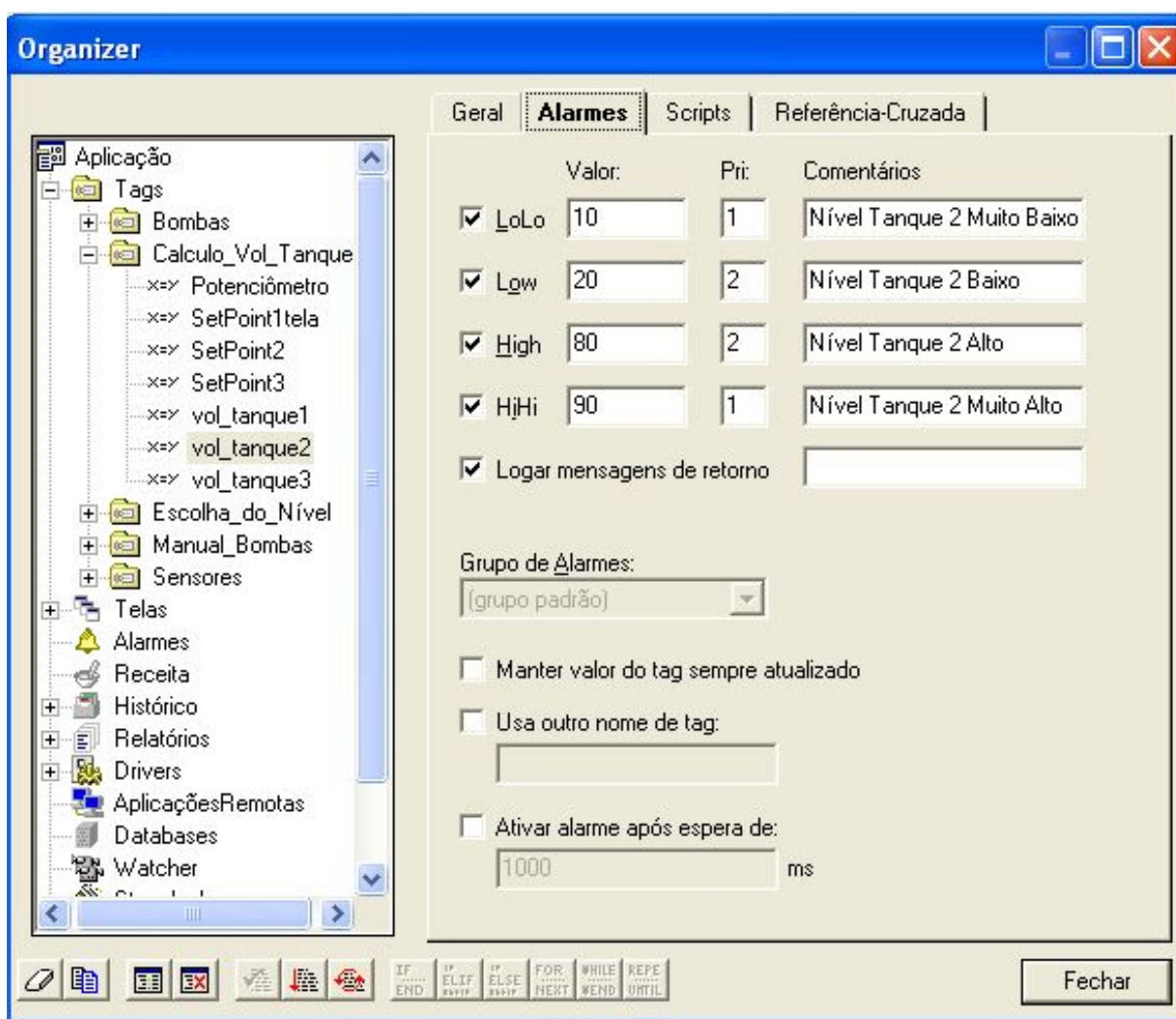


Figura 31: Criação de alarmes LoLo, Low, High e HiHi.

Com os SPs definido pelo operador as bombas começaram a funcionar até que o valor lido pelo sensor seja igual ao *set point*. Porém, quando os valores começarem a ficar muito próximos a bomba tende a desligar e ligar em um intervalo de tempo muito pequeno, o que pode causar sua queima. Neste sentido, com o intuito de se evitar esse rápido chaveamento das bombas, criou-se um controle em histerese. Em outras palavras, quando a bomba desliga ao atingir o nível estabelecido no *set point*, ela somente pode ser reativada quando o nível do tanque for 10% menor que o SP.

O controle para o tanque 1, que tem o seu set point definido pelo potenciômetro, foi realizado no CLP. O programa criado no Click02 Edit está na Figura 32. O controle conta com dois comparadores, o primeiro irá comparar o valor lido pelo sensor com o valor definido pelo potenciômetro e o segundo, o valor do sensor com o valor do potenciômetro reduzido de 10%.

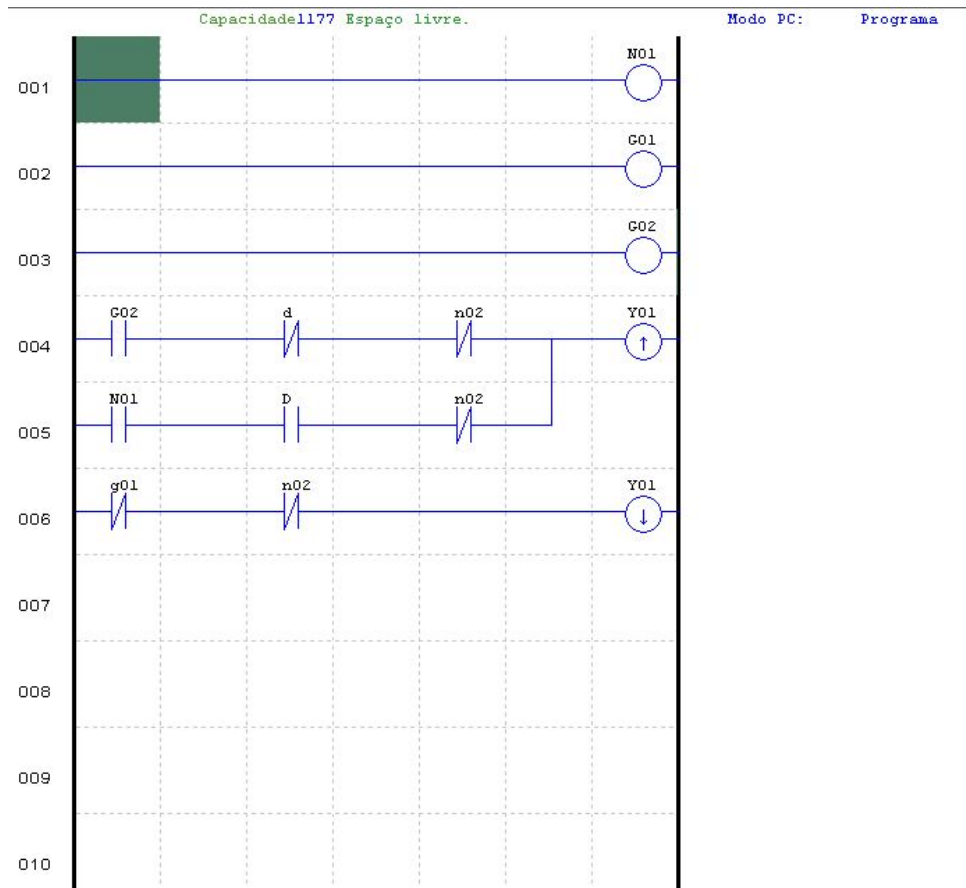


Figura 32: Controle em histerese para tanque 1.

Para os tanques 2 e 3 o controle foi feito da mesma forma, porém agora pelo supervisor, pois, para esses tanques os *set points* são definidos por lá. O controle foi realizado através de um *script* criado na *tag* que controla as bombas e ele é executado toda vez que a variável é lida. A Figura 33 ilustra o *script* feito.

Para finalizar, é importante citar que a escolha dos *set points* dos tanques 2 e 3 são feitos pelo supervisor, pois existe a limitação física do CLP utilizado que possui apenas quatro entradas analógicas. Três são usadas pelos sensores de pressão, sobra apenas uma para o potenciômetro que, no caso, está determinando o SP do tanque 1.

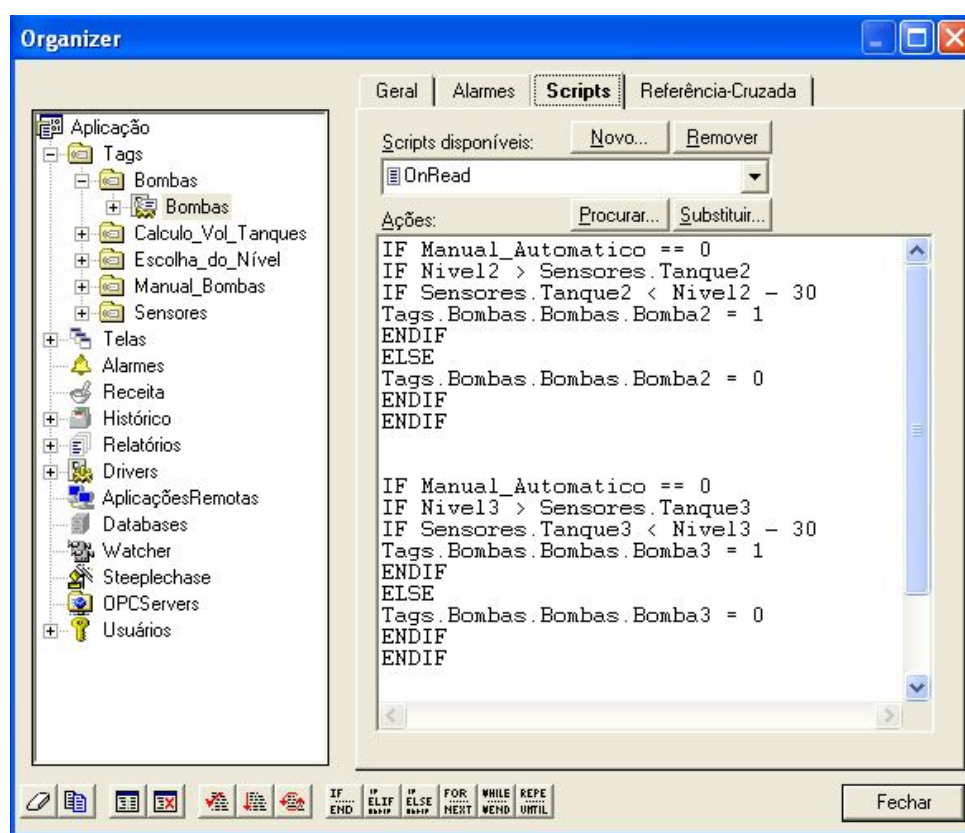


Figura 33: Criação de script para controle com histerese.

4 *Considerações Finais*

O trabalho aqui desenvolvido tinha como objetivo realizar o controle de nível de tanques conectados utilizando o CLP da WEG Clic-02 e a criação de um sistema supervisório pelo *software* Elipse Scada para este processo.

Sendo assim, foi necessário inicialmente criar o protótipo que simularia uma planta industrial de tanques conectados, para que depois fosse possível iniciar o processo de criação do supervisório e de controle do sistema.

Já com a planta conectado ao CLP e o controlador conectado ao Elipse Scada, começou-se a criação do supervisório e o planejamento de controle do processo. Com o sistema supervisório em modo de desenvolvimento, iniciou-se o projeto definindo-se as telas do sistema e o que deveria conter em cada uma, já pensando no controle e monitoramento que o operador deveria ter sobre a planta. Com as telas prontas, seguiu-se então para a segunda parte, que era a de associar as variáveis do supervisório com as do CLP. Feito isso, foi possível criar os controles necessários e levar o sistema supervisório para o modo *run time*.

Com o sistema supervisório rodando foi possível verificar que este funcionou de acordo com as especificações do problema, o que se reflete a primeira etapa do desenvolvimento de um sistema supervisório, que é o entendimento do processo.

Além disso, foi possível observar como os supervisórios são importantes para os sistemas automatizados atuais, pois possibilitam o controle e monitoramento de planta industrial de grande porte, estando o operador dentro de uma sala e usando apenas um computador.

Foram verificados alguns aspectos que podem ser melhorados em futuros trabalhos nessa área. O primeiro ponto que merece destaque são os sensores de pressão usados, eles possuem certa instabilidade que resultaram em alguns momentos problemas no supervisório, por exemplo, quando a água dos tanques esta em movimento a leitura do sensor costuma ficar instável, uma possível solução seria testar outros sensores mais estáveis. O

segundo ponto são que as válvulas usadas no sistema são manuais. Desta forma, não é possível ter o controle delas pelo supervisor, uma solução seria usar válvulas elétricas.

Por fim, outros trabalhos podem ser realizados com o intuito de aperfeiçoar o sistema, como por exemplo, a inserção de mais CLPs no controle, o que simularia os grandes sistemas automatizados, onde vários controladores em conjunto controlam uma planta industrial. Outra ideia, seria a realização da conexão do Eclipse SCADA com os outros níveis da automação, o que tornaria o trabalho mais completo.

Referências

- Brasil 2014 BRASIL, C. R. do. *Automação Industrial - Definição e História*. 2014. Disponível em <http://blog.comatreleco.com.br/automacao-industrial-historia/>. Acessado em 09/07/2014.
- Carlos 2006 CARLOS, L. *Automação Industrial II*. Centro de Educação Tecnológica do Estado da Bahia Unidade de Camaçari, 2006.
- Castrucci e Moraes 2007 CASTRUCCHI, P.; MORAES, C. C. de. *Engenharia de Automação Industrial*. 2ª. ed. São Paulo: LTC, 2007.
- Martins 2007 MARTINS, G. M. *Princípios de Automação Industrial*. Universidade Federal de Santa Maria, 2007.
- Ogata 1993 OGATA, K. *Engenharia de Controle Moderno*. 2ª. ed. São Paulo: Prentice Hall, 1993.
- Silva 2004 SILVA, A. P. G. da. *O que são sistemas supervisórios?* Rio Grande do Sul, 2004.
- Villa 2014 VILLA, D. K. D. *Comunicação modbus RTU no Clic02-WEG para criação de interfaces gráficas*. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Viçosa, 2014.
- WEG 2007 WEG. *Manual de Comunicação Modbus-RTU*. Rio Grande do Sul, 12 2007.

ANEXO A – Comunicação entre Sistema Supervisório e CLP

A Figura 34 mostra os níveis hierárquicos de um processo de automação industrial, representada pela conhecida Pirâmide de Automação. Na base da pirâmide aparece o Controlador Lógico Programável, responsável por acionar as máquinas, motores e outros processos produtivos. É nesse nível também que se encontram os sensores, as bombas, as válvulas, os contatores, etc. O principal objetivo nessa etapa é o de transferir dados entre o processo e o sistema de controle. Esses dados podem ser binários ou analógicos e a comunicação pode ser feita horizontalmente (entre os dispositivos de campo) e verticalmente, em direção ao nível superior.

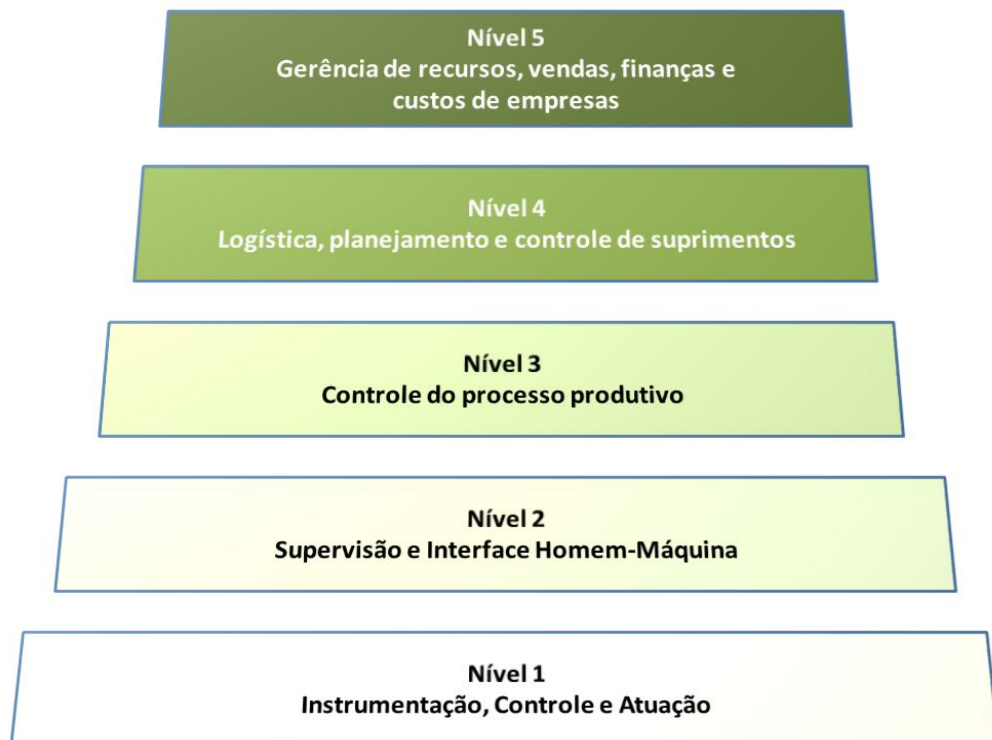


Figura 34: Pirâmide de Automação.

A comunicação pode ser vertical, comunicando então o nível 1 com o nível 2, que seria a comunicação do chão de fábrica com o sistema supervisor da planta. Os demais níveis não serão aqui abordados pois fogem ao escopo desse trabalho. Essa comunicação entre os níveis 1 e 2 pode acontecer de diversas maneiras, como, por exemplo, comunicação Modbus, Ethernet, ControlNet, entre outros. Nesse trabalho a comunicação entre o nível 1 e 2 é feita através do sistema Modbus, por isso esse tipo de conexão terá seu funcionamento detalhado.

A.1 Protocolo Modbus

O protocolo Modbus foi desenvolvido pela empresa Modicon em 1978/79 como um simples meio de troca de dados entre controladores e sensores, utilizando uma comunicação mestre/escravo ou cliente/servidor. Uma vez desenvolvido, foi largamente difundido e bem aceito pelo meio industrial. Pelo fato de tratar-se de um protocolo aberto, tornou-se um dos protocolos mais implementados em diversos produtos de diversos fabricantes para área de automação industrial (Carlos 2006). O Modbus é um protocolo que provê a troca de dados no modelo Cliente/Servidor entre equipamentos conectados em diferentes tipos de redes, como ilustra a Figura 35.

O Modbus opera à taxas de transmissão de até 19200 bps, sem paridade e 2 stops bits

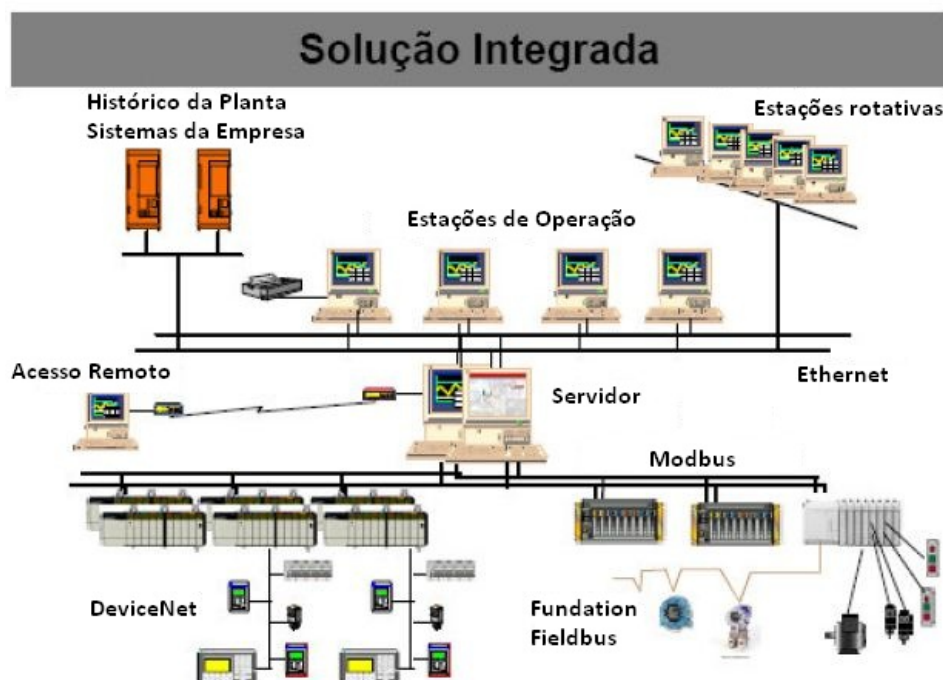


Figura 35: Protocolo Modbus. (Carlos 2006)

configuráveis, estando implementado nos modos RTU (*Remote Terminal Unit*) e ASCII, através do canal serial RS232C para comunicação ponto-a-ponto (estrela) ou RS485 no padrão multi-ponto (barramento), configurado para operar como um elemento escravo desta rede (Carlos 2006).

A interface serial RS485 é um padrão de sinal elétrico para interligação de instrumentos com um CLP ou computador. É constituído de 2 fios polarizados interligando normalmente os instrumentos a um conversor RS485/RS232 ou RS485/USB com capacidade máxima de 31 aparelhos por grupo e comprimento máximo da linha de 1000 metros.

A.1.1 Modbus RTU

No modo RTU, cada palavra transmitida possui 1 start bit, oito bits de dados, 2 stop bits, sem paridade. Desta forma, a sequência de bits para transmissão de um byte é a ilustrada na Figura 36.

Start	B0	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	Stop	Stop
-------	----	----	----	----	----	----	----	----	------	------

Figura 36: Padrão de mensagem RTU.

Os controladores que utilizam o Modbus RTU, constroem suas mensagens de forma que cada byte de 8-bits carrega dois caracteres de 4-bits em hexadecimal. Dessa forma há uma maior densidade de informação fazendo com que este modo seja capaz de transmitir mais informação que o modo ASCII utilizando o mesmo *baud rate*. A Figura 37 ilustra um frame básico de mensagem, contendo endereço do escravo, o comando a ser executado, uma quantidade variável de dados e uma verificação de consistência de dados (CRC) (Villa 2014).

ENDERECO	FUNÇÃO	DADOS	CRC
8 BITS	8 BITS	$n \times 8$ BITS	16 BITS

Figura 37: Quadro de mensagem padrão.(Villa 2014).

Uma peculiaridade do Modbus RTU é que ele é um protocolo que trabalha com RS485, possuindo apenas um canal para transmitir pergunta e resposta, havendo então a restrição

de apenas um dispositivo enviar mensagens por vez, diferentemente do padrão RS232 onde é possível obter uma comunicação full duplex (Villa 2014).

A rede Modbus-RTU opera no sistema Mestre-Escravo, onde pode haver até 247 escravos, mas somente um mestre. Toda comunicação inicia com o mestre fazendo uma solicitação a um escravo, o qual responde ao mestre o que foi solicitado. Em ambos os telegramas (pergunta e resposta), a estrutura utilizada é a mesma: Endereço, Código da Função, Dados e Checksum. Apenas o conteúdo dos dados possui tamanho variável. A Figura 38 ilustra o processo de troca de mensagens (WEG 2007).

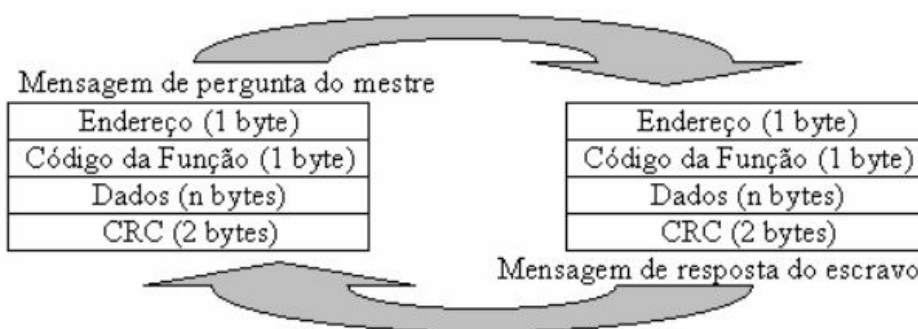


Figura 38: Padrão de mensagem RTU (WEG 2007).

A.1.2 Comunicação Clic-02 e Computador

O dispositivo CLP CLIC-02 se comunica com outros dispositivos e programas usando o protocolo ModBus, sendo mais específico ele utiliza o modo RTU com a interface serial RS485. A figura 39 ilustra a ligação.

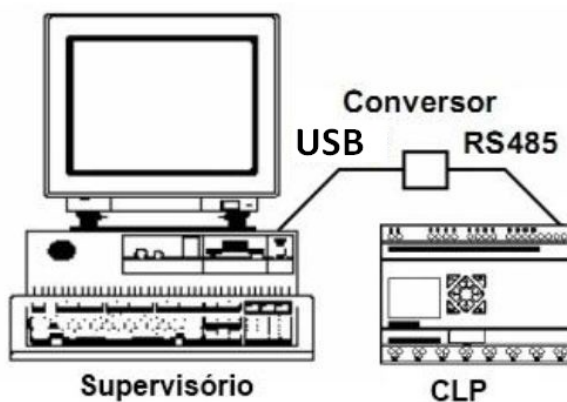


Figura 39: Ligação computador e CLP.

Para fazer esta conexão é necessário configurar o computador e o controlador, isso se deve ao fato de que ambos devem estar em sincronismo, ou seja, ambos devem estar

utilizando a mesma taxa de velocidade, o mesmo número de bits de paridade e o mesmo número de bits de parada.

O CLIC-02 20VT-D, que foi o utilizado neste trabalho, só se comunica por Modbus RTU se especificamente configurado com os parâmetros predeterminados em seu manual. Para se realizar esta configuração deve-se utilizar o *software* CLIC02 Edit ou diretamente na interface do CLP. Quando a configuração é feita através do *software* basta acessar a aba **Operação/Configurações do Sistema** na barra menu e configurar os parâmetros conforme a Figura 40.

Para configurar o computador deve-se inicialmente acessar o **Gerenciador de Dispositivos**, depois deve-se procurar o cabo de conexão entre o computador e o CLP, que geralmente fica na aba **Outros Dispositivos**. Ao acessar o dispositivo você deve ir na aba **Detalhes** e configurar como mostra a Figura 41.

Após tais etapas, a comunicação entre CLP e computador já está realizada, o próximo passo será configurar o Elipse SCADA, para realizar a comunicação entre o controlador e o supervisor.

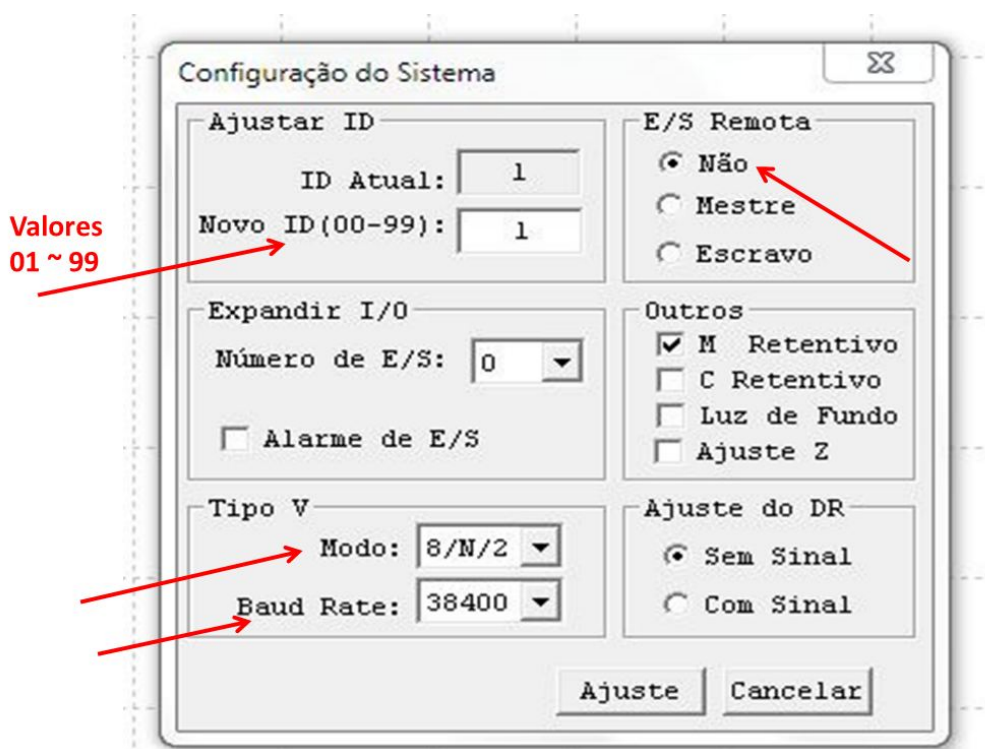


Figura 40: Configurando CLP.

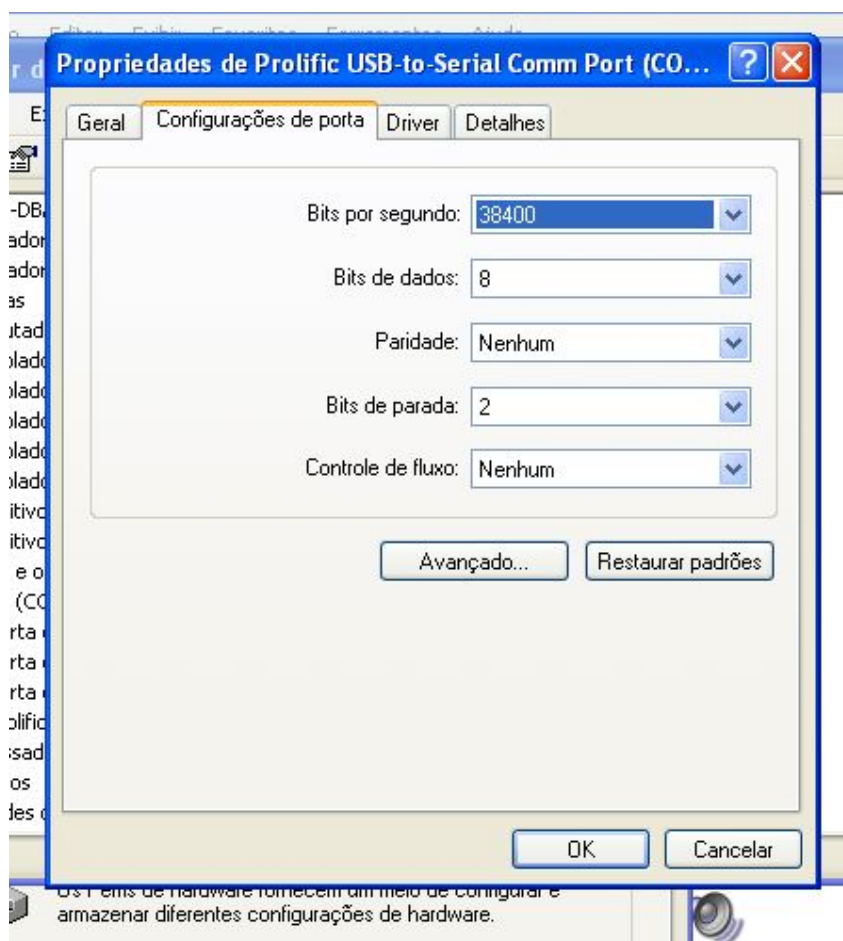


Figura 41: Configurando conexão com computador.

A.2 Configuração do Sistema para Comunicação Elipse SCADA e CLIC-02

Pelo fato do protocolo ModBus estar bem difundido no mercado, a maioria dos fabricantes de sistemas supervisórios e IHMs disponibilizam *device drives* que agilizam a integração de equipamentos que se comunica através de ModBus em uma rede industrial. Com o *software* Elipse SCADA não é diferente, no site oficial do programa o usuário consegue fazer o download do driver de comunicação modbus. Para realizar o download, acesse a página http://www.elipse.com.br/port/download_drivers.aspx e procure por **Driver Modicon Modbus Master (ASC/RTU/TCP)**. Após o término do download coloque o driver baixado na pasta C:\Arquivosdeprogramas\ElipseSCADA\Drivers. Após isso, faz-se a configuração do Elipse, seguindo a sequência:

1º Passo: Acessar o componente Organizer, onde se encontram os drives, tags, etc.

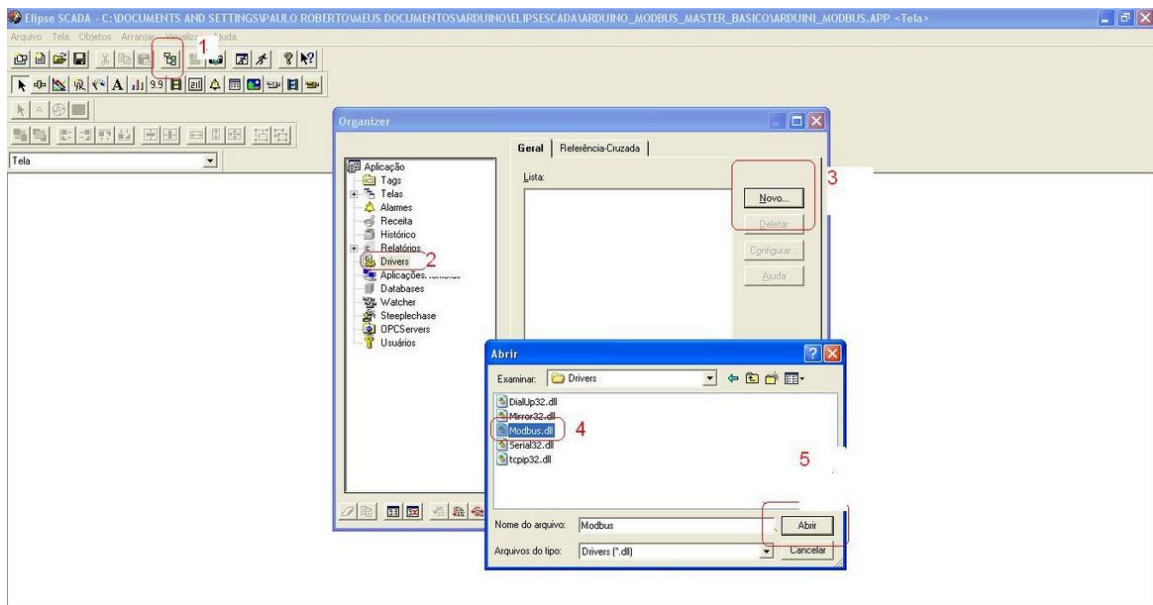
2º Passo: Dentro da caixa de diálogo do Organizer, clique em drive.

3º Passo: Clique em novo, para adicionar um novo drive.

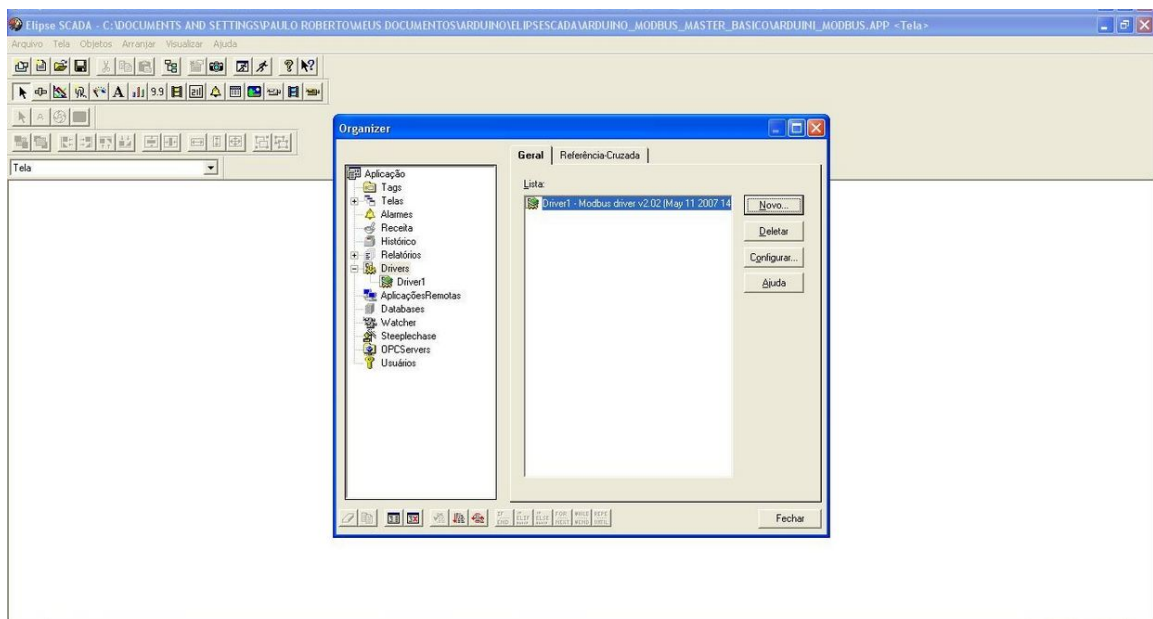
4º Passo: Após abrir uma nova caixa de diálogo, será necessário localizar o drive. A localização do driver é `C:\Arquivosdeprogramas\ElipseSCADA\Drivers`.

5º Passo: Abir o driver.

A Figura 42(a) ilustra os 5 passos mostrados e a Figura 42(b) ilustra a pasta Organizer após o Drive ser adicionado.



(a)



(b)

Figura 42: Ilustração de como adicionar e verificar instalação de novo driver.

Agora será necessário configurar o driver, para isto, deve-se seguir a sequência:

1º Passo:Selecione o drive e clique em Configurar.

2º Passo:Em propriedades do drive clique em Avançado.

3º Passo:Marque a opção “inicia drive” quando carregar a aplicação e clique em OK.

Caso não realize este procedimento o drive não carrega quando a aplicação rodar.

A Figura 43 ilustra os 3 passos mostrados acima.

Deve-se nesse momento partir para a segunda parte da configuração do driver clicando em Extras. Logo ao abrir a nova janela, várias funções adicionada na ModBus *Operations* estarão disponíveis, como pode ser visto na Figura 44. Observe que cada função utilizada possui portas de leitura e escrita diferentes e o tipo de variável também muda.

Continuando a configuração deve-se clicar na aba *Setup* e mudar o tempo de *Time Out* para 125 ms, conforme ilustrado na Figura 45.

Por fim, é necessário configurar a porta serial do drive. Porém para que isso seja feito, deve-se primeiramente verificar em qual porta do computador o cabo de conexão RS485-USB esta conectado. Para isto entre no gerenciador de dispositivos do computador e verifique em qual porta o cabo foi conectado. A Figura 46 ilustra essa etapa, nesse caso

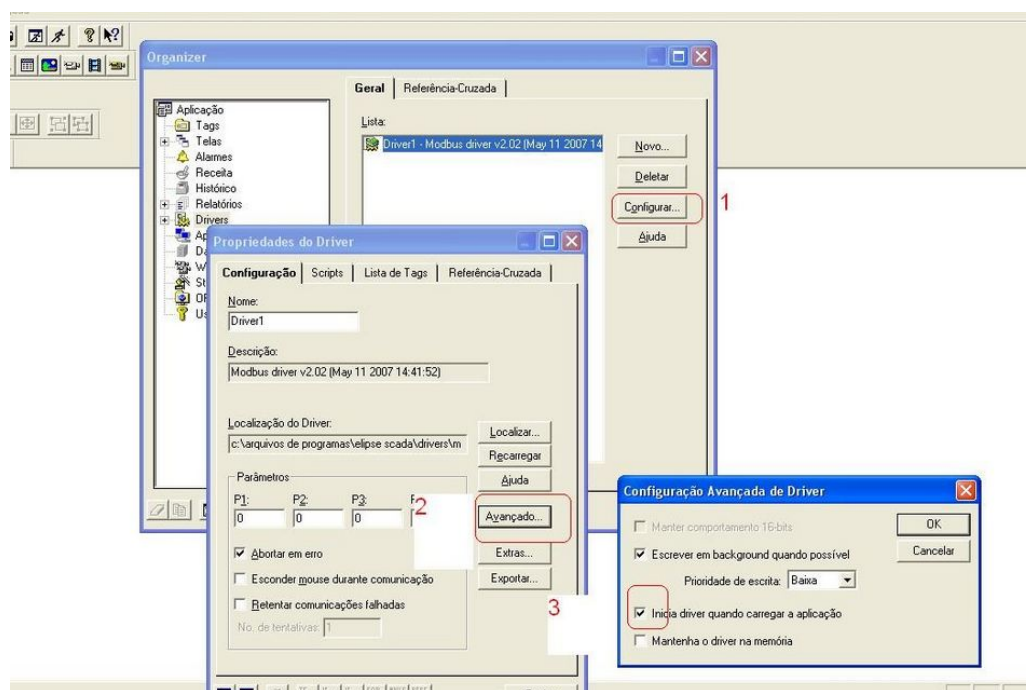


Figura 43: Configurando driver parte 1.

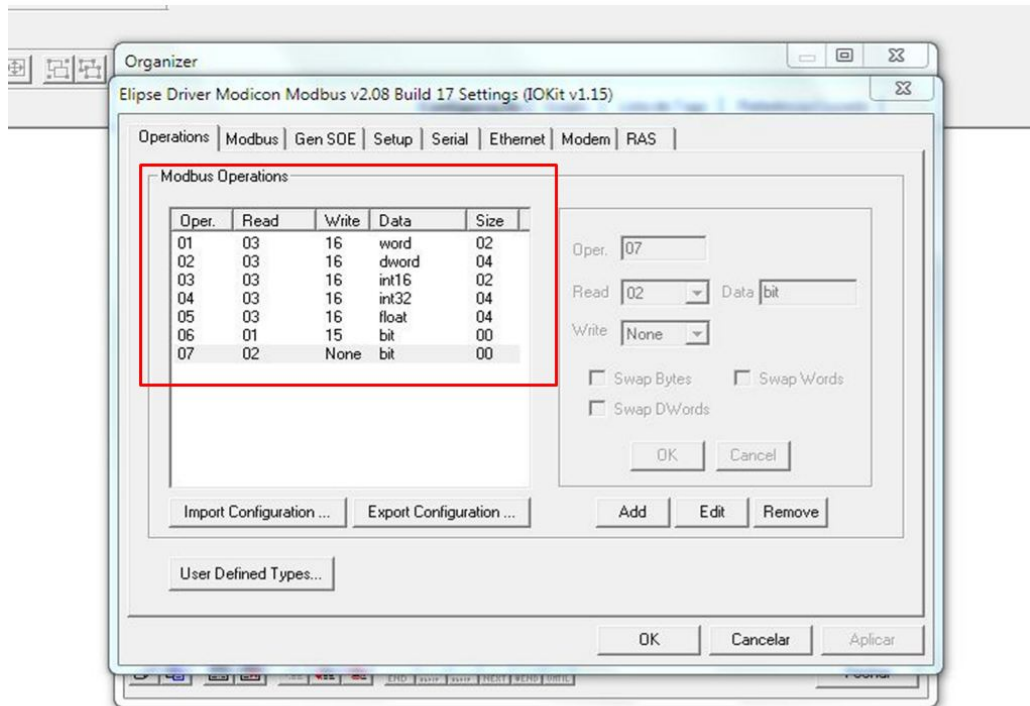


Figura 44: Modbus Operations.

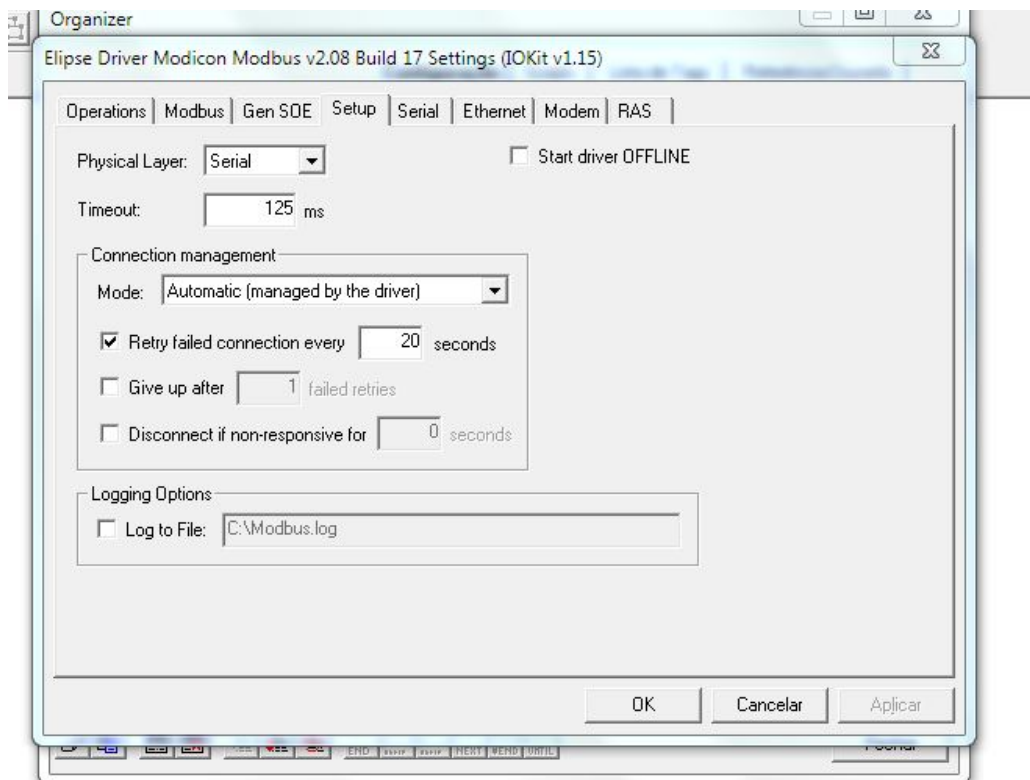


Figura 45: Mudando o *time out*.

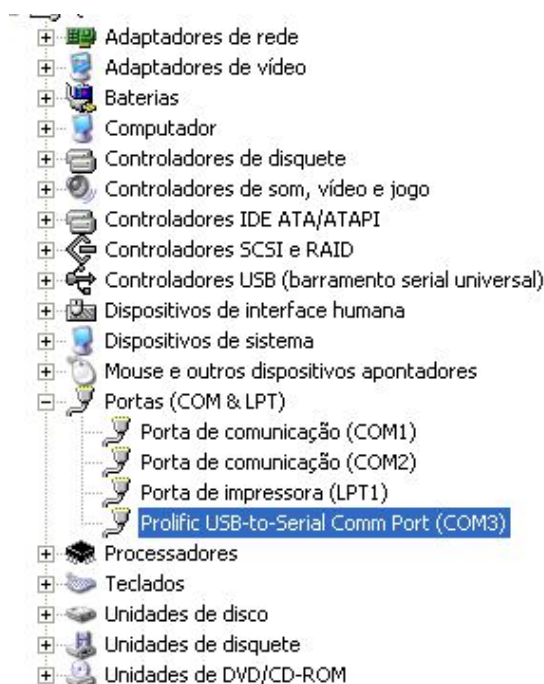


Figura 46: Verificando porta de conexão.

o cabo foi conectado na porta 3. Depois de verificar em qual porta foi feita a conexão, deve-se retornar ao Elipse, entrar na aba Serial e efetuar a configuração como mostrado na Figura 47. Lembrando que a *Port* irá variar de acordo com a entrada utilizada no computador.

A.3 Inserção de Tags CLP e Associação com o Driver

Após a instalação e configuração do drive é necessário agora criar tags do tipo *device* para desta forma finalizar a conexão Supervisório - CLP. Para isto primeiramente retorne no Capítulo 1 para relembrar como são criadas os tags *device*, chamados no Elipse SCADA de tag PLC. Após a criação do tag, deve-se clicar sobre a variável criada como mostrar a Figura 48.

Observe na Figura 48 o nome do drive instalado e configurado anteriormente, caso não esteja aparecendo, basta selecioná-lo. Nessa tela também é possível observar 5 campos para configuração: N1, N2, N3, N4 e Scan. Abaixo será detalhado o que é cada campo e como deve ser configurado.

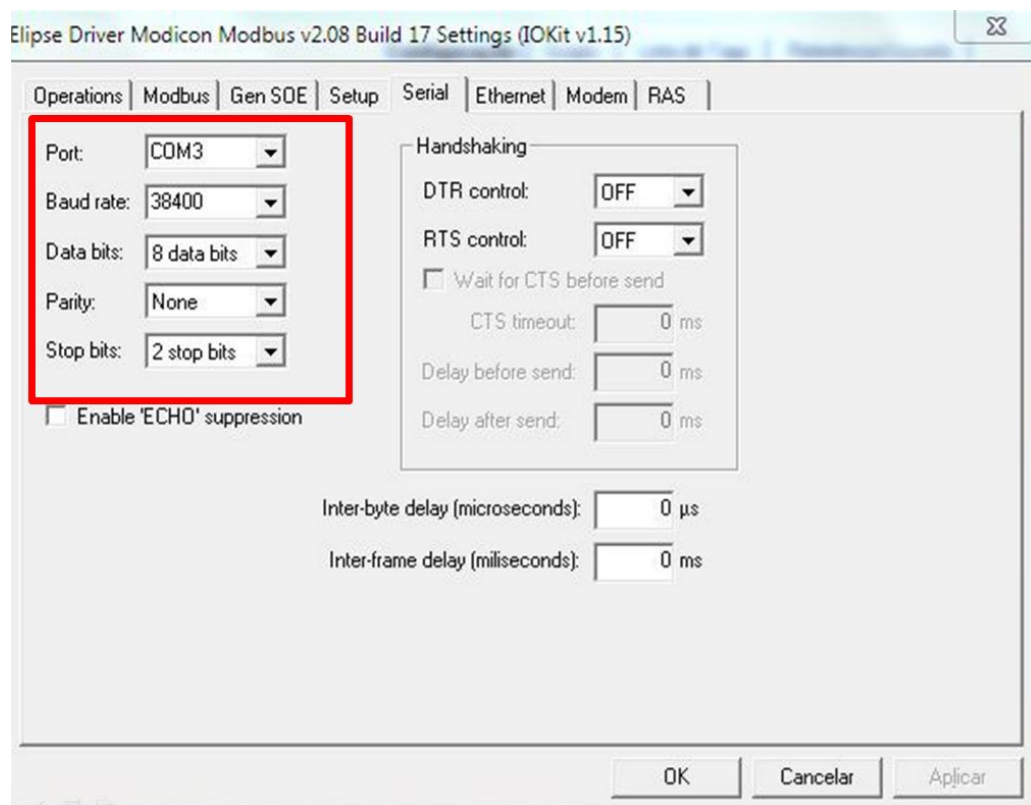


Figura 47: Configurando porta serial.

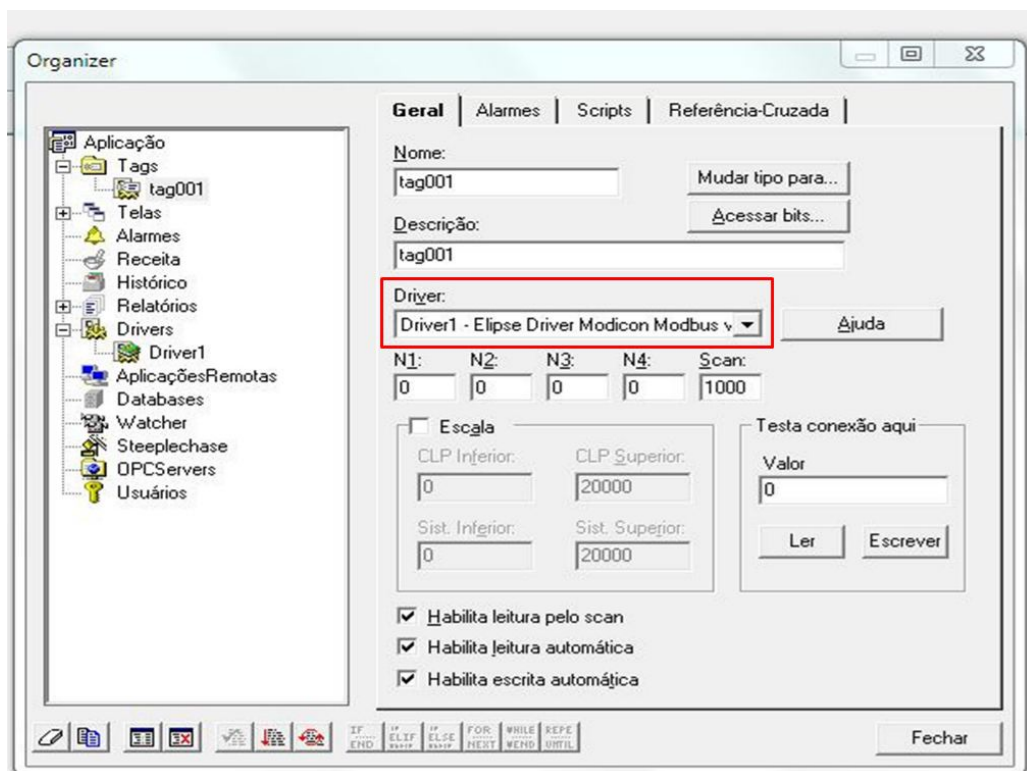


Figura 48: Criando tag PLC no Elipse Scada.

OPERAÇÃO	FUNÇÃO DE LEITURA	FUNÇÃO DE ESCRITA	TIPO DE DADO	FINALIDADE
1	3 - Read Holding Registers	16 - Write Multiple Registers	word	Para ler e escrever inteiros de 16 bits sem sinal.
2	3 - Read Holding Registers	16 - Write Multiple Registers	dword	Para ler e escrever inteiros de 32 bits sem sinal.
3	3 - Read Holding Registers	16 - Write Multiple Registers	int16	Para ler e escrever inteiros de 16 bits com sinal.
4	3 - Read Holding Registers	16 - Write Multiple Registers	int32	Para ler e escrever inteiros de 32 bits com sinal.
5	3 - Read Holding Registers	16 - Write Multiple Registers	float	Para ler valores com ponto flutuante de 32 bits.
6	3 - Read Holding Registers	15 - Write Multiple Coils	bit	Para ler e escrever bits.
7	2 - Read Discrete Inputs	None	bit	Para ler bits do bloco de dados de Entradas Discretas (<i>Discrete Inputs</i>).

Figura 49: Detalhamento das Funções Modbus.

N1: Este é o endereço do escravo. No CLIC-02 esse endereço varia de 0 - 127, sendo o 0 usado para enviar dados para todos os dispositivos. Nos casos gerais, quando tem-se apenas um CLP conectado a rede, deve-se usar $N1 = 1$.

N2: Função do drive. Este é o número da função do drive que você deseja usar, as funções são as da Figura 44 que estão exemplificadas na Figura 49. Normalmente, usa-se $N2 = 3$.

N3: Não usado. Pode ser deixado em zero.

N4: Endereço do registro Modbus ou bit. No caso do CLP CLIC-02 deve ser usado o valor decimal da tabela que se encontra na Figura 50 somando-se 1 ao seu último dígito. Por exemplo, se o valor decimal desejado pela tabela for 1555, N4 será 1556.

Scan: É o tempo que o drive leva para atualizar os seus dados, esta setado para 1 segundo.

Caso tenha seguido todos os passos, ao pressionar o botão Ler a resposta da leitura será OK, como mostrado na Figura 51. Se isso ocorrer a conexão foi realizada com sucesso, caso a mensagem seja de erro, refaça novamente todos os passos.

A.4 Exemplo para Ligar e Desligar um Motor

Agora para finalizar a parte de comunicação entre sistema supervisório e CLP será resolvido um exemplo simples. O exemplo contará com duas botoeiras, uma que ligará o motor e outra que desligará. Serão usadas as variáveis do CLP I01 para ser o botão de liga e I02 para o de desliga, e o motor será a saída Q01.

O primeiro passo a ser realizado é a criação da tag *device* no Eclipse SCADA, como serão necessários os grupos I e Q, haverá necessidade da criação de duas tags PLC. A

Endereço Modbus		Função Modbus	Conteúdo das Words															
Decimal	Hexadecimal		F	E	D	C	B	A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
1536	0600	03H	R10	R0F	R0E	R0D	R0C	R0B	R0A	R09	R08	R07	R06	R05	R04	R03	R02	R01
1537	0601		R1F	R1E	R1D	R1C	R1B	R1A	R19	R18	R17	R16	R15	R14	R13	R12	R11	
1538	0602		G10	G0F	G0E	G0D	G0C	G0B	G0A	G09	G08	G07	G06	G05	G04	G03	G02	G01
1539	0603		G1F	G1E	G1D	G1C	G1B	G1A	G19	G18	G17	G16	G15	G14	G13	G12	G11	
1540	0604		T10	T0F	T0E	T0D	T0C	T0B	T0A	T09	T08	T07	T06	T05	T04	T03	T02	T01
1541	0605		T1F	T1E	T1D	T1C	T1B	T1A	T19	T18	T17	T16	T15	T14	T13	T12	T11	
1542	0606		C10	C0F	C0E	C0D	C0C	C0B	C0A	C09	C08	C07	C06	C05	C04	C03	C02	C01
1543	0607		C1F	C1E	C1D	C1C	C1B	C1A	C19	C18	C17	C16	C15	C14	C13	C12	C11	
1544	0608		M10	M0F	M0E	M0D	M0C	M0B	M0A	M09	M08	M07	M06	M05	M04	M03	M02	M01
1545	0609		M20	M1F	M1E	M1D	M1C	M1B	M1A	M19	M18	M17	M16	M15	M14	M13	M12	M11
1546	060A		M30	M2F	M2E	M2D	M2C	M2B	M2A	M29	M28	M27	M26	M25	M24	M23	M22	M21
1547	060B		M3F	M3E	M3D	M3C	M3B	M3A	M39	M38	M37	M36	M35	M34	M33	M32	M31	
1548	060C		N10	N0F	N0E	N0D	N0C	N0B	N0A	N09	N08	N07	N06	N05	N04	N03	N02	N01
1549	060D		N20	N1F	N1E	N1D	N1C	N1B	N1A	N19	N18	N17	N16	N15	N14	N13	N12	N11
1550	060E		N30	N2F	N2E	N2D	N2C	N2B	N2A	N29	N28	N27	N26	N25	N24	N23	N22	N21
1551	060F		10H	-	N3F	N3E	N3D	N3C	N3B	N3A	N39	N38	N37	N36	N35	N34	N33	N32
1552	0610	-	-	-	-	I0C	I0B	I0A	I09	I08	I07	I06	I05	I04	I03	I02	I01	
1553	0611	-	-	-	-	X0C	X0B	X0A	X09	X08	X07	X06	X05	X04	X03	X02	X01	
1554	0612	-	-	-	-	Y0C	Y0B	Y0A	Y09	Y08	Y07	Y06	Y05	Y04	Y03	Y02	Y01	
1555	0613	-	-	-	-	-	-	-	-	Q08	Q07	Q06	Q05	Q04	Q03	Q02	Q01	
1556	0614	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Z04	Z03	Z02	Z01	
1557	0615	H10	H0F	H0E	H0D	H0C	H0B	H0A	H09	H08	H07	H06	H05	H04	H03	H02	H01	
1558	0616	-	H1F	H1E	H1D	H1C	H1B	H1A	H19	H18	H17	H16	H15	H14	H13	H12	H11	
1559	0617	-	-	-	-	-	-	-	-	L08	L07	L06	L05	L04	L03	L02	L01	
1560	0618	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	S01	P02	P01		
1561	0619	W10	W0F	W0E	W0D	W0C	W0B	W0A	W09	W08	W07	W06	W05	W04	W03	W02	W01	
1562	061A	W20	W1F	W1E	W1D	W1C	W1B	W1A	W19	W18	W17	W16	W15	W14	W13	W12	W11	
1563	061B	W30	W2F	W2E	W2D	W2C	W2B	W2A	W29	W28	W27	W26	W25	W24	W23	W22	W21	
1564	061C	W40	W3F	W3E	W3D	W3C	W3B	W3A	W39	W38	W37	W36	W35	W34	W33	W32	W31	

Figura 50: Tabela com Endereços do registro Modbus no CLIC-02.

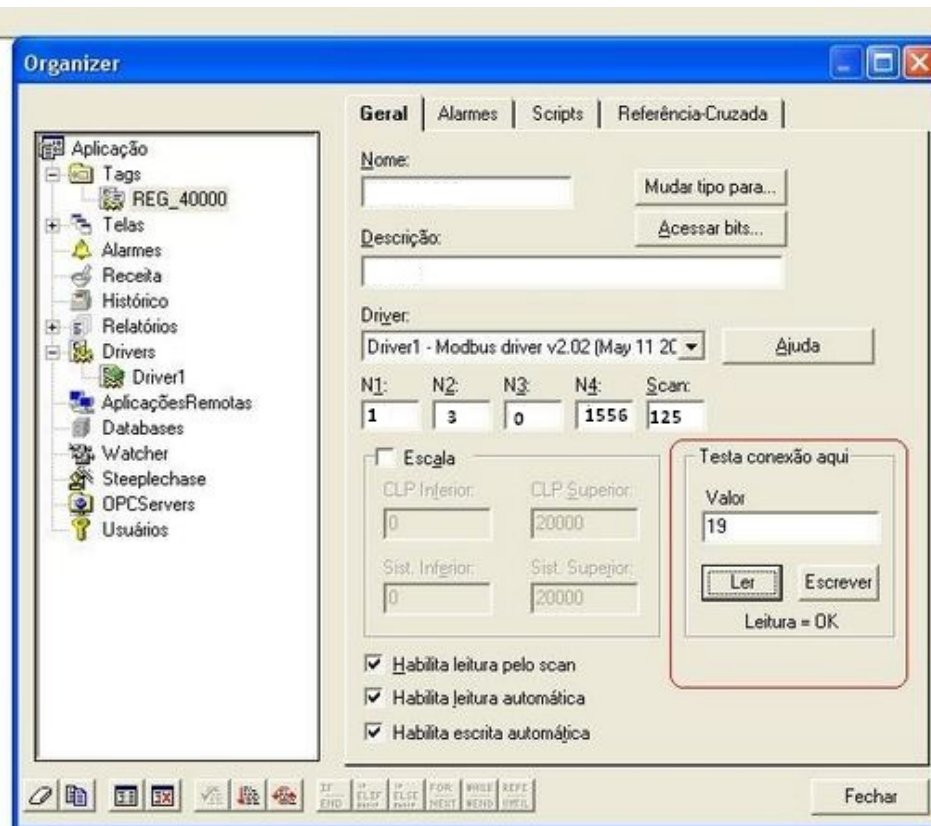


Figura 51: Testando conexão.

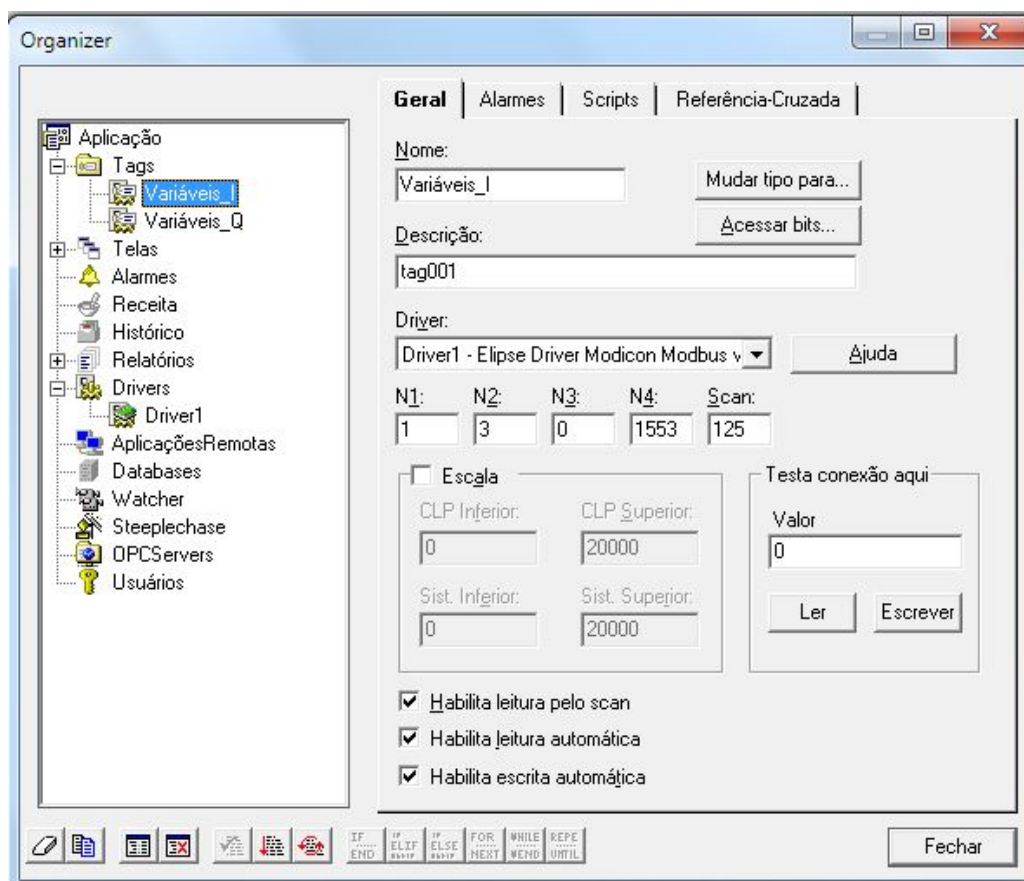


Figura 52: Configuração para tags do grupo I.

tela do grupo I deverá ser configurada de acordo com a Figura 52 e a Q de acordo com a Figura 53.

Porém, é possível notar pela Figura 50 que o decimal 1552 representa de I01 - I0C e o decimal 1555 representa de Q01 - Q08, então, para conseguir acessar apenas as variáveis desejadas, será necessário acessar os bits de cada decimal.

O acesso aos bits é feito de forma bem simplória, basta clicar no botão Acessar bits. A Figura 54 ilustra onde se localiza o botão e também a tela que é exibida quando este é pressionado.

Agora, novamente pela Figura 50 verifica-se qual bit representa cada variável. Para o exemplo em questão temos:

- I01 → bit 0 do decimal 1552
- I02 → bit 1 do decimal 1552
- Q01 → bit 0 do decima 1555

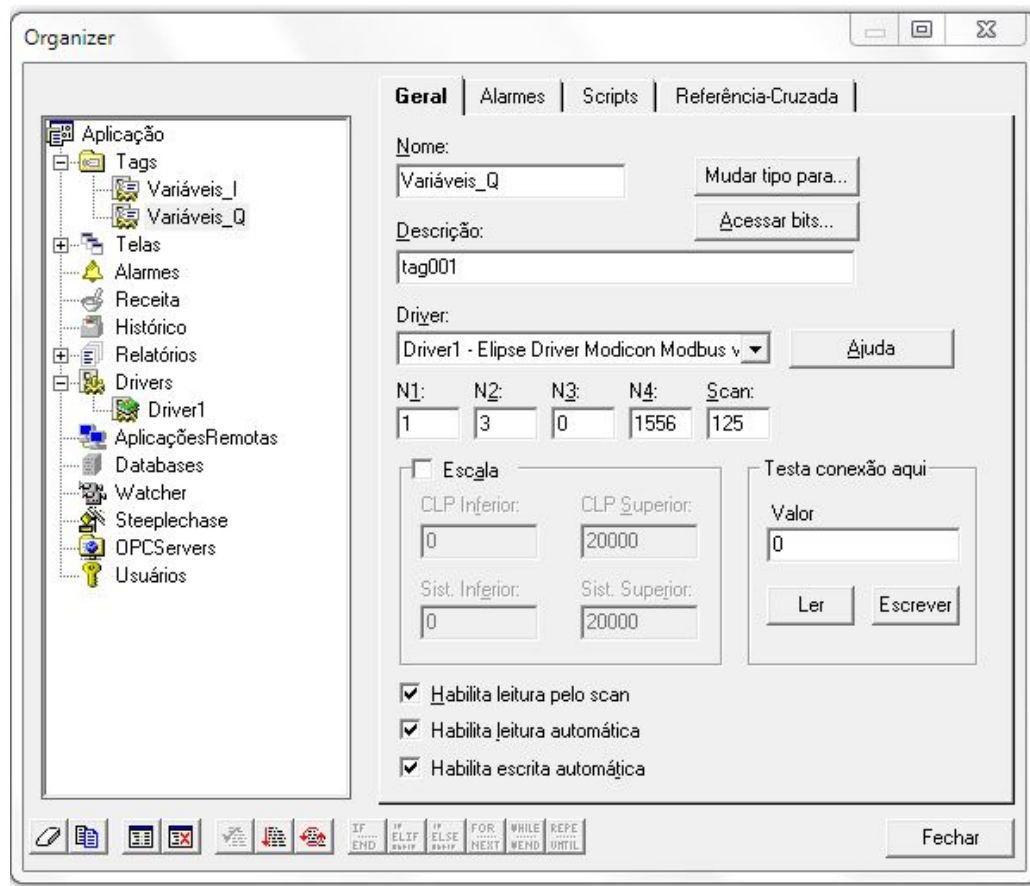


Figura 53: Configuração para tags do grupo Q.

Para escolher o bit desejado, basta selecioná-lo e depois clicar em ok. Após selecionar todos os bits desejados, é preciso que a tela Organizer fique igual a tela ilustrada na Figura 55.

Para melhorar a identificação das variáveis pode ser feito a renomeação das novas tags criadas. Agora para finalizar, basta associar as tags criadas aos botões e criar o programa no Clic 02 Edit.

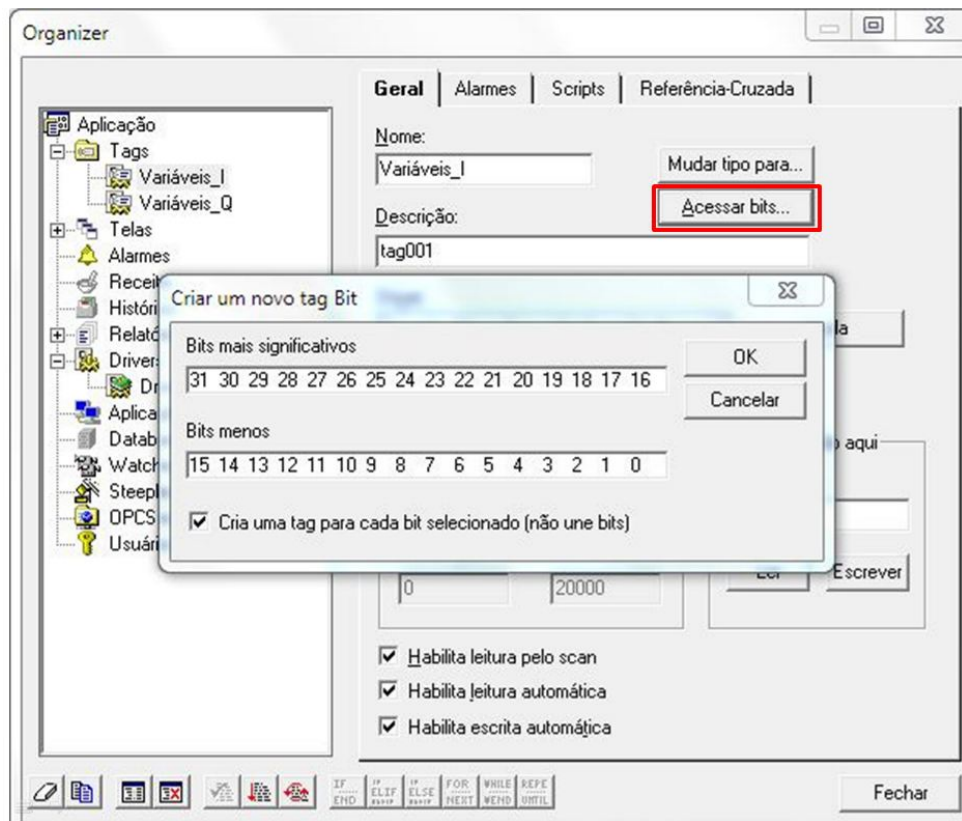


Figura 54: Acessando bits.

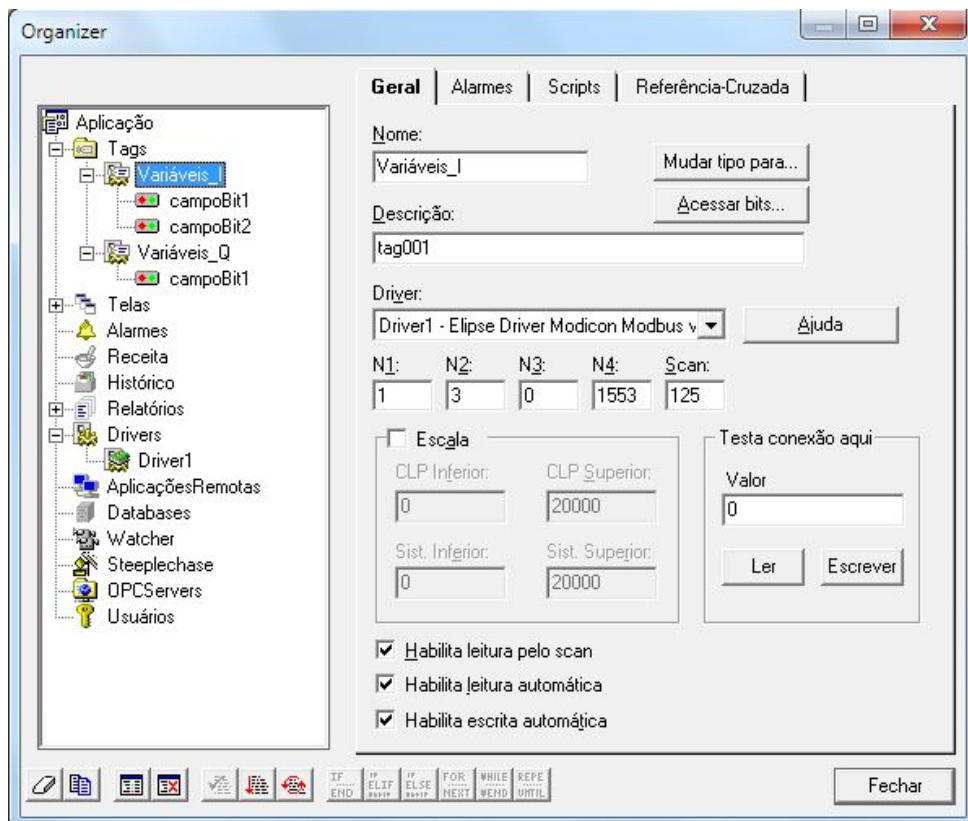


Figura 55: Campos bit adicionadas.