

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DIRETORIA DE GRADUAÇÃO E EDUCAÇÃO PROFISSIONAL  
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL**

**EMERSON BARBOSA DE FARIA**

**DESENVOLVIMENTO DE UMA PLANTA PARA CALIBRAÇÃO E  
AJUSTES DE MEDIDORES DE VAZÃO MAGNÉTICOS.**

**CORNÉLIO PROCOPIO  
2015**

**EMERSON BARBOSA DE FARIA**

**DESENVOLVIMENTO DE UMA PLANTA PARA CALIBRAÇÃO E  
AJUSTES DE MEDIDORES DE VAZÃO MAGNÉTICOS.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Tecnólogo em Automação Industrial, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Me. Clovis Ronaldo da Costa Bento

**CORNÉLIO PORCÓPIO  
2015**

**EMERSON BARBOSA DE FARIA**

**DESENVOLVIMENTO DE UMA PLANTA PARA CALIBRAÇÃO  
E AJUSTES DE MEDIDORES DE VAZÃO MAGNÉTICOS.**

Trabalho de conclusão de curso apresentado às 17:30hs do dia 11 de junho de 2015 como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo em Automação Industrial da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Prof. Me. Clóvis Ronaldo da Costa Bento  
Professor Orientador  
UTFPR/ Campus Cornélio Procópio

---

Prof. Dr. Luiz Marcelo Chiesse da Silva  
Professor Convidado  
UTFPR/ Campus Cornélio Procópio

---

Prof. Dr. Rodrigo Rodrigues Sumar  
Professor Convidado  
UTFPR/ Campus Cornélio Procópio

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da sabedoria, em poder conduzir com aptidão essa batalha incessante em busca de conhecimentos.

Aos professores e amigos de classe que uniram esforços para que o aprendizado fosse o mais proveitoso possível.

Ao professor Clóvis, por dividir seus conhecimentos nas orientações dadas para a conclusão desse trabalho.

A minha irmã Angelita que insistiu incansavelmente para que pudesse ingressar e concluir a educação de nível superior, e a todos que direta ou indiretamente contribuíram na execução desse trabalho.

Por fim, mas não de menor importância, a minha esposa Lucinéia e os meus filhos Vitor e Kauê, que entenderam minha ausência e incentivaram para minha capacitação.

## RESUMO

FARIA, Emerson B. Desenvolvimento de uma planta de vazão para calibração e ajustes de medidores de vazão magnéticos. 2015. 73 f. Trabalho de conclusão de curso - Graduação de tecnologia em automação industrial, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Cornélio Procópio, 2015.

Na maioria dos processos industriais, são de grande importância a medição e controle dos fluidos em geral, onde o instrumento aferido periodicamente contribui positivamente para a qualidade dos processos industriais; que por sua vez, um equipamento fora das especificações do fabricante pode interferir diretamente na qualidade do produto final.

Tendo em vista a fundamental importância desses instrumentos, que o desempenho do sistema como um todo depende diretamente na exatidão de cada componente, e ainda o custo de calibração externa, esse trabalho tem por objetivo o desenvolvimento de uma planta dentro da própria empresa, para calibração e ajustes de medidores de vazão magnéticos instalados no parque industrial, reduzindo de forma considerável os custos com serviços terceirizados e acompanhando melhor o desenvolvimento e a vida útil desses instrumentos.

A tecnologia é uma grande aliada para a efetiva implantação da gestão de processos. Sendo assim, a tecnologia da automação procura definir e otimizar os mais diversos processos, e executá-los sobre uma arquitetura de sistemas informatizados, com o objetivo também do desenvolvimento da automação via CLP da planta de vazão, sendo de total importância para a realização das atividades com agilidade e melhor confiança.

A cada dia tem aumentado a dificuldade das empresas em contratar profissionais capacitados para as mais diversas funções, levando as organizações a investirem cada vez mais em seus próprios colaboradores para que correspondam com as atuais necessidades e, essa prática tem apresentado resultados bastante positivo.

Tanto a planta de vazão quanto a planta do CLP, servem para o desenvolvimento das habilidades desses profissionais, pois para que uma instituição ganhe espaço e credibilidade, é importante uma excelente equipe e, conseqüentemente que ofereça ao mercado um produto ou serviço de qualidade.

**Palavras-chave:** Calibração. Medidores de vazão. Planta de vazão. Automação.

## ABSTRACT

FARIA, Emerson B. Development of a flow plant for calibration and magnetic flow meters settings. 2015. 73 f. Trabalho de conclusão de curso - Graduação de tecnologia em automação industrial, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Cornélio Procópio, 2015.

In most industrial processes are of great importance to measurement and control of fluids in general, where the instrument measured periodically contributes positively to the quality of industrial processes; to turn off the equipment manufacturer specifications can directly affect the quality of the final product.

Given the fundamental importance of these instruments, the system performance as a whole depends directly on the accuracy of each component, plus the cost of external calibration, this study aims to develop a plan within the company, for calibration and adjustments of magnetic flow meters installed in the industrial park, reducing considerably the cost of outsourced services and best accompanying the development and the life of these instruments.

Technology is a great ally for the effective implementation of management processes. Thus, the technology of automation seeks to define and optimize the most diverse processes and run them over a computer systems architecture, with the aim also of the development of automation via PLC the flow of plant, being all-important for the realization of activities with speed and better reliability.

Every day has increased the difficulty for companies to hire qualified professionals for many different functions, driving organizations to invest increasingly in its own employees to correspond to current needs and this practice has shown very positive results.

Both flow plant as the CLP plant, serve the development of the skills of these professionals as for an institution reach space and credibility, excellent team is important and thus offering the market a quality product or service.

**Keywords:** Calibration. Flow meters. Flow plant. Automation.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Lei de Faraday aplicada nos medidores de vazão .....	14
Figura 2 – Etapas do produção de açúcar e álcool .....	15
Figura 3 – Etapas de produção de vapor e energia elétrica .....	16
Figura 4 – Vista superior do projeto. ....	20
Figura 5 – Vista lateral do projeto.....	20
Figura 6 – Diagrama de processo e Instrumentação.....	21
Figura 7 – Exemplo do CLP GE FANUC .....	23
Figura 8 – Exemplo de <i>Gateway Coupler/link</i> da Siemens .....	24
Figura 9 – Exemplo de <i>Gateway DP/PA + Power Link</i> da Pepperl+fuchs .....	24
Figura 10 – Exemplo de <i>Gateway DP/AS-i</i> da Pepperl+Fuchs .....	25
Figura 11 – Instrumento de geração e leitura de sinais analógicos.....	25
Figura 12 – Planta do CLP. ....	27
Figura 13 – Projeto da planta de vazão já implantado .....	29
Figura 14 – Rede de comunicação entre CLP e sistema SCADA .....	30
Figura 15 – Sistema supervisorio da planta de vazão.....	31

## LISTA DE FIGURAS DOS ANEXOS

Figura A. 1 – Tela de abertura do CME.....	39
Figura A. 2 – Projeto Vazio.....	40
Figura A. 3 – Novo projeto vazio .....	41
Figura A. 4 – Tela principal.....	42
Figura A. 5 – Seleção de Hardware .....	43
Figura A. 6 – Estrutura padrão .....	43
Figura A. 7 – Adição de módulo de comunicação .....	45
Figura A. 8 – Endereçamento TCP/IP .....	46
Figura A. 9 – Adicionando módulo Profibus .....	46
Figura A. 10 – Adicionando módulo Saída Digital .....	47
Figura A. 11 – Adicionando módulo Entrada Digital.....	48
Figura A. 12 – Adicionando módulo saída Analógica .....	48
Figura A. 13 – Configuração Saída Analógica.....	49
Figura A. 14 – Adicionando módulo Entrada Analógica.....	50
Figura A. 15 – Configuração Entrada Analógica.....	50
Figura A. 16 – Configuração do endereço IP no projeto.....	51
Figura A. 17 – Adicionando Instrumentos .....	52
Figura A. 18 – Adição dos módulos da rede <i>AS-i</i> .....	53
Figura A. 19 – Instrumentos adicionados .....	53
Figura A. 20 – Endereçando módulo Ethernet .....	55
Figura A. 21 – Comando Online.....	56
Figura A. 22 – Comando modo Programador.....	57
Figura A. 23 – Comando Download .....	58
Figura A. 24 – Opções de download .....	58
Figura A. 25 – Habilitar saídas .....	59
Figura A. 26 – Referencia das variáveis de saída.....	60
Figura A. 27 – Referencia das variáveis de entrada.....	61
Figura A. 28 – Adição do bloco em ladder .....	62
Figura A. 29 – Janela do bloco adicionado .....	63
Figura A. 30 – Montagem em ladder.....	63
Figura A. 31 – Referenciando variáveis em ladder.....	64
Figura A. 32 – Propriedade das variáveis .....	64
Figura A. 33 – Descrevendo as variáveis.....	65
Figura A. 34 – Variáveis já descritas .....	65
Figura A. 35 – Adicionando o bloco Call .....	66
Figura A. 36 – Bloco Call adicionado .....	66
Figura A. 37 – Inserindo bloco “Teste” no bloco “Call” .....	67
Figura A. 38 – Bloco “teste” inserido no bloco “Call” .....	67
Figura A. 39 – Mensagem durante download.....	68

Figura A. 40 – Teste online. ....	68
Figura A. 41 – Fechando o projeto .....	69
Figura A. 42 – Mensagem ao fechar. ....	69
Figura B. 1 – Projeto planta de vazão. ....	70
Figura D.1 – Certificado Calibração Medidor calibrado. ....	73

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Custos de montagem da planta do CLP .....	26
Quadro 2 – Custos de montagem da planta de vazão .....	28
Quadro 3 – Custos antes e pós projeto.....	35

## LISTA DE SIGLAS

CLP	Controlador Lógico Programável
CPU	Unidade Central de Processamento
CME	<i>Cimplity Machine Edition</i>
DP	<i>Decentralized Peripherals</i>
FMS	<i>Fieldbus Message Specification</i>
IHM	Interface Homem Máquina
PA	<i>Process Automation</i>
Profibus	<i>Process Field Bus</i>
SCADA	<i>Supervisory Control Data Acquisition</i>
SDCD	Sistema Digital de Controle Distribuído

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>12</b>
2.1 OBJETIVO GERAL .....	12
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	12
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>13</b>
3.1 INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO .....	13
3.2 SENSORES MAGNÉTICOS .....	13
3.3 ESTRUTURA INDUSTRIAL DE USINA DE AÇÚCAR E ALCOOL .....	14
<b>4 JUSTIFICATIVA</b> .....	<b>17</b>
<b>5 MÉTODO DE PESQUISA</b> .....	<b>18</b>
5.1 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA .....	18
5.2 PESQUISA APLICADA .....	18
5.3 PESQUISA EXPERIMENTAL .....	19
<b>6 DESRIÇÃO DO PROJETO</b> .....	<b>20</b>
6.1 MÉTODO APLICADO .....	21
6.2 AUTOMAÇÃO DA PLANTA .....	22
6.3 CUSTO MONTAGEM DO CLP .....	26
6.4 CUSTO DE MONTAGEM DA PLANTA DE VAZÃO .....	27
<b>7 SISTEMA SCADA</b> .....	<b>30</b>
<b>8 RESULTADOS OBTIDOS</b> .....	<b>32</b>
<b>9 CONCLUSÃO</b> .....	<b>34</b>
<b>10 TRABALHOS FUTUROS</b> .....	<b>36</b>
<b>REFERENCIAS</b> .....	<b>37</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>39</b>
Anexo A – Configuração <i>Cimplicity Machine Edition</i> - CME .....	39
Anexo B – Projeto da Planta de Vazão .....	70
Anexo C – Procedimento de Teste e Calibração .....	71
Anexo D – Certificado de Calibração do Medidor Calibrado. ....	73

## 1 INTRODUÇÃO

Desde a revolução industrial as empresas vêm se aperfeiçoando cada vez mais, buscando novas tecnologias para aperfeiçoar seus processos produtivos, para que a substituição da intervenção humana, total ou parcial, por máquinas e equipamentos mantenha seus processos mais contínuos, com menor custo e melhor qualidade. Essa substituição nos dias atuais foi denominada automação de processos, tornando as empresas mais competitivas, gerando maior rentabilidade e qualidade.

Devido à exigência dos consumidores, se faz necessário que as empresas mantenham um histórico de calibração dos equipamentos instalados no parque industrial, para que os mesmos atendam as diversas etapas do processo, reduzindo custos desnecessários de modo que não interfiram na qualidade do produto final.

Atualmente, para que um profissional desenvolva sua função com aptidão e qualidade, além de sua capacitação, é necessário que as empresas, de um modo geral, potencializem o aprendizado através de cursos externos ou até mesmo internos, de modo que seus funcionários atendam satisfatoriamente as necessidades da empresa.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Com o intuito de redução de custos, o objetivo é o desenvolvimento de uma planta piloto dentro do parque industrial para testes e calibração dos instrumentos instalados na empresa.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Dentre os objetivos específicos do desenvolvimento da planta piloto podemos citar:

- Auxílio à identificação de defeitos em medidores de vazão magnéticos.
- Calibração e ajustes dos medidores de vazão instalados na indústria.
- Automação da planta de vazão com um Controlador Lógico Programável (CLP).
- Aplicação de sistema supervisório e emissão de relatório de calibração.
- Criação de uma metodologia para treinamento e qualificação do quadro de funcionários que operam a planta industrial.
- Desenvolvimento de documentação técnica e procedimentos de utilização da planta.
- Análise dos resultados utilizando como indicadores a redução de custos de manutenção e aumento da disponibilidade dos dispositivos de medição, reduzindo o tempo de parada do processo.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO

Os instrumentos de medição são mais conhecidos e usados na área de metrologia para inspeção da qualidade.

Quando se usa o termo metrologia podemos direcionar em setores de controle, ou seja, setor responsável pelos instrumentos de medição e suas calibrações, embora este setor realize o controle dos instrumentos e sua calibração o mesmo tem como função medir, inspecionar e medir produtos e processos, garantindo a confiabilidade dos mesmos.

#### 3.2 SENSORES MAGNÉTICOS

A função dos medidores de vazão magnéticos consiste basicamente em medir a vazão volumétrica em função do diâmetro do tubo sensor e da velocidade do fluido que se pretende mensurar.

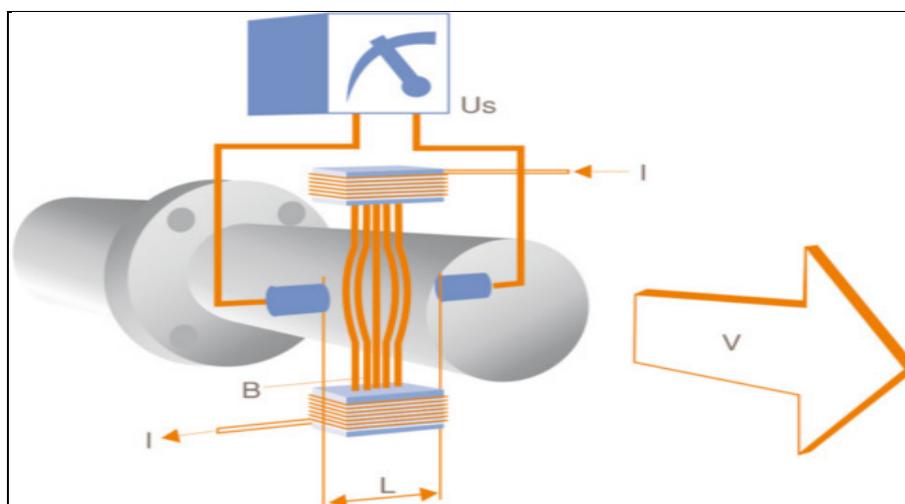
Vazão pode ser definida como sendo a quantidade volumétrica, mássica ou gravitacional de um fluido que passa através de uma seção de uma tubulação ou canal por unidade de tempo (SENAI, 1999).

O medidor de vazão magnético, também conhecido como eletromagnético ou por tensão induzida, é um medidor que utiliza um princípio de medição antigo (Lei de Faraday) e muitos dos fabricantes de instrumentos continuam a desenvolver medidores de vazão baseados nesse princípio.

A Lei de Faraday diz que “Quando um condutor se move dentro de um campo magnético, é produzida uma força eletromotriz (f.e.m.) proporcional a sua velocidade”. (SENAI, 1999).

Esta lei é utilizada para medidores de vazão e determina que quando o fluido condutor elétrico passa no interior do tubo e perpendicular as linhas de forças magnéticas, induz uma força eletromotriz, proporcional a sua velocidade. (Ribeiro,

1997). Uma representação do funcionamento da lei de Faraday é mostrada na Figura 1.



**Figura 1 – Lei de Faraday aplicada nos medidores de vazão**  
Fonte: Revista Mecatrônica Atual (2015).

### 3.3 ESTRUTURA INDUSTRIAL DE USINA DE AÇÚCAR E ALCOOL

Nos mais diversos ramos das atividades industriais, existem diversas etapas para a conclusão de um produto final, e nas indústrias sucroalcooleiras não é diferente, em todas as etapas, desde a inserção da matéria prima até o açúcar ou o álcool, os medidores de vazão magnéticos estão presentes.

Esses instrumentos estão inclusos no processo para garantir o volume ideal dos mais diversos produtos inseridos em cada etapa da produção, sendo assim é de extrema importância a calibração periódica desses instrumentos, para garantir a qualidade do produto final.

Na Figura 2, segue resumidamente as etapas para a produção de açúcar e álcool do setor sucroalcooleiro.

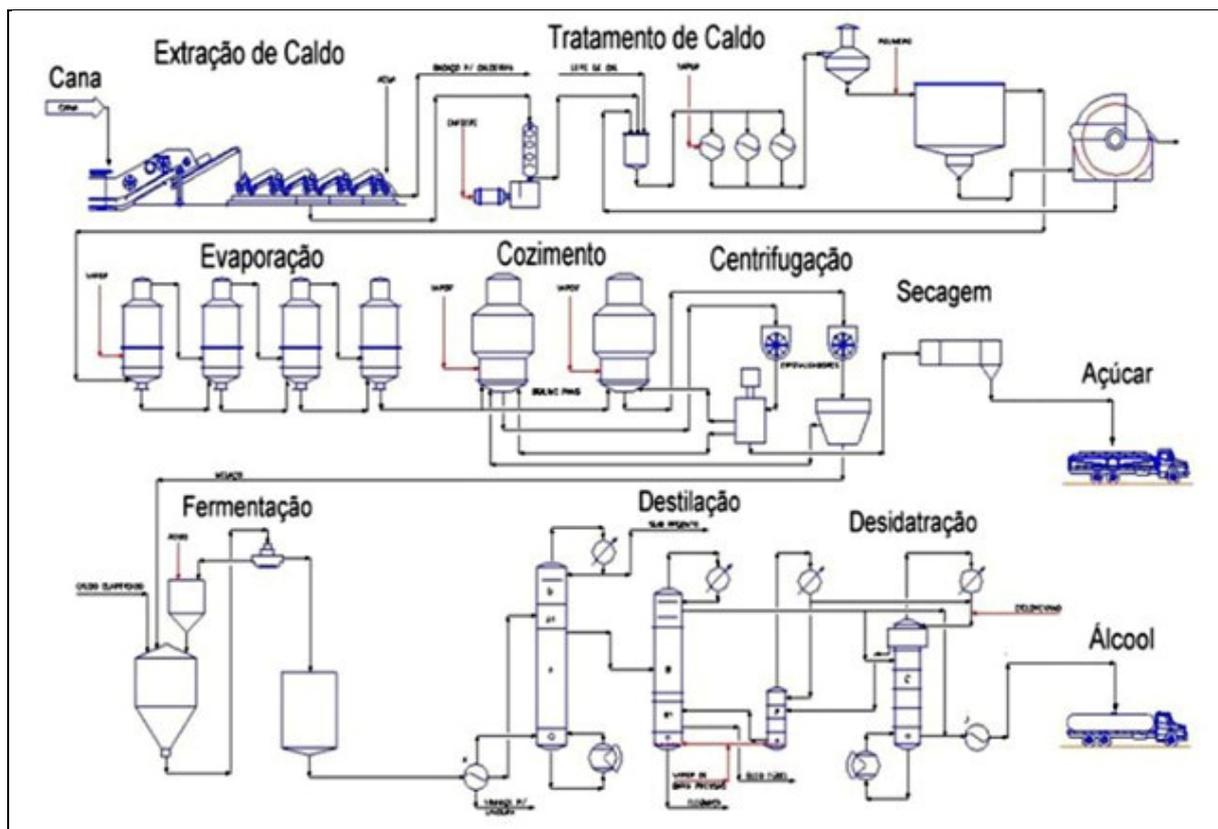
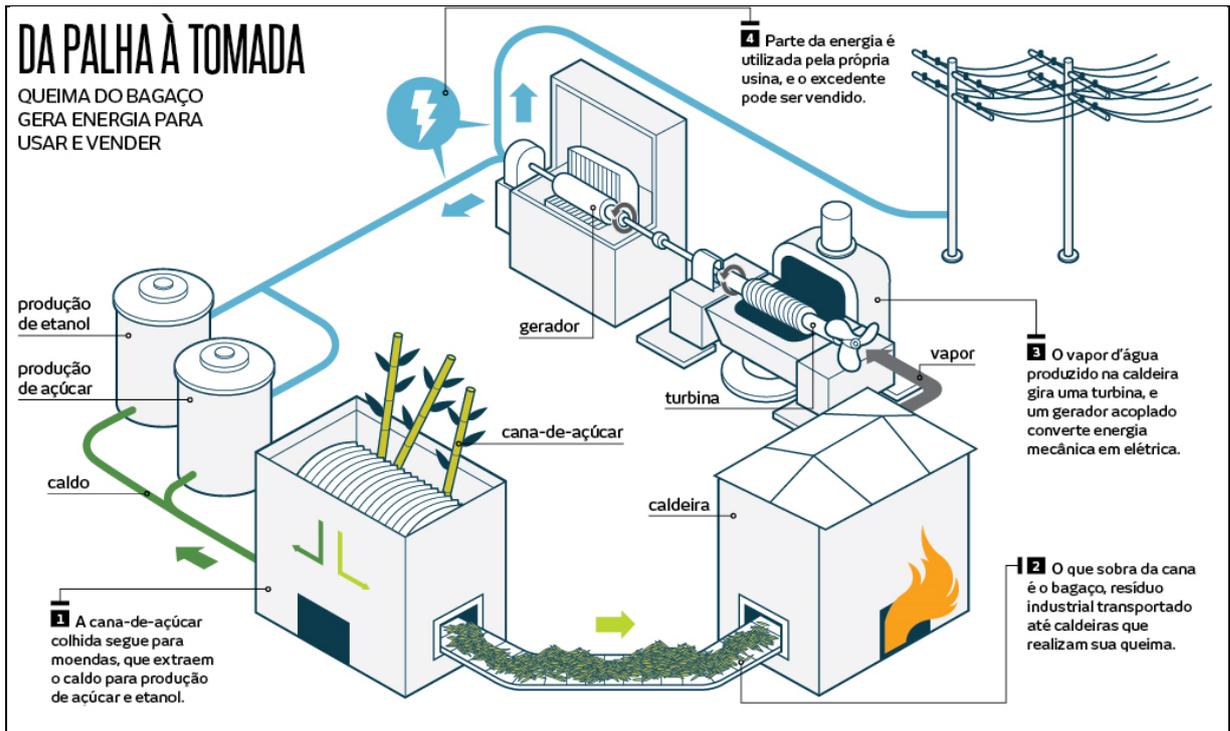


Figura 2 – Etapas de produção de açúcar e álcool  
 Fonte: *National Instruments* (2015).

Outra etapa do setor sucroalcooleiro é a produção de vapor e geração de energia elétrica, onde o bagaço vindo da extração de caldo, é queimado nas caldeiras produzindo vapor para as etapas de produção de açúcar e álcool, sendo também enviado para a movimentação de geradores de energia, transformando energia térmica em mecânica e, conseqüentemente, em energia elétrica, onde será distribuída nas demais áreas da indústria para consumo interno, onde o excedente pode ser comercializado com as concessionárias de energia.

Na Figura 3 mostra as etapas para produção de vapor e energia elétrica nas usinas de açúcar e álcool.



**Figura 3 – Etapas de produção de vapor e energia elétrica**  
 Fonte: Revista Galileu, 2015.

#### 4 JUSTIFICATIVA

Tendo em vista que as empresas tem um custo relativamente alto com o envio de seus equipamentos de automação para manutenção nas prestadoras de serviços terceirizados, o desenvolvimento de uma planta piloto dentro da própria empresa, para execução deste tipo de serviço, pode trazer a redução de custos e aumentar a disponibilidade do dispositivo para uso na planta, reduzindo o tempo de máquinas paradas, uma vez que elimina o tempo gasto entre envio, orçamento, aprovação, execução do serviço e entrega. Ainda nesse aspecto, a empresa fica sem a referida medição desse instrumento durante o processo de calibração pela empresa terceirizada, podendo ainda interferir na respectiva etapa do processo ou até mesmo no produto final.

Outro papel importante por parte das empresas é manter a capacitação dos profissionais que atuam diretamente na manutenção dos instrumentos instalados no parque industrial, contribuindo para o seu nível de instrução, enquanto profissional, influenciando diretamente na qualidade da empresa.

É de grande importância o acompanhamento da eficiência e da vida útil dos instrumentos instalados na indústria. Sendo assim, os profissionais têm mais proximidade com os resultados fornecidos pelos equipamentos novos e equipamentos reservas em função da manutenção preventiva e preditiva.

## 5 MÉTODO DE PESQUISA

O método de pesquisa foi realizado de acordo com os seguintes tópicos abaixo:

- Pesquisa bibliográfica: utilização de textos e referências;
- Pesquisa aplicada: utiliza o conhecimento de teoria específica para resolver problemas concretos;
- Pesquisa experimental: descoberta de novos métodos, materiais, para obter novas tecnologias.

### 5.1 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

Primeiramente, faz-se necessário o levantamento de referências bibliográficas para embasamento da proposta, ou seja, é feita uma coleta de dados em livros, revistas e manuais. Também é necessário ler alguns catálogos disponibilizados pelos fabricantes para obter informações a respeito dos módulos referentes ao CLP. Importante ressaltar que a pesquisa bibliográfica atenta também aos conceitos do estado da arte: linguagens do CLP, conceitos de redes industriais.

### 5.2 PESQUISA APLICADA

De acordo com Barros e Lehfeld (2000, p.78), pesquisa aplicada contribui para fins práticos, visando à solução mais ou menos imediata do problema encontrado na realidade.

Para a concepção deste projeto, serão estudadas, em diversas fontes bibliográficas, teorias relacionadas à instrumentação e controladores lógicos programáveis com suas diversas aplicações na indústria.

### 5.3 PESQUISA EXPERIMENTAL

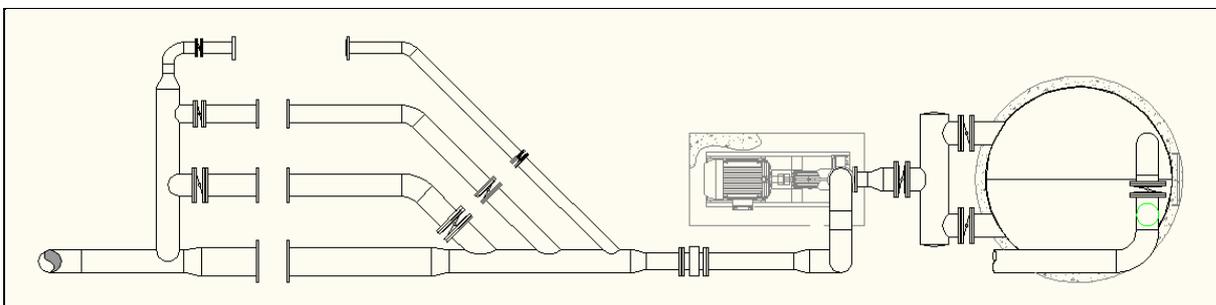
Esse tipo de pesquisa tem a pretensão de dizer como o fenômeno é produzido, ou seja, será por meio de experimentos para chegar ao resultado esperado. Neste caso os resultados serão gerados a partir de uma planta piloto. Este projeto, por ser da área técnica (controle e automação), é indispensável à pesquisa experimental, uma vez que é por meio de experimentos que se obtém informações valiosas para responder à problemática proposta.

## 6 DESCRIÇÃO DO PROJETO

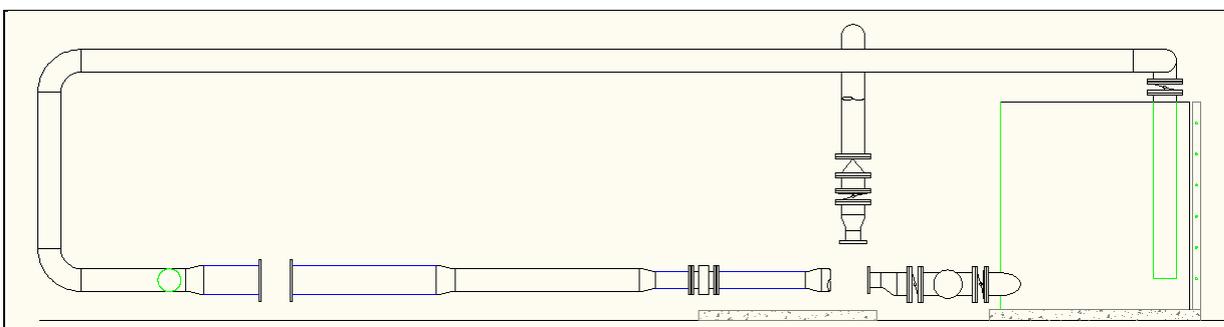
Devido à necessidade de fazer manutenção externa nos medidores de vazão magnéticos, foi desenvolvido um projeto pelos próprios funcionários da empresa (Anexo B), uma planta dentro do parque industrial para testes desses equipamentos, e para que atendesse o maior número de instrumentos instalados na indústria.

Com o projeto pronto, foi passado para gerência os custos referentes à manutenção externa desses medidores e projeção de valores para a confecção da planta dentro da própria empresa, sendo vários desses materiais já em desuso na mesma. Outro fator determinante é a utilização da mão de obra interna para a confecção da planta, reduzindo ainda mais o valor final do projeto. Com os custos em mãos, a gerência viabilizou a construção do projeto logo de imediato.

Na Figura 4 temos a representação da vista superior do projeto liberado para execução e na Figura 5 a vista lateral.



**Figura 4 – Vista superior do projeto.**  
Fonte: Autoria própria.



**Figura 5 – Vista lateral do projeto.**  
Fonte: Autoria própria.

## 6.1 MÉTODO APLICADO

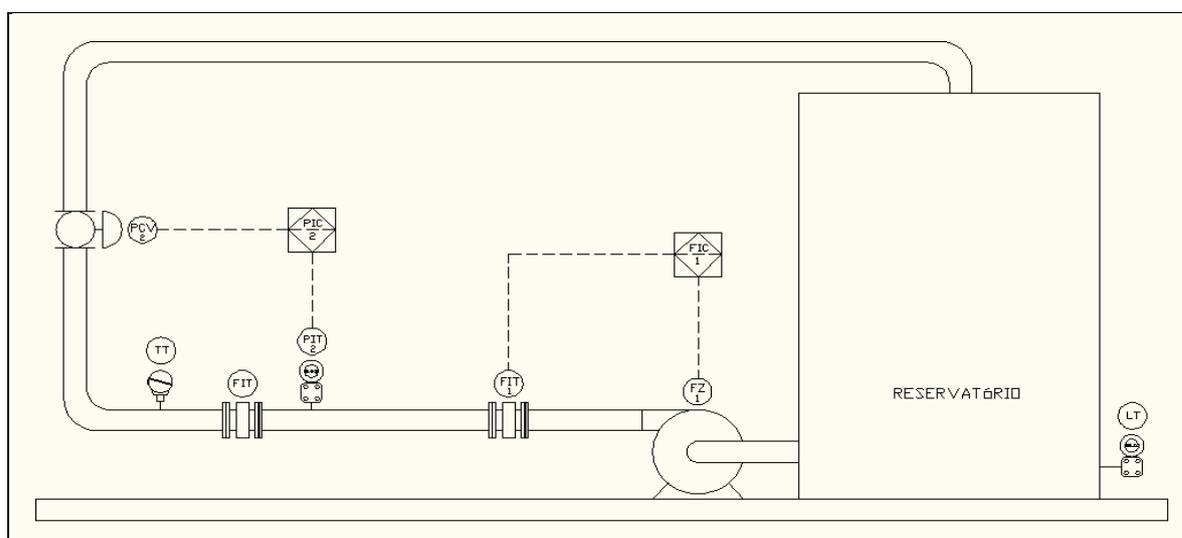
Para fazer calibração e ajustes dos medidores de vazão magnéticos é usada a calibração comparativa, ou seja, calibração por método comparativo, um medidor de referencia que consiste em passar um líquido com determinada vazão em uma tubulação, onde o instrumento a ser calibrado e o padrão de referência estão montados em série, sem que haja interferência entre eles.

Método comparativo é definido por Lijphart (1971) como “um método de descobrir relação empírica entre as variáveis”.

A planta consiste em um reservatório de água sendo bombeado e controlado por inversor de frequência que passa por um medidor de vazão de referência, este por sua vez calibrado e certificado por empresa competente. Posteriormente, este passa pelo medidor a ser calibrado e retorna novamente ao tanque, formando assim, num circuito fechado.

O medidor a ser calibrado é comparado com o padrão de referência durante certo período e em alguns valores diferentes dentro da faixa de medição do instrumento, após esses registros o mesmo é ajustado caso necessário para que fique dentro dos padrões de referência e tolerâncias do próprio fabricante.

A Figura 6 mostra o diagrama de processo e toda instrumentação atribuído ao método aplicado na planta de vazão.



**Figura 6 – Diagrama de processo e Instrumentação**  
Fonte: Autoria própria.

Segundo VIM (2012), calibração é a operação que estabelece, sob condições específicas, uma relação entre os valores e as incertezas de medição fornecidos por padrões e as indicações correspondentes com as incertezas associadas; ao passo que ajuste é o conjunto de operações efetuadas num sistema de medição, de modo que ele forneça indicações prescritas correspondentes a determinados valores da grandeza a ser medida. Sendo assim, o ajuste de um sistema de medição não deve ser confundido com calibração, a qual é um pré-requisito para o ajuste.

No Anexo C , segue o procedimento interno para testes e calibração dos medidores de vazão instalados na indústria.

## 6.2 AUTOMAÇÃO DA PLANTA

Após a planta já estar em funcionamento, forma manual, foi verificada a necessidade em automatizar a mesma para que esses valores pudessem ser manipulados e registrados automaticamente, ou seja, praticamente sem a intervenção humana, gerando então um histórico de eficiência e desempenho de cada instrumento a ser calibrado.

Para isso foi montado um controlador lógico programável (CLP) baseado nas mesmas estruturas e tecnologias que compõe a automação do parque industrial, servindo de referência de realidade aos instrumentos e diversas etapas dos processos da empresa.

O Controlador Lógico Programável pode ser visto como um equipamento eletrônico de processamento que possui uma interface amigável com o usuário que tem como função executar controle de vários tipos e níveis de complexidade, (FRANCHI, 2009).

O Profibus é um protocolo de sistema aberto, padronizado em um conceito abrangente, contemplada por uma larga escala de aplicações da manufatura. Para tal, é dividida em três famílias de aplicação: Profibus DP, FMS e PA. (SILVEIRA, 2002).

O Profibus PA é um *fieldbus* de acordo com a norma IEC 61158-2, fornece energia e transmite comunicação digitalmente entre os sistemas do host, como

SDCD, CLPs e instrumentação de campo. As informações do estado atual e comandos de controle são transmitidos digitalmente entre o mestre e até 32 equipamentos são conectados no mesmo cabo; limite de corrente de cada equipamento, distâncias envolvidas e cabos utilizados são fatores limitadores dessa quantidade (SMAR, 2009).

Abaixo segue a relação dos módulos que formam o CLP, que foram montados para automatizar a planta:

- Fonte alimentação – modelo IC695PSA040F,
- CPU – modelo IC695CPU310-CF,
- Cartão Ethernet – modelo IC695ETM001-AA,
- Cartão Profibus – modelo IC695PBM300-BB,
- Cartão saída digital – modelo IC694MDL754-AB,
- Cartão entrada digital – modelo IC694MDL655A,
- Cartão saída analógica – modelo IC694AGL932,
- Cartão entrada analógica – modelo IC694AGL223.

Na Figura 7 mostra o exemplo do CLP com os módulos já montados.



**Figura 7 – Exemplo do CLP GE FANUC**  
Fonte: Cimtec Automation (2014).

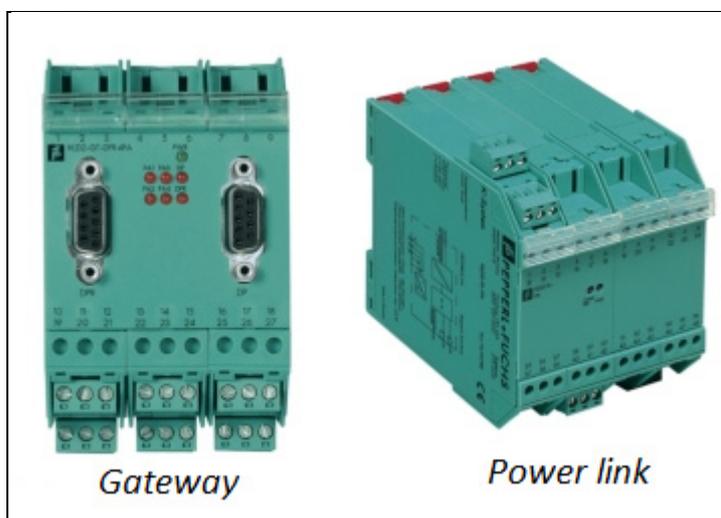
Para fazer a conversão do protocolo Profibus DP/PA foi usado um *gateway* de duas estruturas diferentes, também instalados na indústria, que seguem nas Figuras 8 e 9:

Estrutura 1: *gateway* consome um endereço DP na rede.



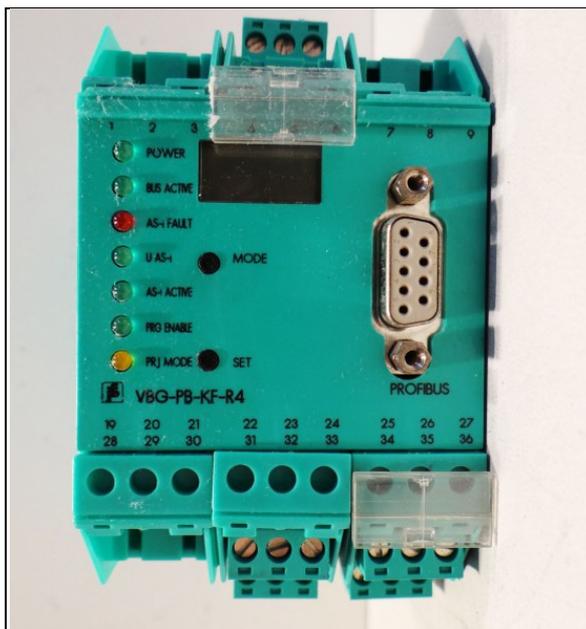
**Figura 8 – Exemplo de Gateway Coupler/link da Siemens**  
**Fonte: Automation drive (2014).**

- Estrutura 2: *gateway* é transparente, não consumindo nenhum endereço DP na rede.



**Figura 9 – Exemplo de Gateway DP/PA + Power Link da Pepperl+fuchs**  
**Fonte: Pepperl-fuchs (2014).**

Outro protocolo de comunicação em rede usado na indústria e também montado na bancada do CLP é o *AS-Interface*. Na figura 10 tem um exemplo da *gateway* DP/AS-i.



**Figura 10 – Exemplo de Gateway DP/AS-i da Pepperl+Fuchs**  
Fonte: Pepperl-fuchs (2014)

Para fazer a leitura e geração de sinal analógico (4~20 mA ou 0~10 V) na bancada do CLP será necessário instalar um instrumento específico para esse fim.



**Figura 11 – Instrumento de geração e leitura de sinais analógicos.**  
Fonte: Presys (2014)

A linguagem *Ladder* foi a primeira que surgiu na programação dos Controladores Lógico Programáveis (CLPs), pois sua funcionalidade procurava imitar os antigos diagramas elétricos, utilizados pelos Técnicos e Engenheiros da época (FRANCHI, 2009). Sendo a linguagem mais utilizada na programação dos CLPs e já em uso na indústria, também foi inserido na planta do CLP. Para ilustrar, no Anexo A tem-se o passo a passo da configuração e programação do software e do CLP utilizados na planta.

### 6.3 CUSTO MONTAGEM DO CLP

Para tornar a planta do CLP didática, a mesma foi montada seguindo os mesmos modelos já adotados em toda planta industrial, servindo de referência e aprendizado dos profissionais da área de instrumentação e também para automatizar a planta de vazão.

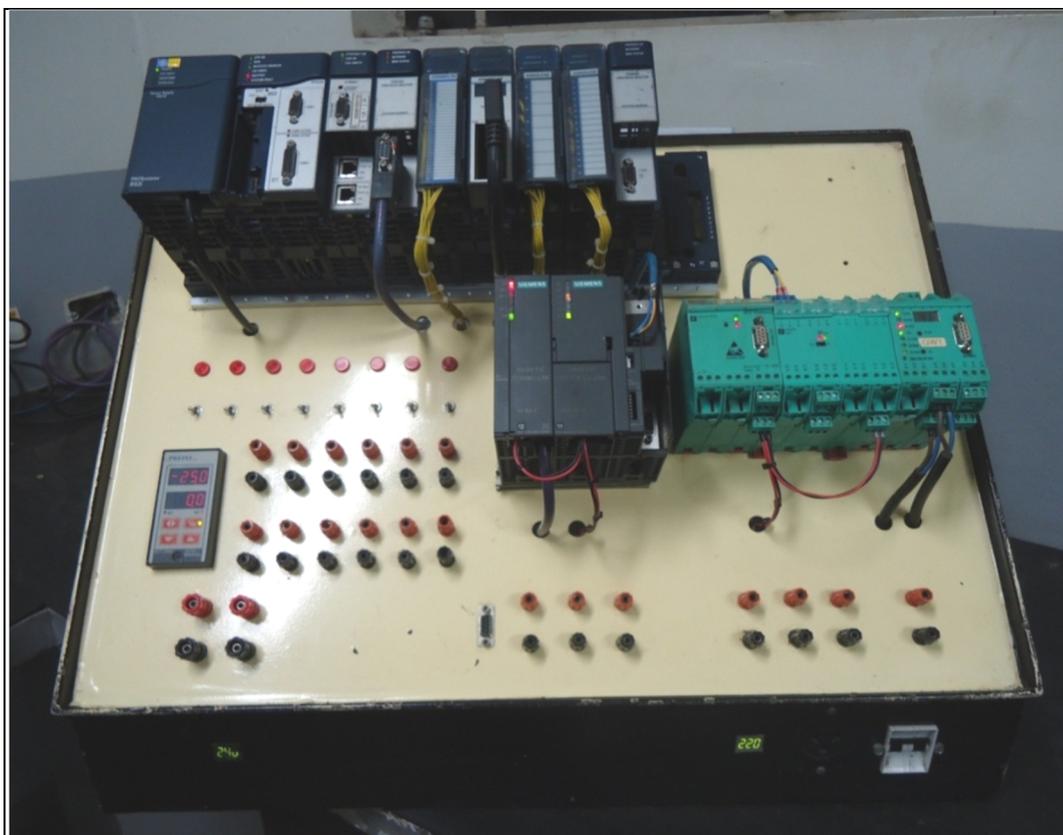
Para adquirir os valores dos materiais utilizados, foram verificados a última compra de cada item, pelo próprio sistema interno da empresa, que segue a relação no Quadro 1:

Quant.	Descrição dos itens	Valores (R\$)
01	Rack 12 Slots - modelo IC695CHS012-BA	1184,00
01	Fonte alimentação – modelo IC695PSA040F	2037,00
01	CPU – modelo IC695CPU310-CF	9366,00
01	Cartão Ethernet – modelo IC695ETM001-AA	4345,00
01	Cartão Profibus – modelo IC695PBM300-BB	5538,00
01	Cartão saída digital – modelo IC694MDL754-AB	585,79
01	Cartão entrada digital – modelo IC694MDL655A	1292,00
01	Cartão saída analógica – modelo IC694AGL932	5096,00
01	Cartão entrada analógica – modelo IC694AGL223	5583,00
01	Simatic ET200/Link	2443,00
01	Simatic DP/PA Coupler	4800,00
01	Gateway – modelo KLD2-GT-DPR.4PA	4950,00
01	Power-Link – modelo KLD2-PL-1.PA	7200,00
01	Gateway VGB-PB-KF-R4	1377,00
01	Estação Auto/Manual modelo DCY-2058	1442,00
33	Borne para pino banana	36,30
01	Disjuntor 6 Amps. Siemens	18,00
01	Fonte Phoenix Contact Quint-PS100-240AC/24DC/5ª	980,00
01	Fonte AS-i PPPERRL+FUCHS VAN-115/230AC-K17	580,00
	Total	58853,09

**Quadro 1 – Custos de montagem da planta do CLP**

Fonte: Autoria própria.

Na Figura 12, segue a planta do CLP já montada.



**Figura 12 – Planta do CLP.**  
Fonte: Autoria própria.

#### 6.4 CUSTO DE MONTAGEM DA PLANTA DE VAZÃO

Abaixo, segue o Quadro 2 com os itens instalados na planta de vazão e seus respectivos valores.

Quant.	Descrição dos itens	Valor Unit. (R\$)	Valor Total (R\$)
05m	Tubo 4" Sch 40	88,33	441,65
05m	Tubo 6" Sch 40	135,50	677,52
26m	Tubo 8" Sch 40	166,40	4.326,40
3,2m	Tubo 10" Sch 40	218,97	700,72
08	Flange Sobreposto 4" ANSI B 16.5 150 lbs	42,00	336,00
10	Flange Sobreposto 6" ANSI B 16.5 150 lbs	49,00	490,00
20	Flange Sobreposto 8" ANSI B 16.5 150 lbs	71,00	1.420,00

continua...

02	Flange Sobreposto 10" ANSI B 16.5 150 lbs	152,00	304,00
02	Válvula Borboleta 4" ANSI B16.5 150 lbs	226,00	452,00
02	Válvula Borboleta 6" ANSI B16.5 150 lbs	291,00	582,00
08	Válvula Borboleta 8" ANSI B16.5 150 lbs	642,00	5.136,00
01	Válvula retenção 8" ANSI B16.5 150 lbs	1.982,00	1.982,00
01	Curva 4" 45° RL Sch 40	17,59	17,59
01	Curva 4" 90° RL Sch 40	21,90	21,90
01	Curva 6" 45° RL Sch 40	36,14	36,14
01	Curva 8" 45° RL Sch 40	70,00	70,00
07	Curva 8" 90° RL Sch 40	178,00	1.246,00
02	Redução concêntrica 10" x 8" Sch 40	54,60	109,20
04	Redução concêntrica 8" x 6" Sch 40	32,00	128,00
01	Redução concêntrica 8" x 4" Sch 40	78,85	78,85
02	Chapa #1/4 x 1500 x 6000	1.430,05	2.860,10
01	Bomba centrífuga INI 125/250 – Imbil	9.080,00	9.080,00
01	Motor trifásico 220/380, 30 CV – 4 Pólos	5.126,00	5.126,00
01	Inversor de frequência – WEG CFW 09	7.500,00	7.500,00
02	Painel elétrico 300x250x160	279,00	558,00
01	Painel elétrico 600x400x200	316,00	316,00
01	Transmissor de vazão – <i>Conaut6</i> ” modelo IFC 300	8.709,00	8.709,00
01	Transmissor de nível – Foxboro IDP10	2.171,00	2.171,00
01	Transmissor de pressão – <i>Endress+Hauser</i> PMP71	2.185,00	2.185,00
01	Transmissor de temperatura RTD/PA – <i>WIKA</i> T42	1.700,00	1.700,00
01	Sensor de temperatura – PT100	115,00	115,00
01	Conversor Corrente/PA – Smar IF303	4.260,00	4.260,00
01	Posicionador da válvula – ABB TZIDC-110	3.994,00	3.994,00
01	Válvula automática 6” com atuador pneumático	1.620,50	1.620,50
03	Protetor de segmento PA – Sense PA-FDJ-1-VT	526,80	1.580,40
01	Protetor de segmento PA – Sense PA-FDJ-4-VT	751,80	751,80
02	Conector cabo rede DP	247,00	494,00
30m	Cabo rede DP	5,90	177,00
40m	Cabo rede PA	9,60	384,00
Total Geral		72.137,77	

**Quadro 2 – Custos de montagem da planta de vazão**  
**Fonte: Autoria própria.**

Em seguida, tem-se a Figura 13 da planta de vazão já desenvolvida dentro da empresa.



**Figura 13 – Projeto da planta de vazão já implantado**  
**Fonte: Autoria própria**

## 7 SISTEMA SCADA

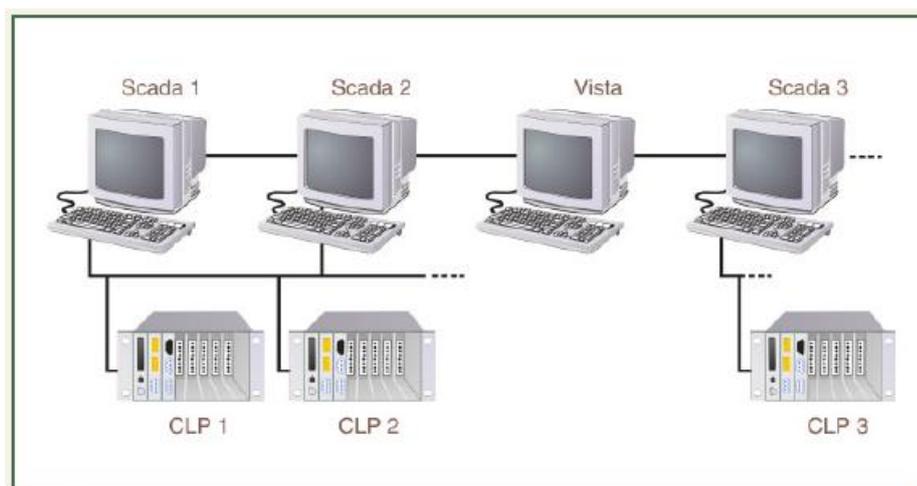
*Supervisory Control And Data Acquisition* (SCADA) na automação refere-se a sistemas de supervisão, controle e aquisição de dados composto por um ou conjunto de computadores monitorando e controlando um processo.

O objetivo principal dos sistemas SCADA é proporcionar uma interface de alto nível entre o operador e o processo informando-o "em tempo real" de todos os eventos de importância da planta.

São softwares que permitem que sejam monitoradas e rastreadas as mais diversas variáveis do processo produtivo, essas informações podem ser visualizadas por intermédio de quadros sinóticos animados com indicações instantâneas das variáveis de processo (vazão, temperatura, pressão, volume, etc).

As variáveis de processos são captadas via rede do CLP que controla um determinado processo, são enviadas a um banco de dados onde essas informações ficam armazenadas; também via rede o sistema SCADA atualiza essas informações e disponibiliza na tela do supervisor podendo gerar um alarme, alertando o operador sobre eventual alteração no processo, dessa forma, as intervenções podem ser feitas rapidamente, garantindo que o produto final mantenha os mesmos padrões de qualidade.

Na Figura 14, segue exemplo típico em rede de CLPs e sistema SCADA.

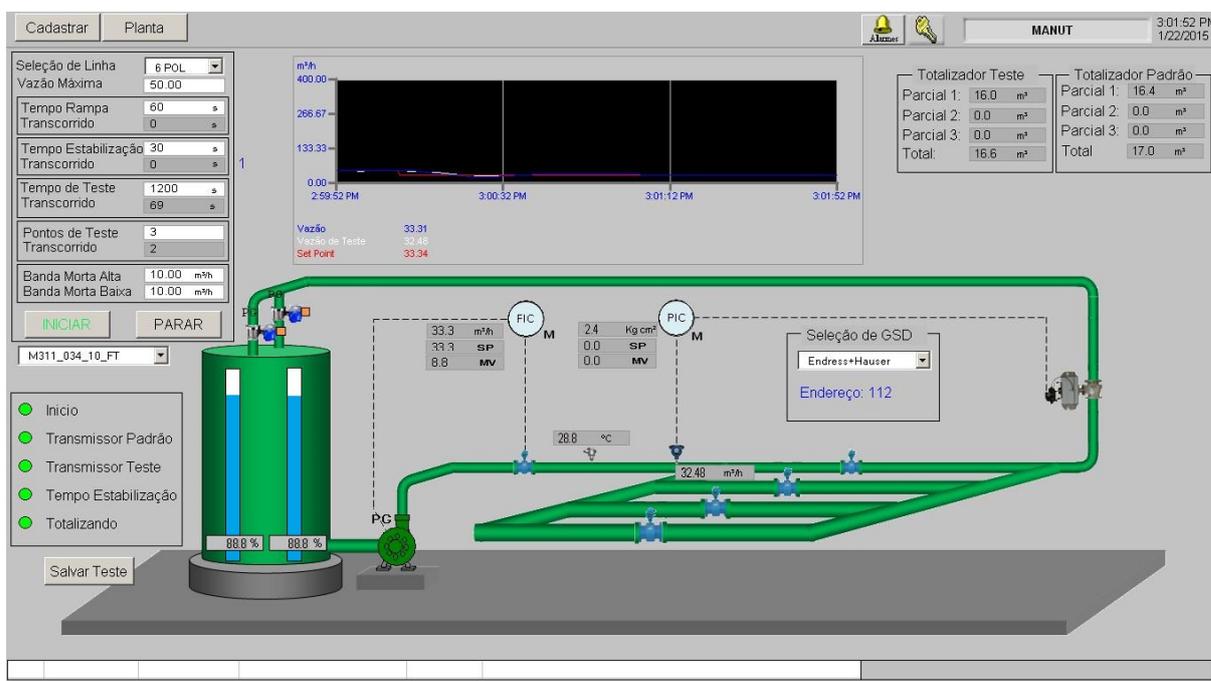


**Figura 14 – Rede de comunicação entre CLP e sistema SCADA**  
Fonte: (SCADA, 2015)

Um sistema SCADA permite a um operador, em uma localização central, controlar um processo distribuído em lugares distantes, executar operações remotamente, alterar *set point*, abrir ou fechar válvulas ou chaves, ligar ou desligar motores em geral, monitorar alarmes, e armazenar informações de processo.

Todo sistema supervisorio dentro da empresa é atribuído a um software único e específico para esse fim, sendo assim, foi utilizado o mesmo software a fim de padronizar a estrutura dos sistemas SCADA. O software utilizado é o IFIX da GE FANUC, bastante conhecido e consolidado no mercado.

Na Figura 15, segue a tela do sistema de supervisão da planta de vazão em processo de funcionamento e calibração dos medidores de vazão. Após a calibração desses instrumentos é gerado automaticamente um relatório conforme Anexo D.



**Figura 15 – Sistema supervisorio da planta de vazão**  
**Fonte: Autoria própria.**

## 8 RESULTADOS OBTIDOS

Para se ter uma referência dos resultados alcançados, foi levado em consideração os custos/tempo antes mesmo da implementação do projeto, onde, após a retirada dos instrumentos do processo, os mesmos possam ser embalados e solicitada ao setor de almoxarifado a emissão de nota fiscal de envio, em seguida é agendado com uma empresa terceirizada o transporte desses instrumentos até o local de calibração. A empresa responsável pela calibração faz o levantamento dos serviços e custos a serem executados nos instrumentos e enviam o orçamento para posterior aprovação; a empresa faz um levantamento da viabilidade da manutenção e retornam com a liberação do orçamento.

Após a execução da manutenção, é agendado um novo transporte de retorno desses instrumentos, somente depois esses equipamentos estarão disponíveis para reinstalação no processo.

Levando em consideração o tempo de emble, emissão de nota fiscal, transporte de ida, orçamento, aprovação, liberação, execução do serviço e transporte de volta, o tempo médio desse serviço fica entre 45 e 60 dias.

Esse tempo não interfere no processo, onde normalmente as aferições desses equipamentos são feitas durante a entre safra, onde o processo está parado para manutenção. Eventualmente alguns instrumentos podem apresentar problemas durante o período produtivo, então esse prazo acaba por interferir no processo e até mesmo na qualidade do produto final, sendo bastante viável a implementação da planta dentro da própria empresa.

Outro custo que se deve considerar é a mão de obra interna e os materiais utilizados para a confecção da embalagem para transporte.

Após o primeiro investimento, que foi a confecção da planta, o custo de aferição de todos os instrumentos já foram evitados, sendo assim, o custo com calibração externa foi somente do medidor padrão de referência.

Com retorno financeiro, a empresa percebeu a necessidade de aperfeiçoar o projeto, automatizando o mesmo.

As mesmas estruturas aplicadas na indústria foram aplicadas na planta de vazão, facilitando a adesão dos funcionários a este projeto, sendo o mesmo CLP,

sistema supervisorio, programação e configuração dos mesmos, protocolos de comunicação, etc.

Após a automação do projeto, ficou mais em evidência o retorno do investimento, onde a planta pode operar quase sem a intervenção humana e gerando relatórios automaticamente, onde esses arquivos podem ser analisados posteriormente.

## 9 CONCLUSÃO

Num primeiro momento, a planta de vazão foi desenvolvida para trabalhar de forma manual, e assim a mesma executou sua função logo nos primeiros testes de forma bastante positiva.

O resultado esperado já foi alcançado logo no primeiro ano/safra (2009/2010) em que a planta foi utilizada, pois o retorno financeiro, que é essencial para qualquer empresa, ficou bastante em evidência.

Levando em consideração o valor gasto na calibração do medidor padrão que foi cotado na casa dos R\$ 2.436,00 (serviço realizado por terceiros), sendo uma estimativa para aferir todos os instrumentos da planta industrial a cada ano/safra estaria em torno de R\$ 194.880,00, considerando o total de 80 medidores instalados no processo. Portanto, esse total de R\$ 194.880,00 produz uma ideia do montante a ser economizado a cada ano/safa como resultado desta implementação.

O investimento inicial do projeto foi de R\$ 72.137,77, desta forma, é possível observar o retorno do investimento já no primeiro ano/safra.

Apesar do resultado positivo, a planta ainda estava operando de forma manual, então tomou-se a decisão de mais um investimento para a automação da mesma. Desta forma, foi projetado e montado um sistema de controle com CLP para que a planta pudesse operar automaticamente. Conforme o quadro 1 esse investimento ficou em R\$ 58.853,09, onde pode ser aplicado perfeitamente na planta de vazão e ainda servir de planta didática aos colaboradores da área.

Não houve investimento com o sistema supervisor, pois a empresa já utiliza o software nas demais áreas do processo, onde os colaboradores já estão familiarizados com o sistema.

O investimento final do projeto acabou ficando na casa dos R\$ 130.990,86, onde ainda assim obteve custo inferior aos custos de aferição dos medidores por prestadores de serviços terceirizados.

No Quadro 3, segue as referências de investimento antes e após a implementação do projeto.

<b>Descrição</b>	<b>Etapas</b>	<b>Valores (R\$)</b>
Custo não realizado	Calibração dos Medidores	+194.880,00
Investimento da 1ª implantação	Planta de vazão	-72.137,77
Investimento da 2ª implantação	Automação da planta	-58.853,09
Investimento Final	Projeto automatizado	-130.990,86
Retorno Financeiro		+63.889,14

**Quadro 3 – Custos antes e pós projeto.**

**Fonte: A autoria própria.**

Além do retorno financeiro, a empresa tem acompanhamento mais próximo dos próprios medidores e conseguem prever futuros problemas que possam eventualmente aparecer.

Sem contar no retorno profissional, em que os colaboradores da própria indústria, passam por treinamentos na própria planta e se tornam melhor capacitados para o desenvolvimento da função.

## 10 TRABALHOS FUTUROS

Atualmente a planta de vazão atende principalmente a unidade na qual foi implementada e ainda algumas unidades vizinhas do mesmo grupo industrial, porém esses instrumentos não fazem parte dos instrumentos críticos do setor de qualidade da própria empresa, sendo assim não necessariamente precisam de certificado de calibração pelas empresas acreditadas pela RBC (Rede Brasileira de Calibração).

Mesmo não fazendo parte dos instrumentos críticos de processo, recomenda-se como trabalhos futuros a certificação da planta de vazão, para que a empresa disponibilize mais um serviço de qualidade na área de metrologia, aumentando seu faturamento e possa emitir certificados reconhecidos nacionalmente a seus clientes.

## REFERÊNCIAS

- BARROS; A. J. S. e LEHFELD, N. A. S.. **Fundamentos de Metodologia**: Um Guia para Iniciação Científica; 2 ed.; São Paulo; Makron Books; 2000.
- LIJPHART, Arend. “**Comparative politics and the comparative method**” American Political Science Review. V. 65, 1971, p. 682 - 693
- SENAI. **Instrumentação**; Instrumentação Básica II; Vazão, Temperatura e Analítica; Espírito Santo; 1999.
- RIBEIRO, Marco Antonio. **Medição de Vazão**; Fundamentos e aplicações; 5ª Edição; Salvador; 1997.
- INMETRO. **VIM (Vocabulário Internacional de Metrologia)**. Conceitos Fundamentais e Gerais e Termos Associados; 1ª Edição Luso-Brasileira; Rio de Janeiro; 2012.
- FRANCHI, Claiton M.; CAMARGO, Valter L. A de. **Controladores Lógicos Programáveis**; 2ªed.; São Paulo; Érica, 2009.
- SILVEIRA, Paulo R.; SANTOS, Winderson E. **Automação e Controle Discreto**. 4ª ed. São Paulo; Érica, 2002.
- SMAR; Profibus PA. **Manual dos Procedimentos de Instalação**, Operação e Manutenção; Ver. 2; Jul/09.
- SCADA**. Revista Mecatrônica Atual nº 59. 2012. Disponível em: <[www.mecatronicaatual.com.br/](http://www.mecatronicaatual.com.br/)>. Acesso em: 28/02/2015.
- REVISTA Mecatrônica Atual. **Medidor de vazão tipo magnético**. Artigos. Disponível em: <<http://www.mecatronicaatual.com.br/educacao/1444-medidor-de-vazo-tipo-magnetico>>. Acesso em: 28/02/2015.
- NATIONAL INSTRUMENTS. **Etapas da produção de açúcar e álcool**. Disponível em: < <http://sine.ni.com/cs/app/doc/p/id/cs-13582>>. Acesso em: 13/03/2015.
- REVISTA GALILEU. **Participação de usinas de cana na geração de energia do país poderia ser seis vezes maior**. Disponível em: <<http://revistagalileu.globo.com/Revista/Common/0,,EMI326727-18537,00-PARTICIPACAO+DE+USINAS+DE+CANA+NA+GERACAO+DE+ENERGIA+DO+PAIS+PODERIA+SER+SE.html>>. Acesso em: 13/03/2015.
- CIMTEC AUTOMATION. **CLP GE FANUC**. Disponível em: <<http://www.cimtecautomation.com/parts/c-356-pac-systems-rx3i.aspx>>. Acesso em: 27/11/14.

AUTOMATION DRIVE. **Gateway DP/PA Coupler + Link**. Disponível em: <<http://www.automation-drive.com/profibus-dp-pa-coupler>>. Acesso em: 15/11/14.

PEPPERL-FUCHS. **Gateway DP/PA + Power Link**. Disponível em: <[http://www.pepperl-fuchs.us/usa/en/classid\\_702.htm?view=productdetails&prodid=5612](http://www.pepperl-fuchs.us/usa/en/classid_702.htm?view=productdetails&prodid=5612)>. Acesso em 15/11/14.

PEPPERL-FUCHS. **Gateway DP/AS-i**. Disponível em: <<http://www.maaslosguenstig.de/pepperl-fuchs/sonstiges/pepperl---fuchs-vbg-pb-kf-r4-teile-nr-112484/a-45831/>>. Acesso em: 15/11/14.

PRESYS. **Instrumento de geração e leitura analógica**. Disponível em: <<http://www.presys.com.br/pt/control-de-processo/dcy-2058/>>. Acesso em: 15/11/14.

## ANEXOS

### Anexo A – Configuração *Cimplicity Machine Edition* - CME

#### Criando um Projeto

O *Cimplicity Machine Edition* - CME é uma poderosa ferramenta de configuração e programação dos equipamentos GE Fanuc de controle e visualização de processos industriais. Este é a plataforma padrão para toda linha de CLPs da Série 90 e Série Versamax, Interfaces IHM e dispositivos *Control/View Station*.

Quando o Cimplicity ME for executado pela primeira vez após sua instalação, deverá ser definido inicialmente o tipo de hardware e de programação (tema) da aplicação que se pretende desenvolver. Conforme Figura A.1.

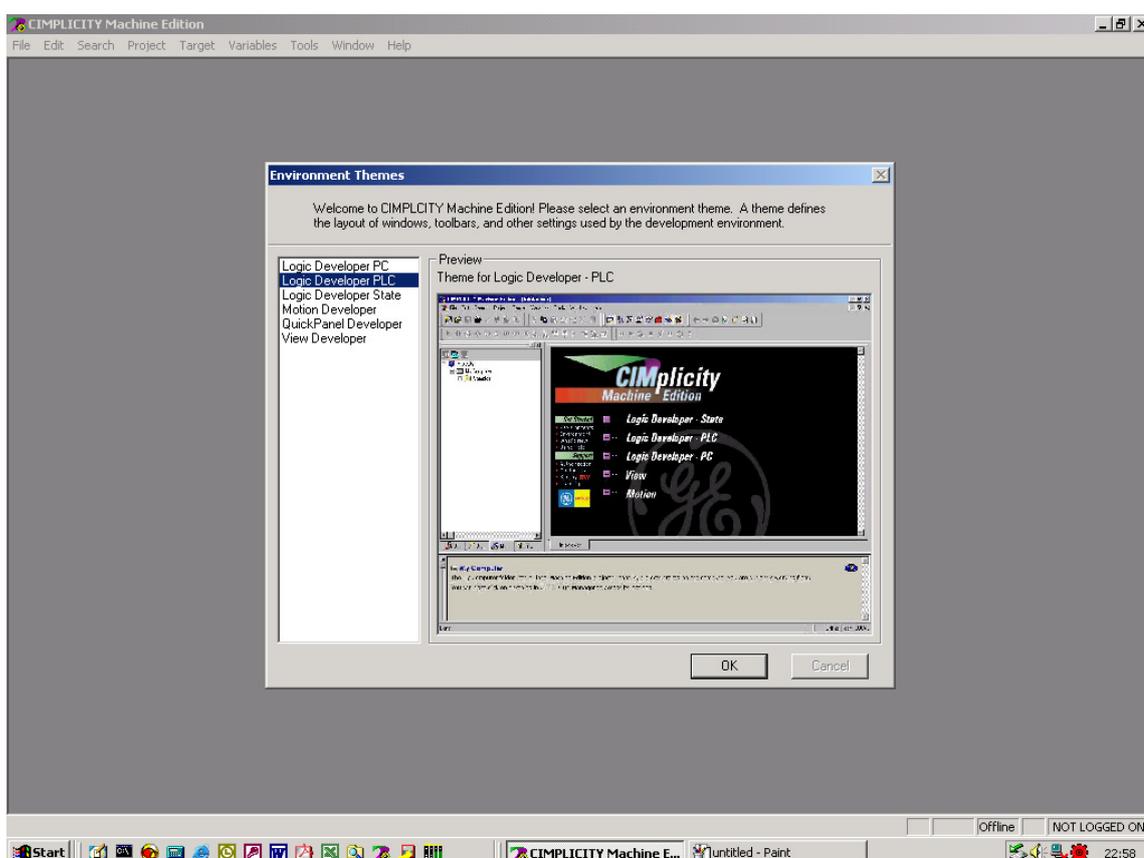


Figura A.1 – Tela de abertura do CME  
Fonte: Autoria própria.

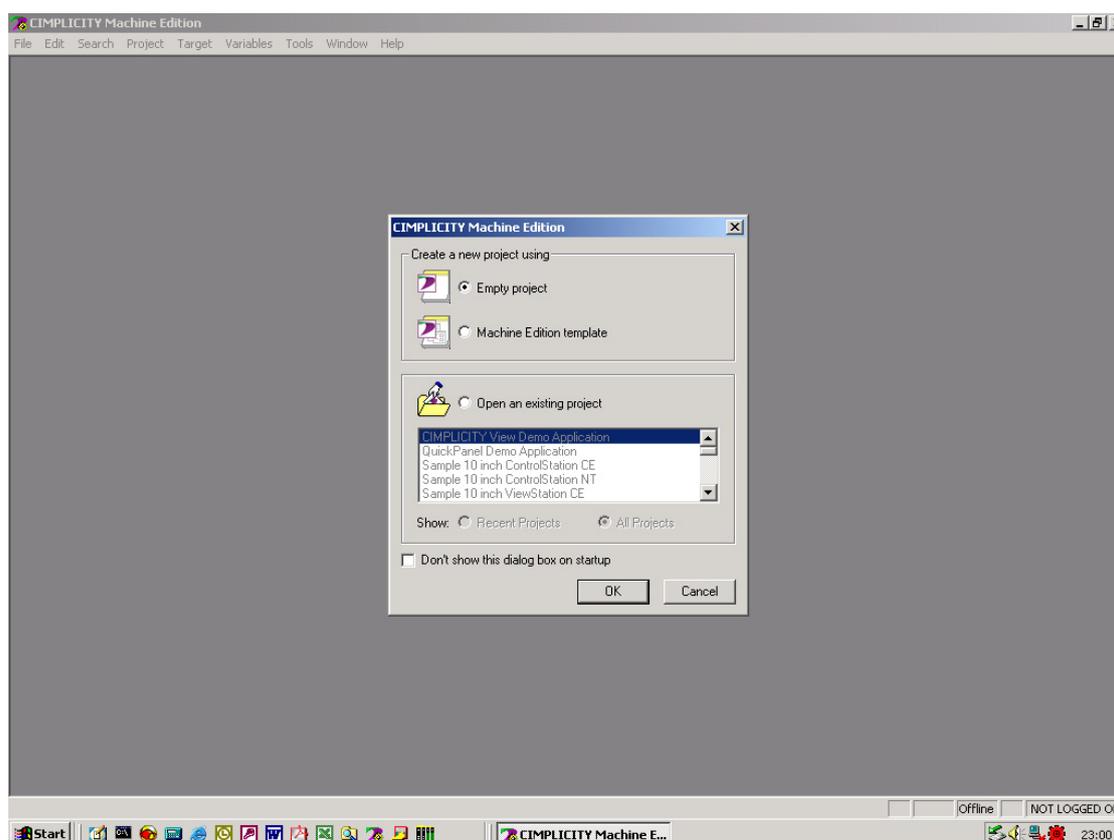
As aplicações que desenvolvermos, estão relacionadas a controles de processos executados por CLPs, assim a opção escolhida deverá ser: LOGIC DEVELOPER PLC.

O passo seguinte será criar um novo projeto – *New Project* – onde será definido o hardware utilizado e será desenvolvida a lógica de controle da aplicação.

Um novo projeto pode ser iniciado de duas formas:

*Empty project*: conforme Figura A.2, nesse caso estaremos criando um projeto vazio onde todo o hardware e lógica de controle deverão ser configurados e elaborados passo a passo.

*Machine Edition template*: essa opção permite utilizar um modelo padrão – *template* – como base para iniciar um projeto. Esse modelo possui uma estrutura de exemplo que pode ser adaptada a uma aplicação específica sem a necessidade de configurar todos os componentes de hardware do sistema ou iniciar uma programação a partir do zero.

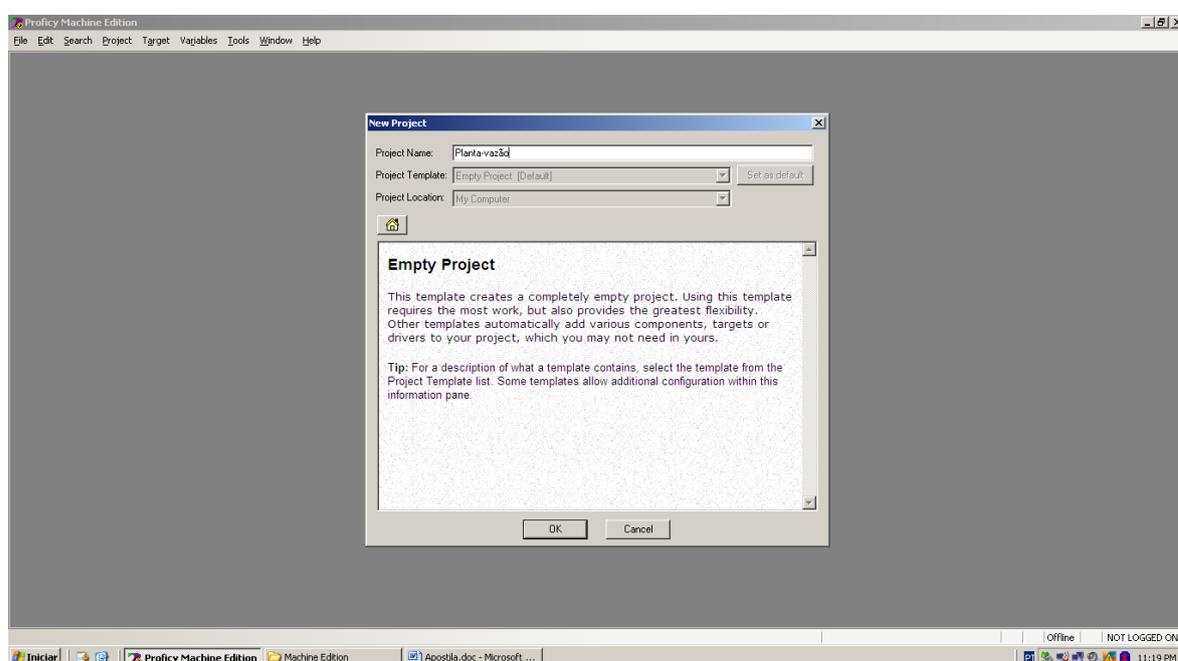


**Figura A.2 – Projeto Vazio**  
**Fonte: A autoria própria.**

## Criando um Novo Projeto Vazio

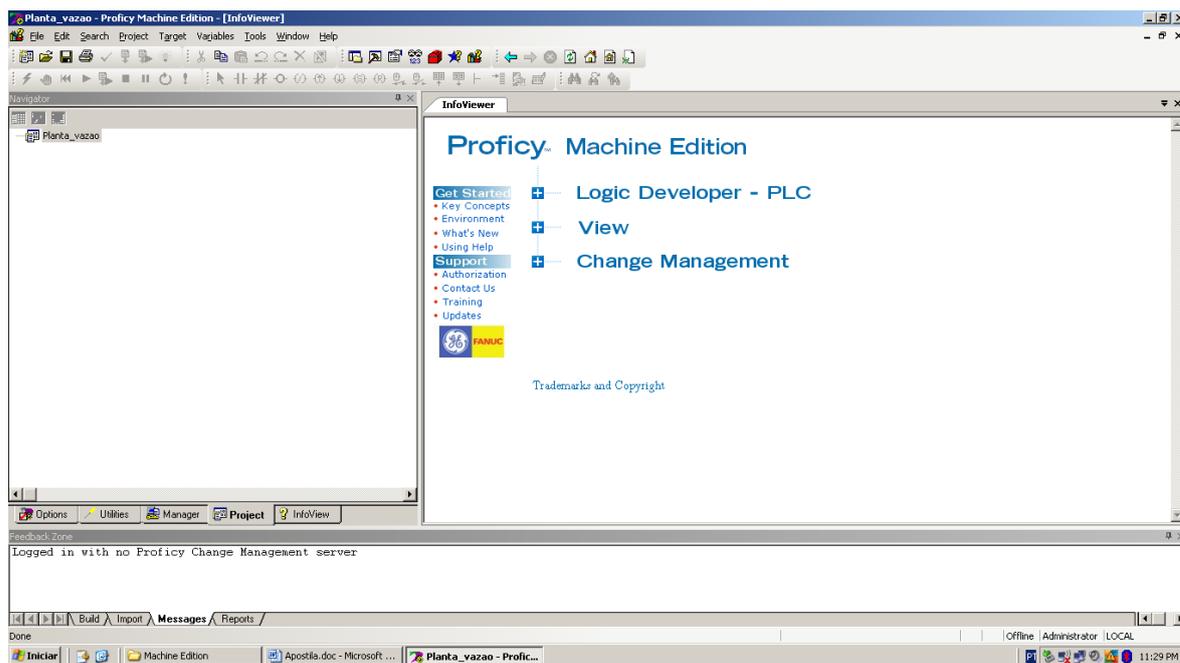
No menu *File* selecione *New Project*. A janela acima será aberta. A seguir selecione a opção *Empty project*. Isso permitirá verificarmos todos os passos de construção de um projeto.

A próxima janela (Figura A.3) possui um campo para determinação do nome do projeto e um campo (habilitado somente quando selecionamos *Machine Edition Template*) onde definimos a família de *hardware* que utilizaremos. Essa família pode ser definida como padrão para todos os novos projetos a partir do botão *Set as default*.



**Figura A.3 – Novo projeto vazio**  
**Fonte: Autoria própria**

A Figura A.4 é a janela principal de trabalho do CME. Nela verificamos diversas janelas abertas simultaneamente na área de trabalho. Essas janelas serão abordadas na sequência.



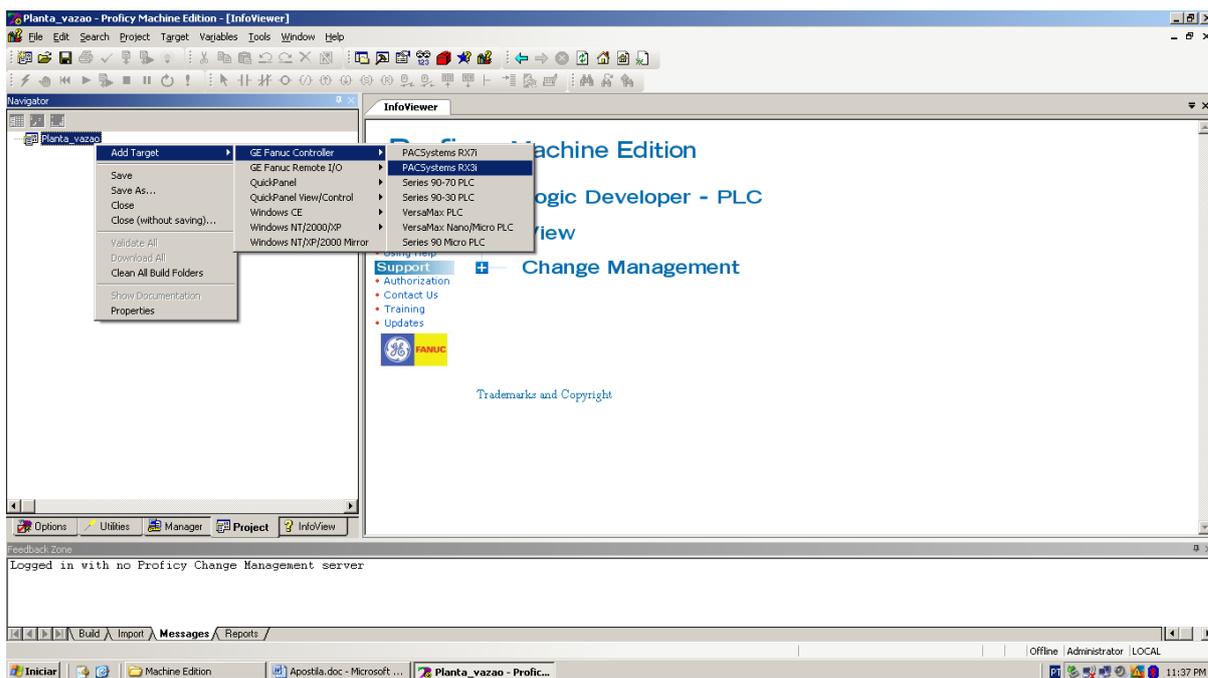
**Figura A.4– Tela principal**  
**Fonte: Autoria própria**

Localizada na lateral esquerda está a janela do *Navigator*. Ela possui diversas abas inferiores que serão estudadas a seu tempo. Na aba *Manager* podemos verificar e acessar todos os projetos criados e os exemplos pré-definidos. No momento é importante verificarmos a aba *Project*, onde iniciaremos a estruturação de nossa aplicação. A janela *Navigator* pode ser aberta ou fechada através do botão localizado na barra de botões



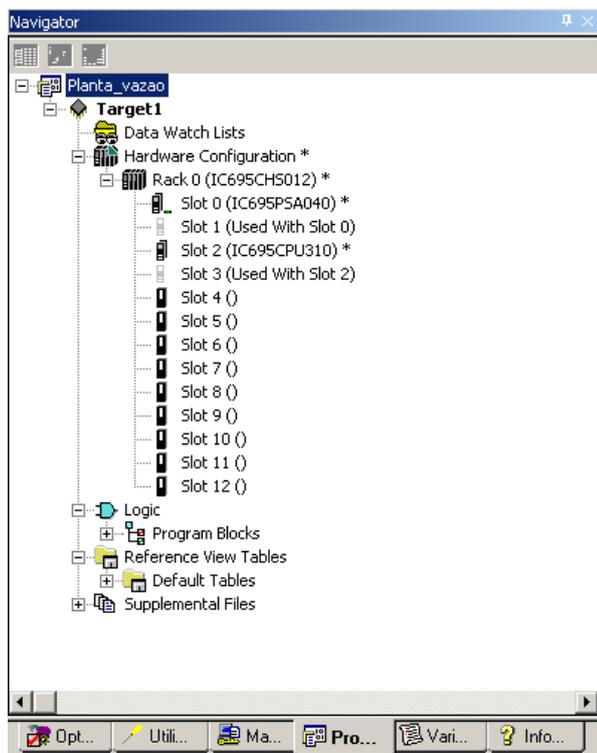
## Configuração de Hardware do PLC

Após nomear o projeto o passo seguinte é configurar todos os componentes de *hardware*. É necessário definir um *hardware* alvo – *Target*. O *target* representa a família de *hardware* que será utilizada e é determinado clicando-se o botão direito do *mouse* sobre o nome do projeto. Escolha *Add Target* e em seguida o PLC desejado, no caso *Pacsistems RX3i*, conforme a Figura A.5.



**Figura A.5 – Seleção de Hardware**  
 Fonte: Autoria própria

Automaticamente uma estrutura em árvore é criada pelo programa possuindo todos os elementos padrões para a aplicação, conforme visualizado na Figura A.6.



**Figura A.6– Estrutura padrão**  
 Fonte: Autoria própria.

Em seguida será preciso definir a configuração e adicionar à ela todo o *hardware* necessário no projeto. Os passos a seguir mostram como configurar o *rack* principal, a fonte de alimentação, a CPU e módulos I/O. Se o *hardware* coincidir com os parâmetros padrões, não será preciso alterá-los. Porém, se o *hardware* for diferente do padrão, deve-se considerar os seguintes procedimentos para parametrizar o projeto.

### **Para alterar um *rack***

O *rack* criado automaticamente consta 12 *slots* disponíveis, como o projeto é igual, será mantido o mesmo.

Caso fosse necessária alteração do *rack*, clicar o botão direito sobre o *Rack* Principal (*Rack 0*) e escolha *Replace Rack*. A caixa de diálogo *Module Catalogue* aparecerá listando todos os *racks* disponíveis para a substituição, selecionar o *rack* que se deseja e clicar em OK, a árvore da configuração de *Hardware* (*Hardware Configuration*) é utilizada para mostrar a alteração. Qualquer fonte de alimentação ou CPU que existia originalmente será mantida.

### **Para alterar uma fonte de alimentação**

A fonte de alimentação também é incluída automaticamente na estrutura e também é igual à usada no projeto (PSA040), não sendo necessário a alteração. Repare-se que a fonte já ocupou os *slots* 0 e 1.

Na necessidade de mudança clicar o botão direito sobre a fonte de alimentação (*Slot 0*) e escolha *Replace Module*. Na caixa de diálogo *Module Catalogue* aparecerão listadas as fontes de alimentação disponíveis, selecionar a fonte de alimentação que desejar e clicar em OK, a árvore de configuração de *Hardware* (*Hardware Configuration*) será utilizada para mostrar a alteração.

### **Para alterar uma CPU**

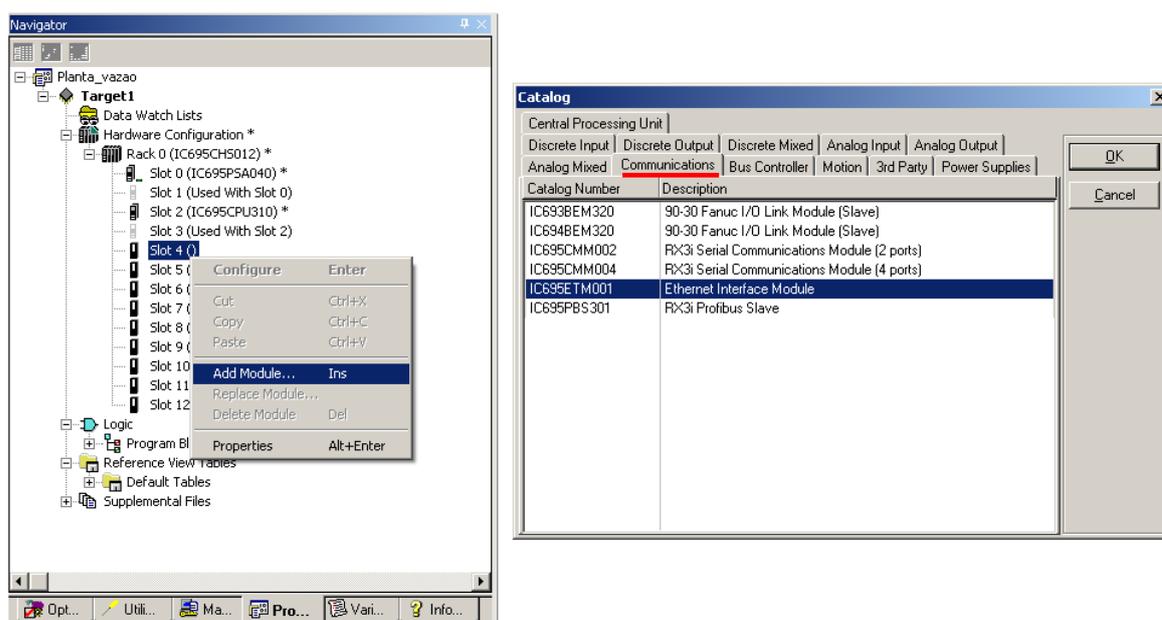
A CPU do projeto também é a mesma criada pelo programa (CPU310), na necessidade de alteração, clicar o botão direito sobre o *Slot 2* e escolha *Replace Module*. A caixa de diálogo *Module Catalogue* mostrará todas as CPUs disponíveis,

selecionar a CPU desejada e clicar em OK, será perguntado para se confirmar a alteração. Isso acontece pela grande quantidade de parâmetros da CPU que podem ser alterados, e a troca de CPU fará com que a nova CPU mantenha seus parâmetros padrões.

Clicar em OK, a árvore da configuração de *Hardware (Hardware Configuration)* é utilizada para mostrar as alterações.

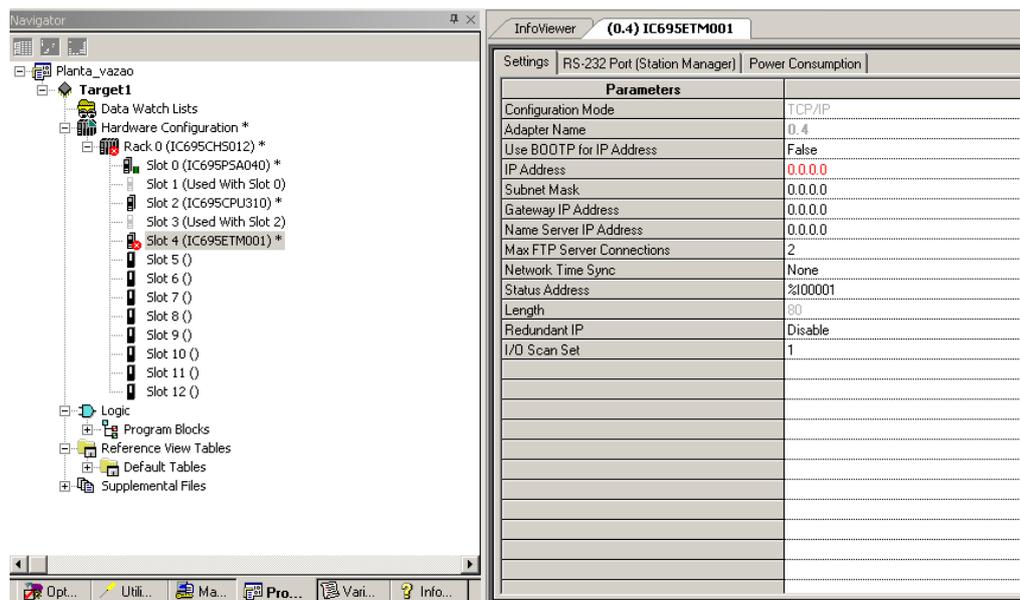
### Para adicionar os módulo I/Os

O próximo módulo a ser adicionado é o cartão de comunicação *Ethernet*, para isso clicar com o botão direito sobre o próximo *slot* disponível (*slot 4*) e clicar em *Add Module*, abrirá a janela *Catalog*, selecionar a aba *Communications* e selecionar o módulo IC695ETM001, conforme Figura A.7.



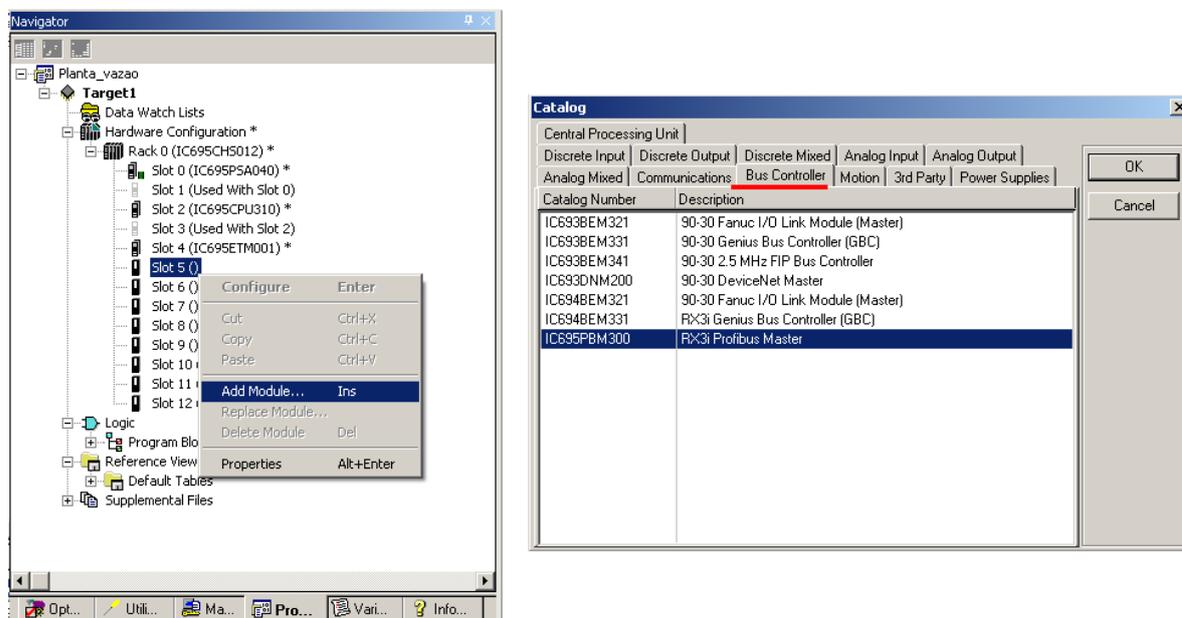
**Figura A.7 – Adição de módulo de comunicação**  
**Fonte: Autoria própria**

A tela seguinte irá aparecer, note-se que o *slot 4* ficará com uma advertência em vermelho, sendo obrigatório a configuração do módulo com respectivo endereço IP, no caso do projeto foi usado 126.1.2.30, também foi configurado a máscara de sub-rede (*SubnetMask*) com 255.255.0.0, como na Figura A.8.



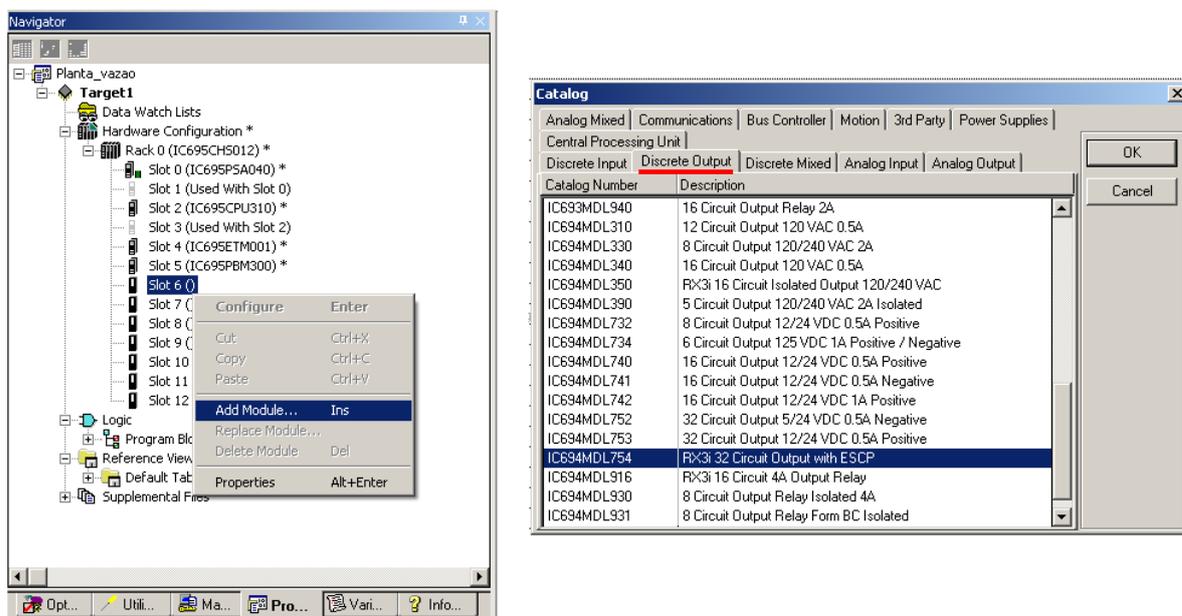
**Figura A.8 – Endereçamento TCP/IP**  
Fonte: Autoria própria

O módulo seguinte será o *Profibus Máster*, sendo adicionado no *slot 5*, com o botão direito e clique em *Add Module*, na janela *Catalog* selecionar a aba *Bus Controller* e clicar no módulo *IC695PBM300*, como mostrado na Figura A.9.



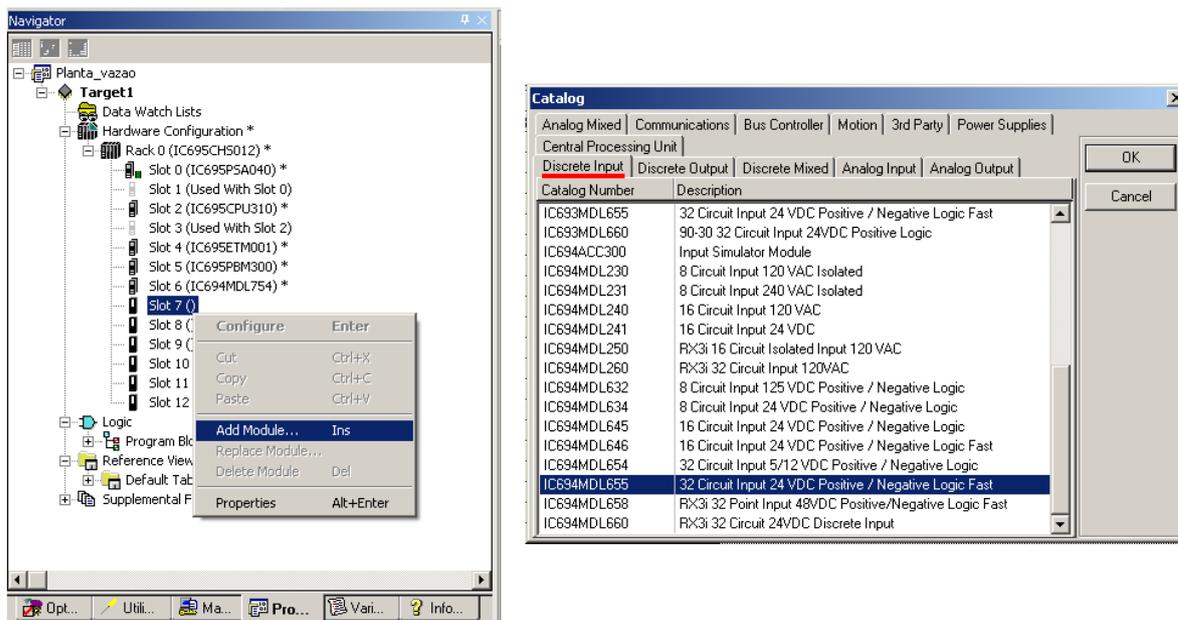
**Figura A.9 – Adicionando módulo Profibus**  
Fonte: Autoria própria

O módulo a ser inserido na sequência é de saída digital no *slot* 6, com o direito em *Add Module*, abra a aba *Discrete Output* e selecionar o módulo IC694MDL754, como na Figura A.10.



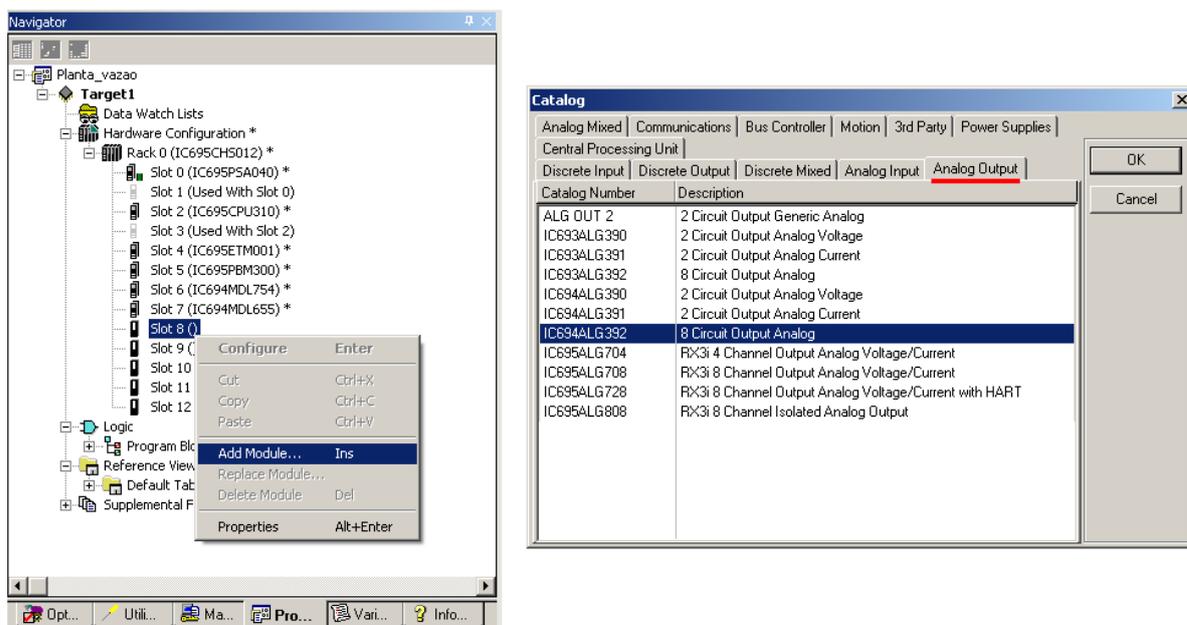
**Figura A.10 – Adicionando módulo Saída Digital**  
**Fonte: Autoria própria**

No *slot* 7 será adicionado o cartão de entrada digital, com o direito clicar em *Add Module*, na janela *Catalog* clicar em *Discrete Input* e localizar o módulo IC694MDL655, como na Figura A.11.



**Figura A.11 – Adicionando módulo Entrada Digital.**  
Fonte: Autoria própria.

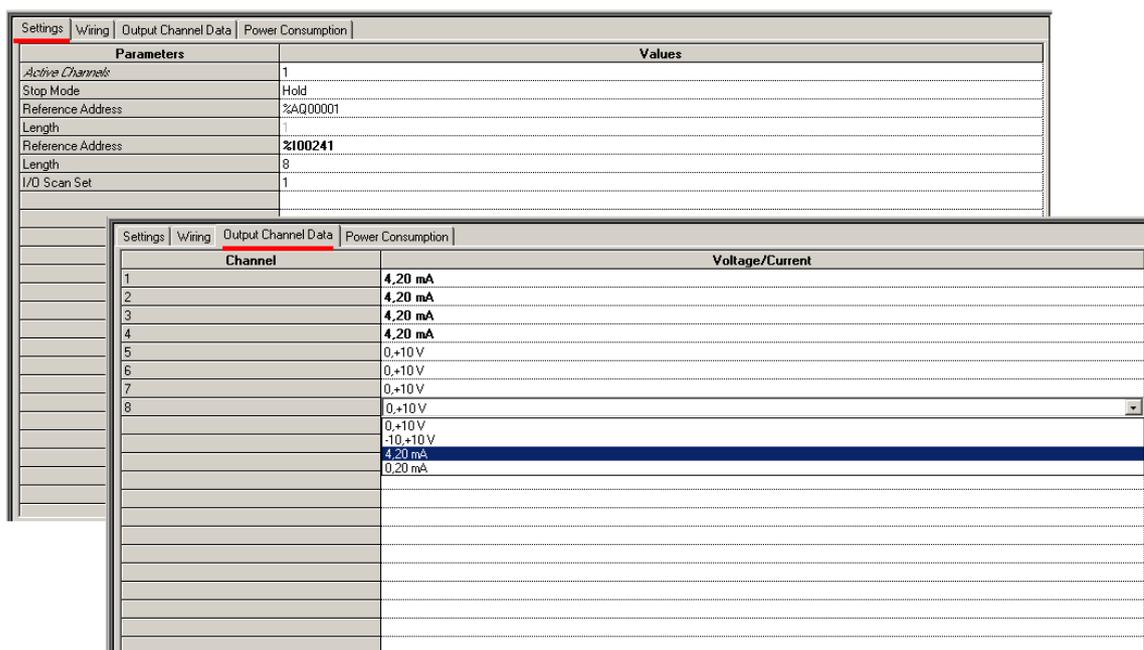
No slot 8 será incluído o módulo de saída analógica com o direito em *Add module*, na aba *Analog Output*, selecionar o módulo IC694ALG392, composto de 8 saídas analógicas. Como na Figura A.12.



**Figura A.12 – Adicionando módulo saída Analógica**  
Fonte: Autoria própria

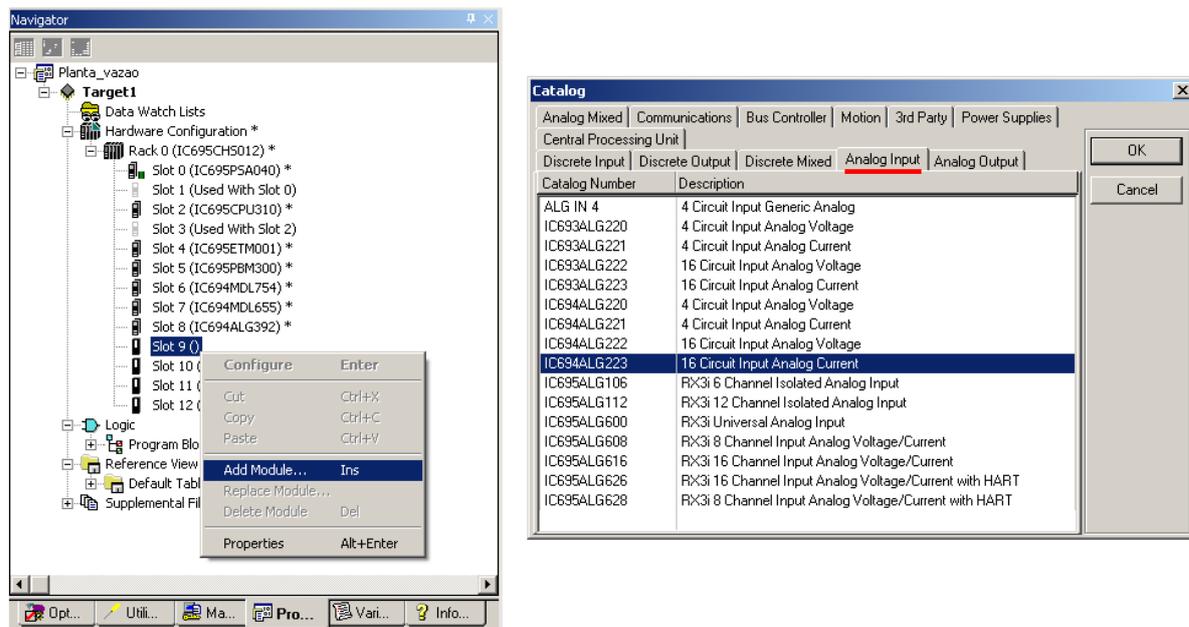
Nota-se que ao incluir esse módulo, nas configurações está ativo apenas uma saída, sendo necessário ativar as demais, na aba *Settings* em *Active Channels* mude para 8, que é o número de saídas disponíveis nesse modelo.

Para selecionar o tipo de sinal de saída, na aba *Output Channel Data* está selecionado por padrão 0 a +10 V, no caso foi alterado para 4 a 20 mA para todas as saídas clicando em cima do valor e selecionando o desejado, como na Figura A.13.



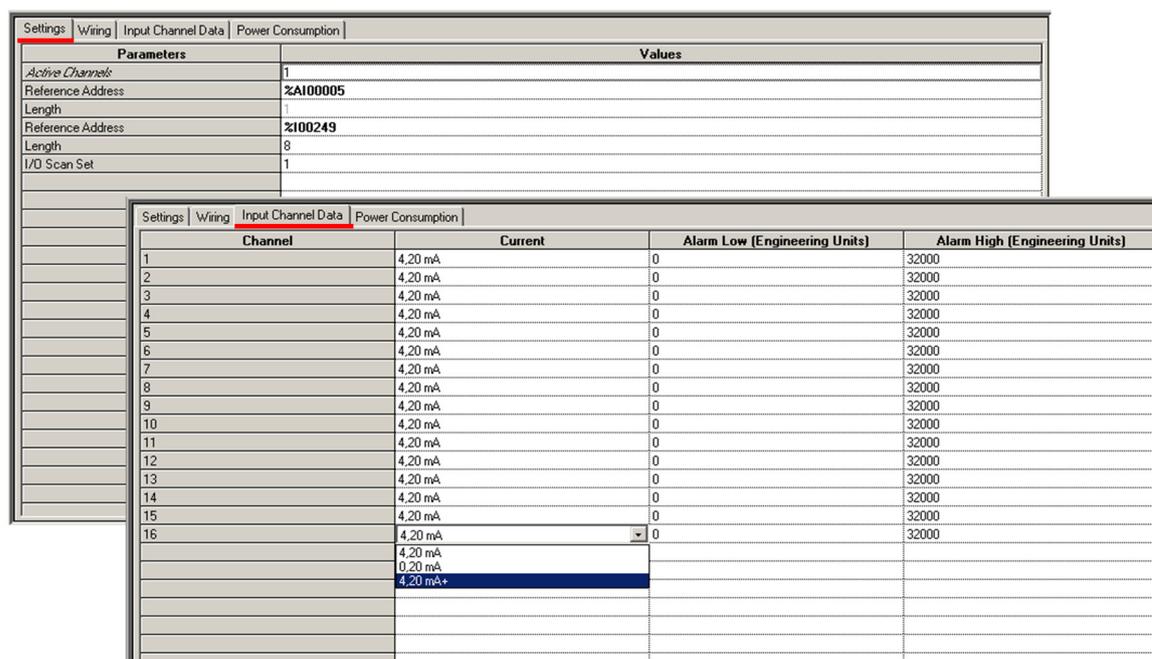
**Figura A.13 – Configuração Saída Analógica**  
**Fonte: Autoria própria**

O último módulo a ser adicionado é de entrada analógica no *slot* 9 com o direito em *add Module* e na aba *Analog Input* selecionar o módulo IC694ALG223 contendo 16 entradas analógicas, como mostra a Figura A.14.



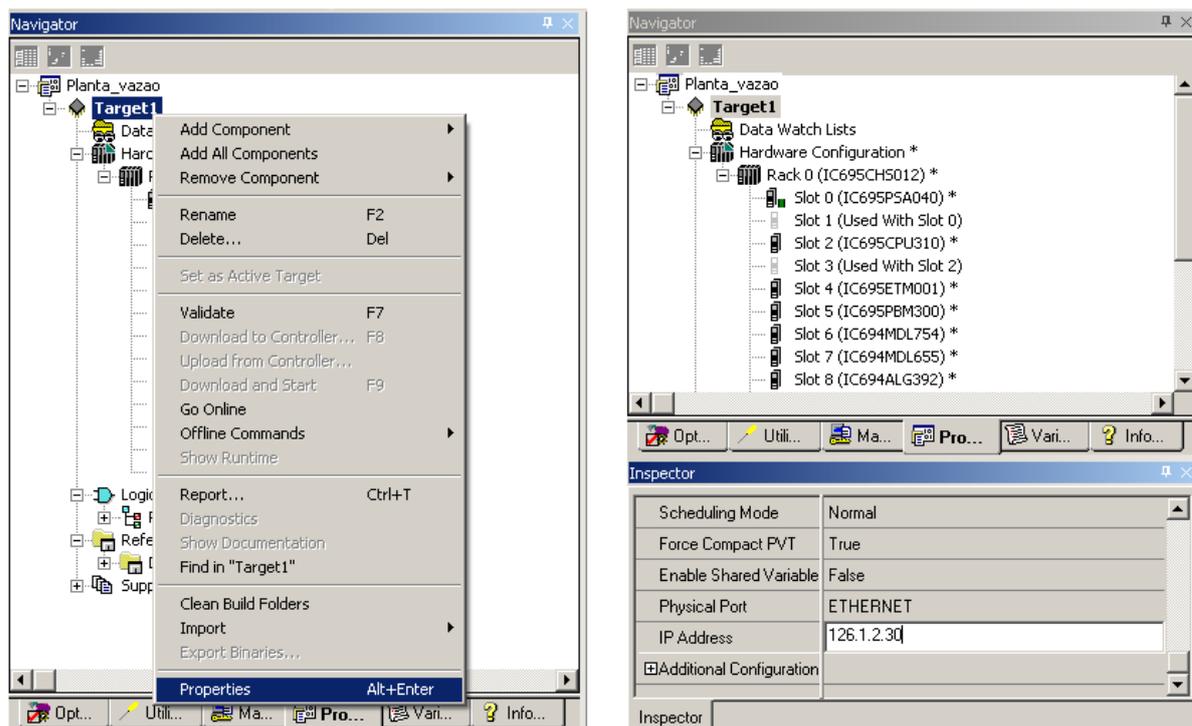
**Figura A.14 – Adicionando módulo Entrada Analógica.**  
 Fonte: Autoria própria.

Do mesmo modo, será necessário ativar as demais entradas em *Settings* digitando 16 que é o número de saídas desse modelo e na aba *Input Channel Data* selecionar o tipo de sinal de entrada, no caso 4,20 mA, como na Figura A.15.



**Figura A.15 – Configuração Entrada Analógica.**  
 Fonte: Autoria própria.

Na configuração do endereço IP do módulo *Ethernet* visto anteriormente, é apenas configuração do módulo, sendo necessário configurar o projeto, para isso com o direito em *Target1* clicar em *properties*, na janela *Inspector* localize *Physical Port* e selecione *Ethernet*, abrirá a opção *IPAddress*, digitar o mesmo IP configurado no módulo 126.1.2.30.como mostra Figura A.16.



**Figura A.16 – Configuração do endereço IP no projeto.**  
Fonte: Autoria própria.

Pronto, a configuração de *hardware* do CLP está configurado, faltando inserir o instrumentos de campo de farão parte da rede *Profibus PA*, para isso ir ao *slot 5*, clicar com o direito e selecionar *Add Slave*, abrirá a janela de *Slave catalog*, procurar pelo fabricante o instrumento desejado e clicar em ok para adicioná-lo, como mostra a Figura A.17.

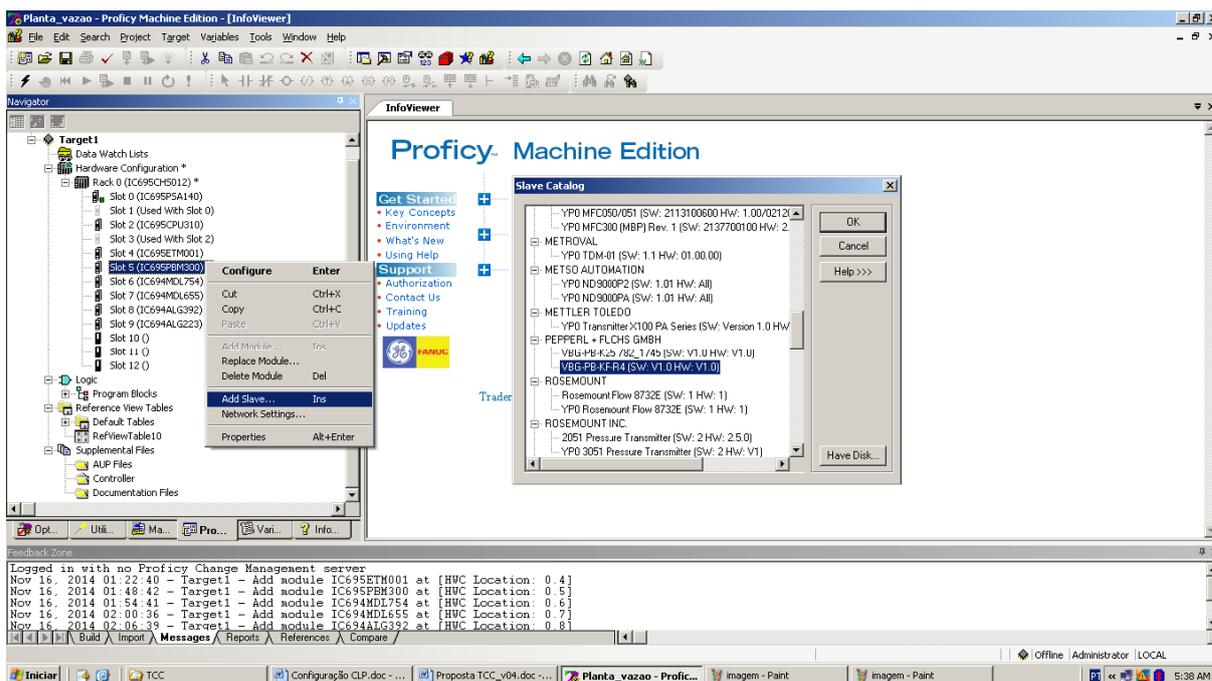
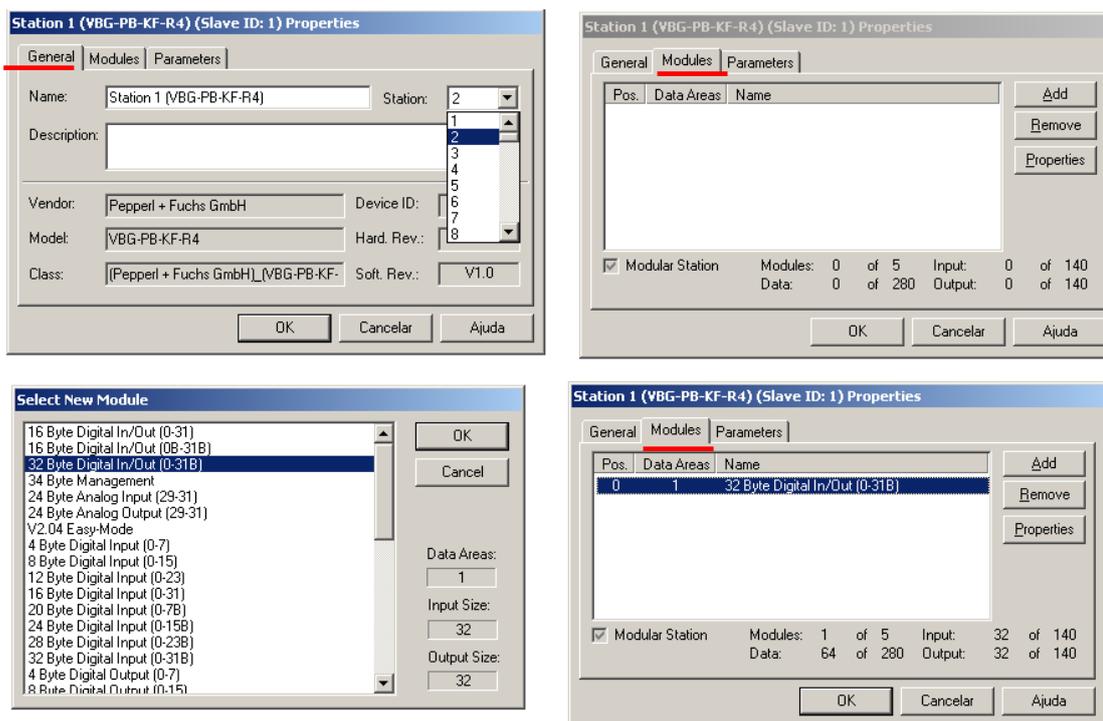


Figura A.17 – Adicionando Instrumentos

Fonte: Autoria própria

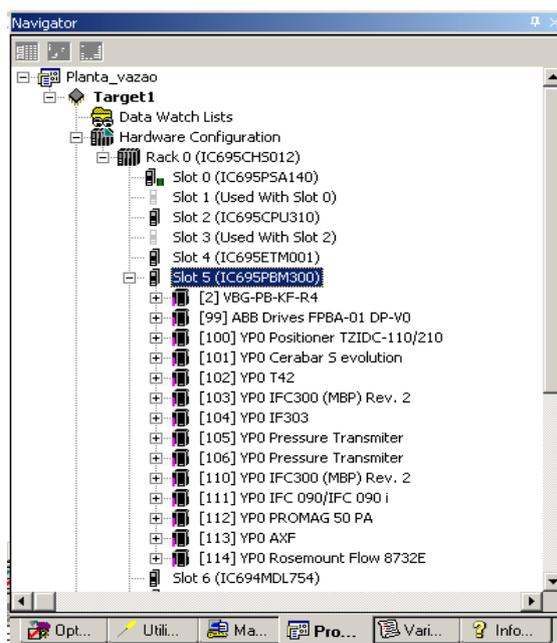
Este é o *gateway* DP/AS-i que será inserido no projeto, após clicar em OK abrirá a janela *Station 1*, na aba *General* fazer a seleção de endereço que deverá ser 2, após selecionar a aba *Modules* e clicar em *Add*, que abrirá a janela *Select New Module*, selecionar *32 byte Digital In/Out (0-31B)*, pois esse serão os possíveis endereços disponíveis para os módulos *AS-i* da rede, como na Figura A.18.



**Figura A.18 – Adição dos módulos da rede AS-i**  
**Fonte: Autoria própria**

Repetir esse procedimento para todos os instrumentos instalados na planta.

Depois de inseridos todos os instrumentos da rede *Profibus PA* a lista do projeto ficará como na Figura A.19:



**Figura A.19 – Instrumentos adicionados**  
**Fonte: Autoria própria**

Finalmente, o CLP está configurado, reparar que do lado direito de cada módulo adicionado ficou com sinal de \* (asterisco), isso é sinal que o projeto ainda não foi salvo.

Para isso basta abrir o menu *file* e selecionar *save projet*, reparar que o asterisco não aparecerá mais.

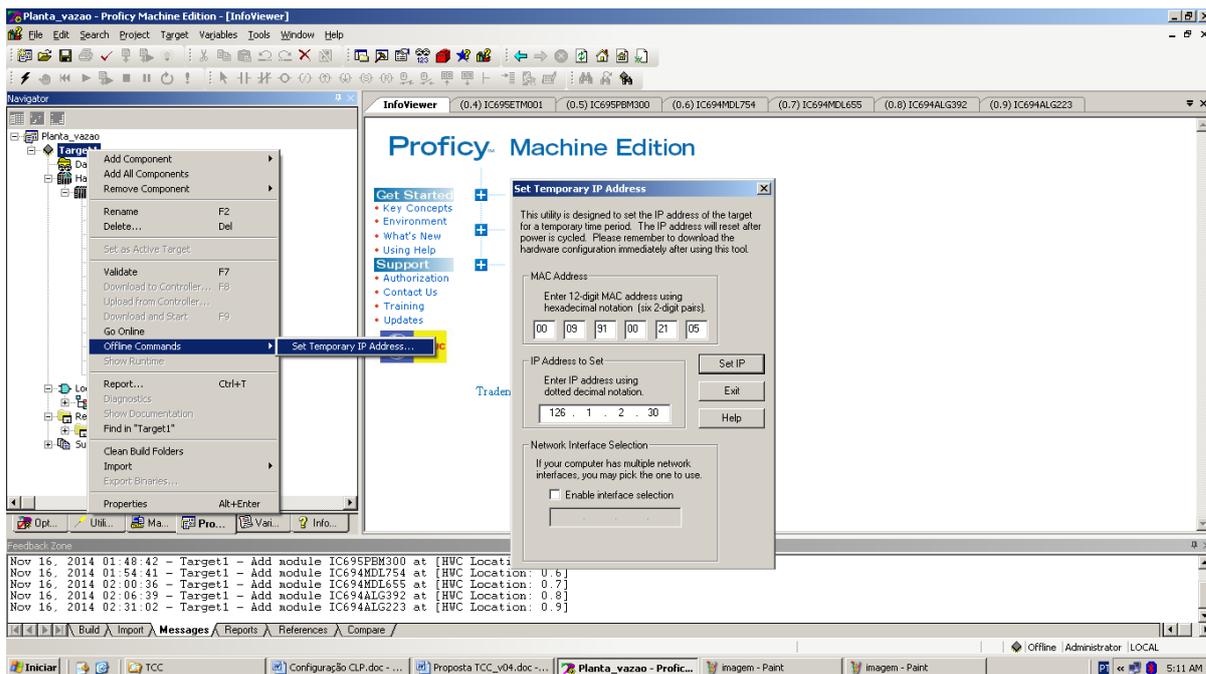
Depois do projeto salvo, é hora de fazer a primeira conexão, para isso conectar um cabo de rede do micro ao cartão *Ethernet* com o CLP já ligado.

O endereço IP configurado anteriormente se encontra apenas no projeto, sendo necessário configurar o módulo físico, pois se encontra sem endereço.

Primeiro é preciso anotar o endereço *Mac* do módulo *Ethernet*, que é único para cada fabricante e cada módulo, o mesmo se encontra gravado no próprio módulo.

Com o direito sobre *Target1* selecione *Offline Commands* e *Set Temporary IP Address*; na janela seguinte digitar o endereço *MAC* do cartão *Ethernet* e o IP configurado no projeto, clique sobre *Set IP*, o mesmo assumirá este endereço a partir de então, como na Figura A.20.

Obs: o computador deve estar configurado na mesma classe de IP que irá configurar o CLP.

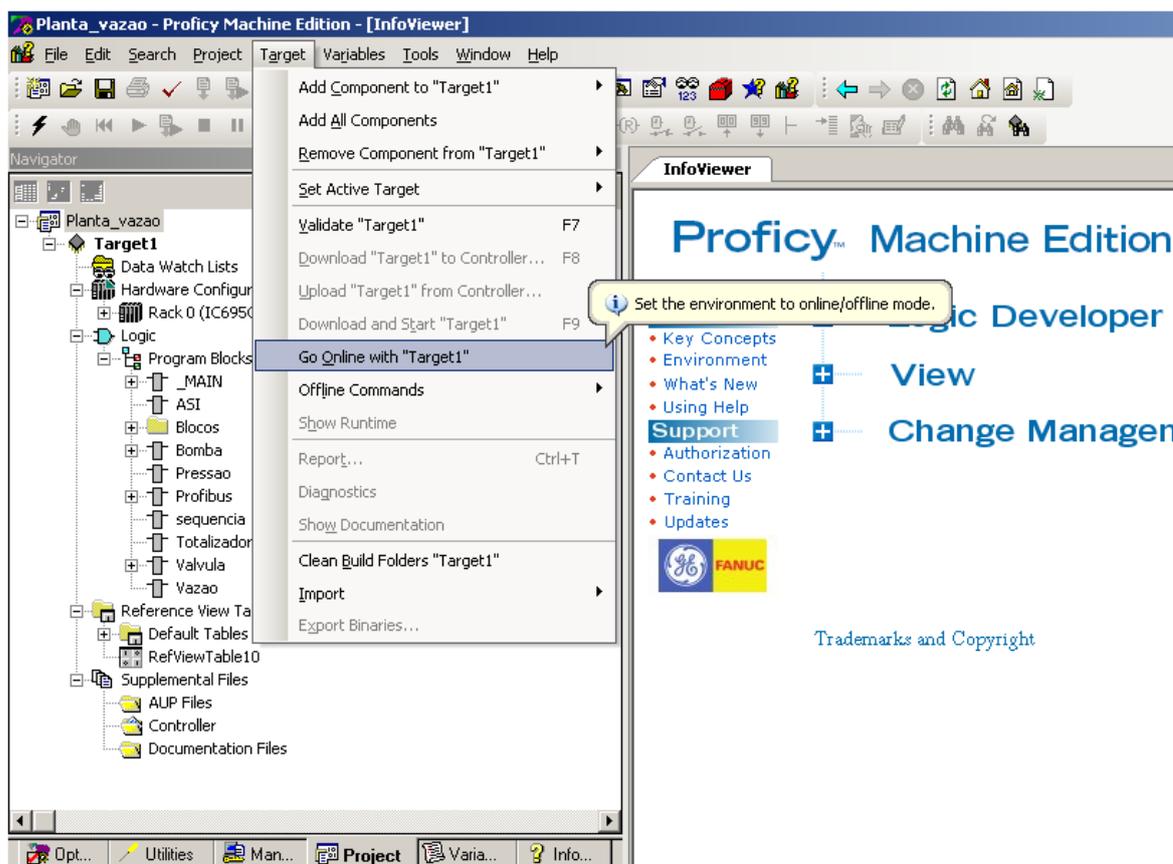


**Figura A.20 – Endereçando módulo Ethernet**  
**Fonte: Autoria própria**

## Modo *Online*

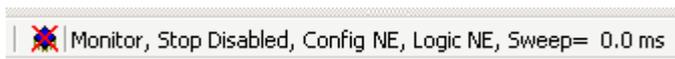
Para fazer a conexão com o CLP, basta clicar sobre  na barra de ferramentas ou ir em menu, *Target*, *Go Online with "Target1"*, como na Figura A.21.

Para ir no modo *Offline*, basta clicar novamente em .



**Figura A.21 – Comando Online.**  
**Fonte: Autoria própria.**

Pronto, assim já estará *online* com o CLP e aparecerá na barra inferior ao lado direito a seguinte mensagem



Isso quer dizer:

**Monitor:** que você está online no modo monitor, sendo possível apenas monitorar o estado das variáveis;

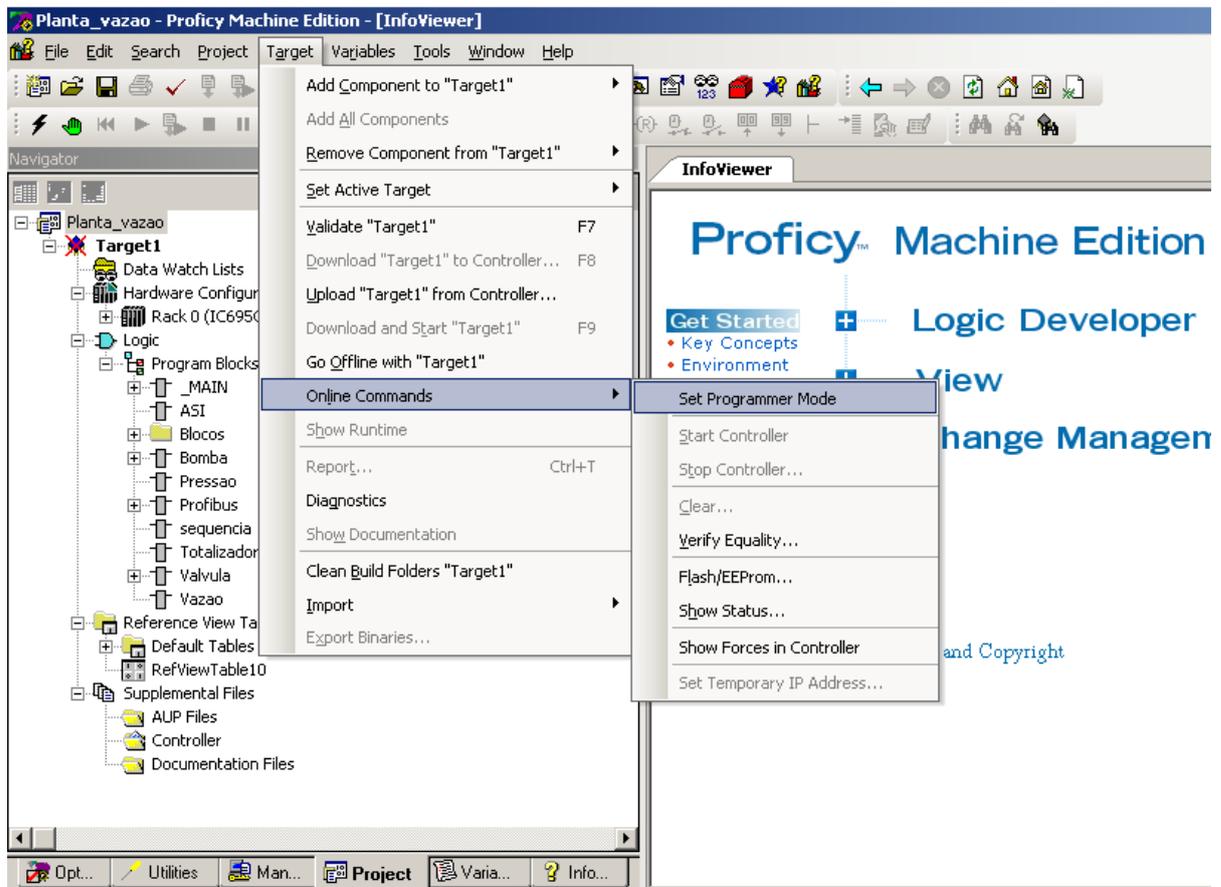
**Stop Disabled:** Que a CPU está parada e todas as saídas desabilitadas;

**Config NE:** quer dizer que a configuração de *hardware* do projeto não está igual a configuração que esta no CLP;

**Logic NE:** quer dizer que a lógica do projeto não está igual a lógica do CLP;

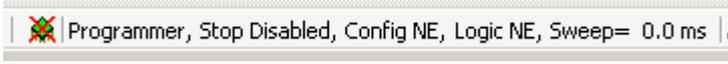
**Sweep= 0,0 ms:** é o tempo de varredura de um *scan* do CLP, como o mesmo esta parado o tempo esta zerado.

Para fazer o *download* do programa ou alguma alteração é preciso entrar em modo Programador, para isso clique na  na barra de ferramentas ou vá em *Target, Online Commands*, e selecione *Set Programmer mode*, como na Figura A.22.



**Figura A.22 – Comando modo Programador**  
**Fonte: Autoria própria**

Note-se que na barra inferior mudou o *status* para o modo programador

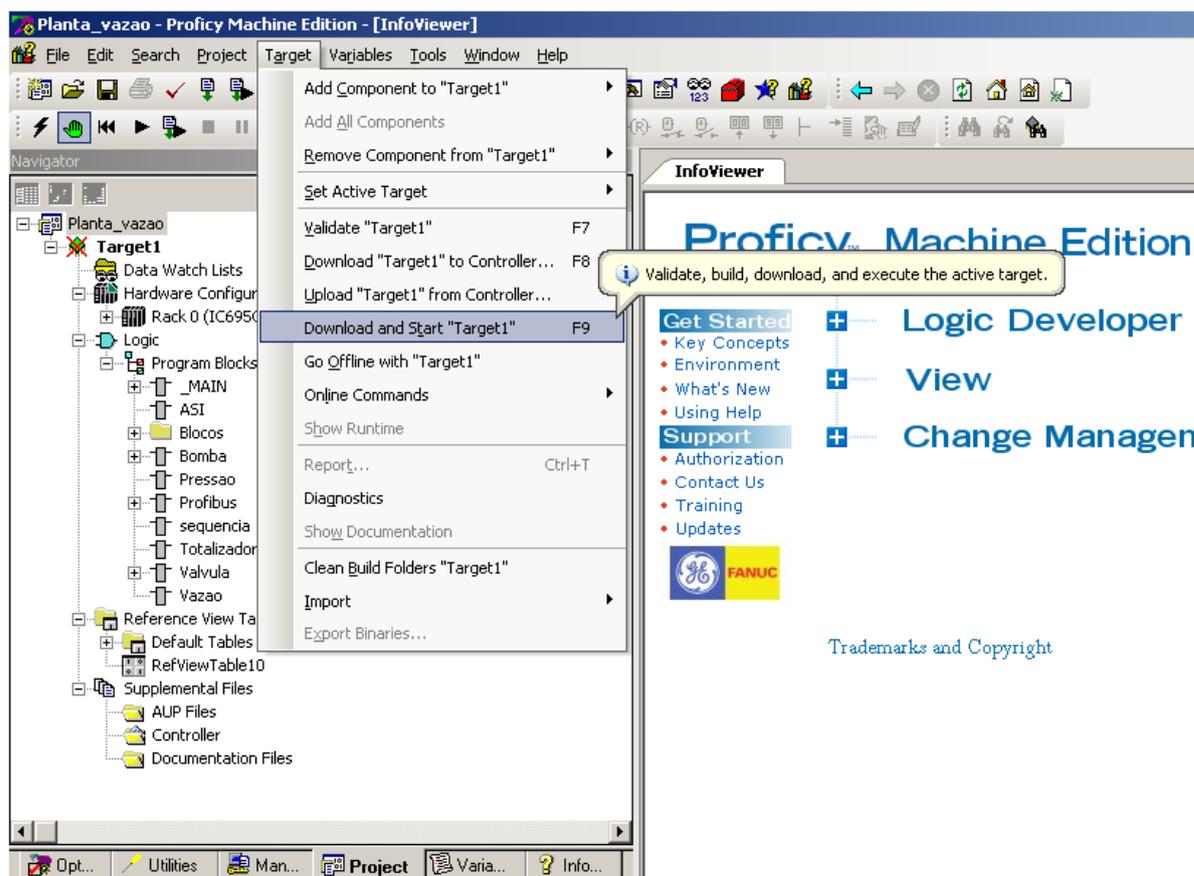
(*Programer*), 

Porém, a CPU continua parada.

Para fazer o *download* do programa e colocar a CPU em *RUN*, clicar em

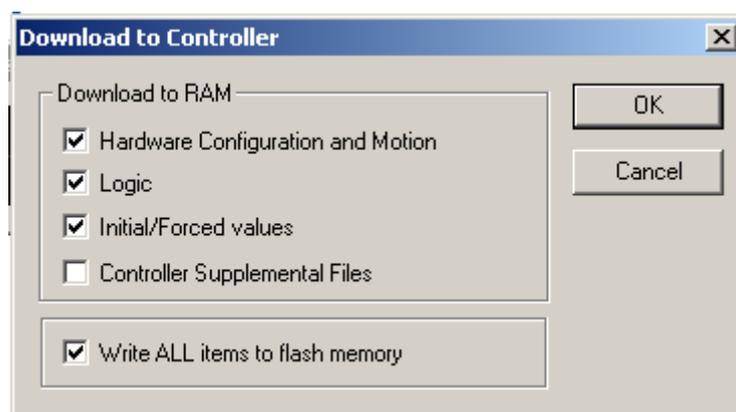


na barra de ferramentas ou ir à *Target*, e clicar em *Download end Start "Target1"*, como na Figura A.23.



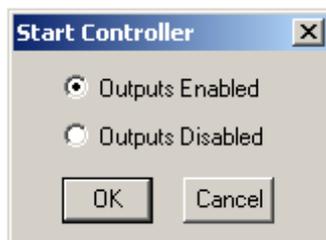
**Figura A.23 – Comando Download**  
 Fonte: Autoria própria

Aparecerá a seguinte mensagem, como na Figura A.24.



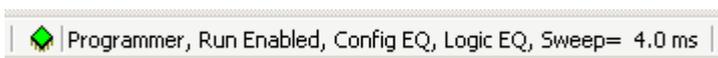
**Figura A.24 – Opções de download**  
 Fonte: Autoria própria

Como o CLP está sem nenhuma configuração, o *download* será de *hardware* e lógica que já estará selecionado, clicar em OK e o processo iniciará e aparecerá uma mensagem para habilitar as saídas, como na Figura A.25.



**Figura A.25 – Habilitar saídas**  
**Fonte: Autoria própria**

Notar que o *status* na barra inferior já mudou.



Agora, o dispositivo está em modo programador, a CPU está em *RUN* e com as saídas habilitadas, as configurações de *hardware* e lógica estão equalizadas e o tempo de *scan* do CLP está com 4,0 ms.

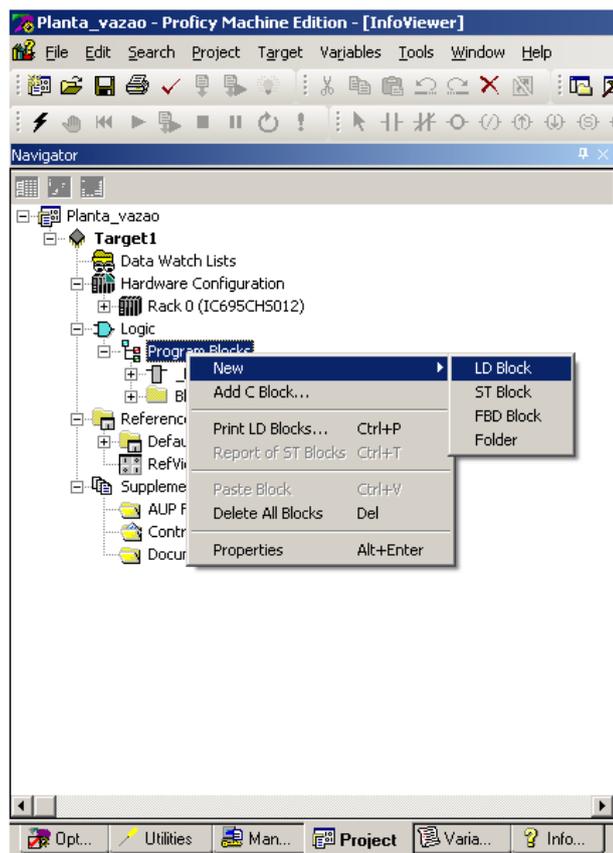
O CLP já estará executando as funções a ele designadas.

### **Referenciando as variáveis de saída**

Para referenciar uma bobina para uma saída física é preciso saber qual a referência de endereço para as saídas, na lista de *hardware* dar dois cliques sobre o módulo de saída, no caso *slot 6*, reparar que irá aparecer as configurações na janela à direita, em *Reference Address* estará *%Q00017* e em *Length* está 32; isso quer dizer que o módulo tem 32 saídas disponíveis e que a primeira delas é a *%Q00017*, como mostra a Figura A.26.

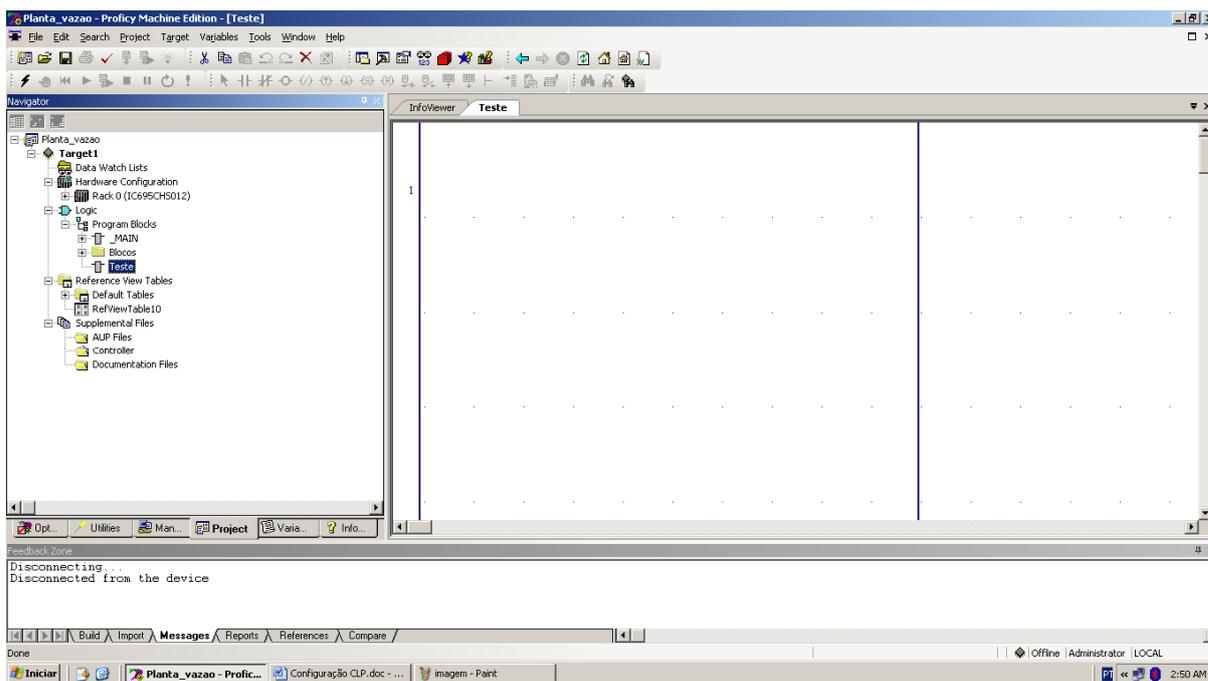






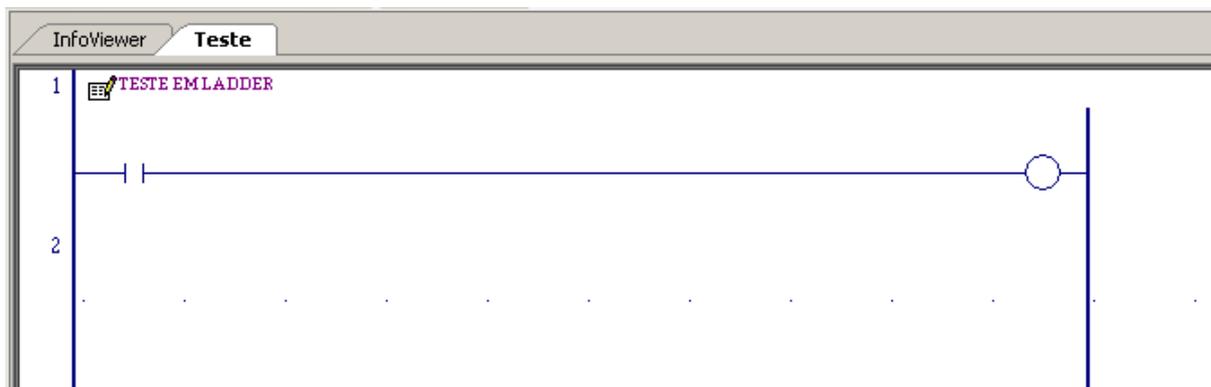
**Figura A.28 – Adição do bloco em ladder**  
 Fonte: Autoria própria

Notar que será incluso um novo bloco que poderá ser renomeado de acordo com a preferência, no caso foi renomeado com Teste, com duplo clique sobre o mesmo, abrirá na janela a direita o espaço para montar a lógica em *ladder*, como na Figura A.29:



**Figura A.29 – Janela do bloco adicionado**  
**Fonte: Autoria própria**

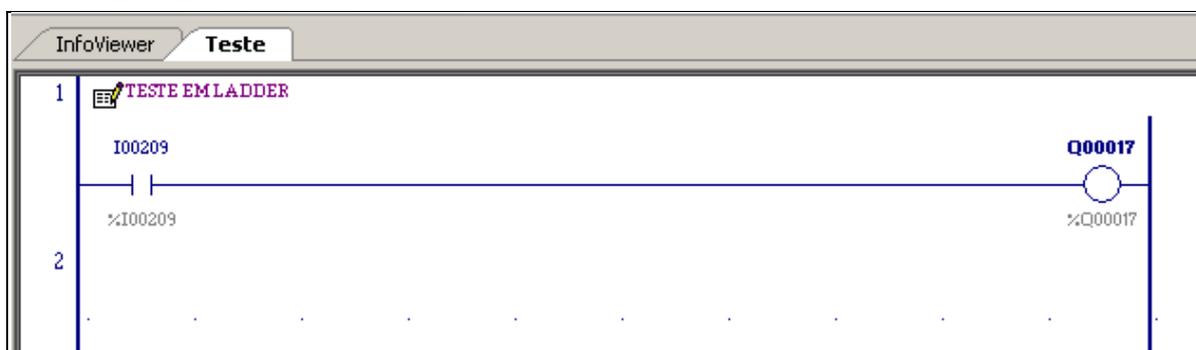
Para iniciar a programação em *ladder* poderá inserir um comentário para auxiliar na análise do projeto, clique em  na barra de ferramentas que abrirá o campo para digitar os comentários; para inserir um contato, selecionar na barra de ferramentas  o desejado e clicar no local desejado na janela e o mesmo aparecerá para montagem em *ladder*, como na Figura A.30.



**Figura A.30 – Montagem em ladder.**  
**Fonte: Autoria própria.**

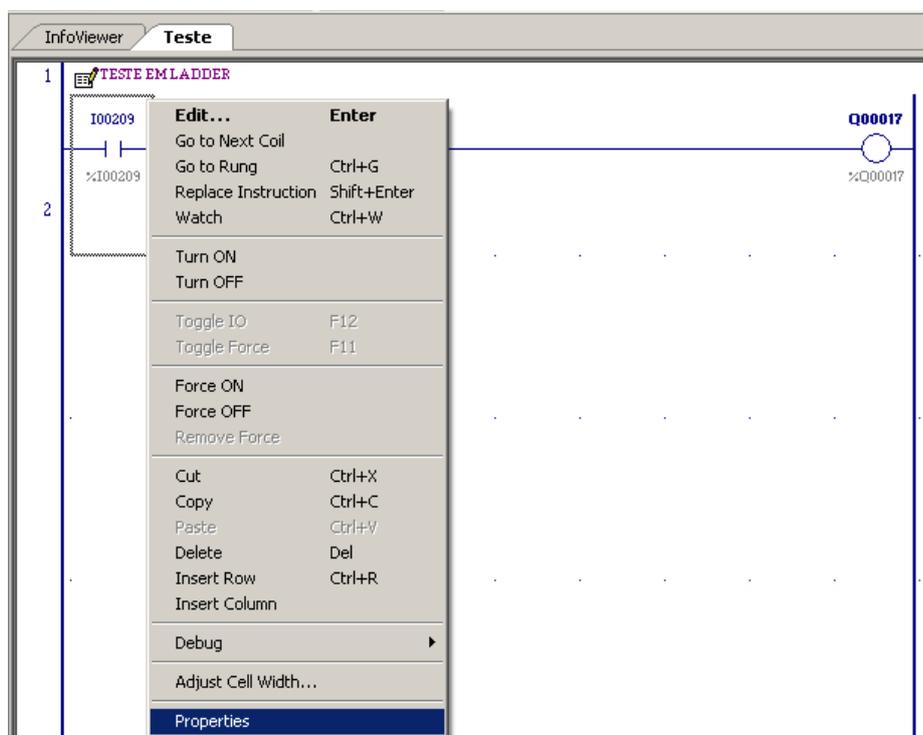
Notar que as variáveis do contato e da bobina não estão referenciadas, para isso dar dois cliques sobre o contato e digitar 209I e *enter*, como visto anteriormente

para referenciar a primeira entrada digital, dar dois cliques sobre a bobina e digitar 17Q e *enter* para referenciamos a primeira saída digital, como na Figura A.31.



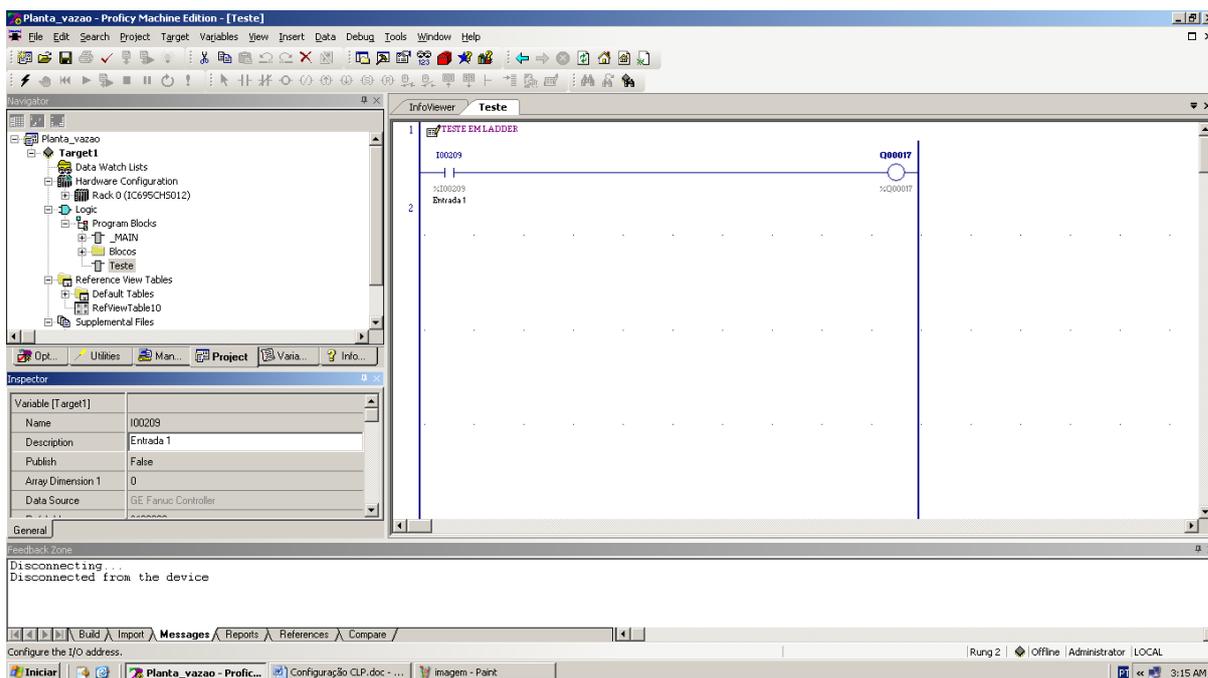
**Figura A.31 – Referenciando variáveis em ladder**  
Fonte: Autoria própria

Para facilitar a montagem e análise da lógica, pode-se colocar comentários também nas variáveis, para isso clicar com botão direito sobre ela e selecionar *Properties*, como na Figura A.32.



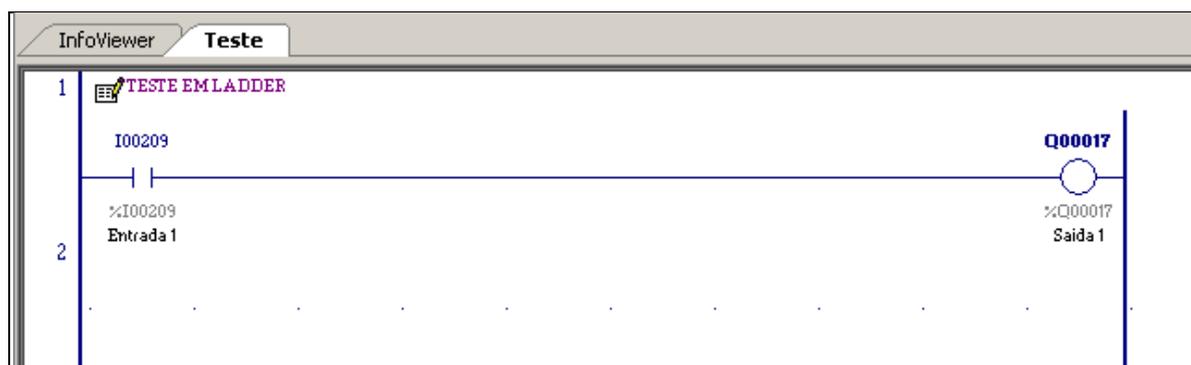
**Figura A.32 –Propriedade das variáveis**  
Fonte: Autoria própria

Abrirá a janela *Inspector*, onde se disponibilizará o campo *Description* para colocar o comentário desejado, no caso foi Entrada 1, como a Figura A.33.



**Figura A.33 – Descrevendo as variáveis**  
**Fonte: Autoria própria**

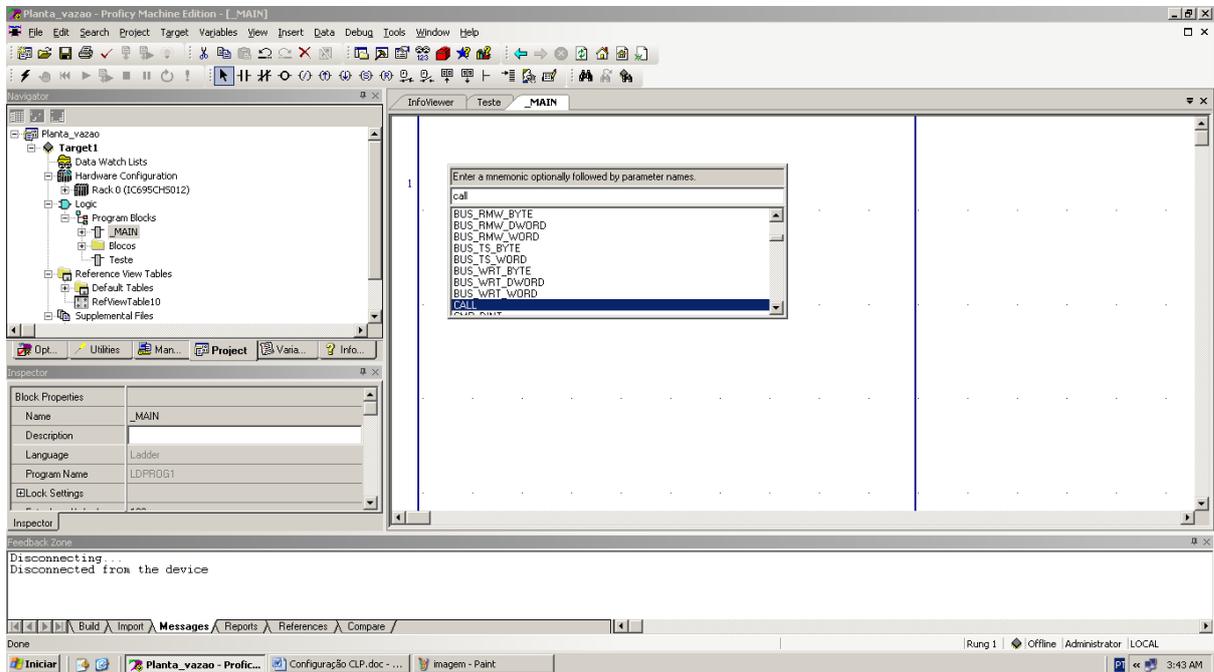
Como a janela *Inspector* já está aberta, basta clicar sobre a bobina que disponibilizará o campo para descrever o comentário desejado, no caso foi Saída 1, como na Figura A.34.



**Figura A.34 – Variáveis já descritas**  
**Fonte: Autoria própria**

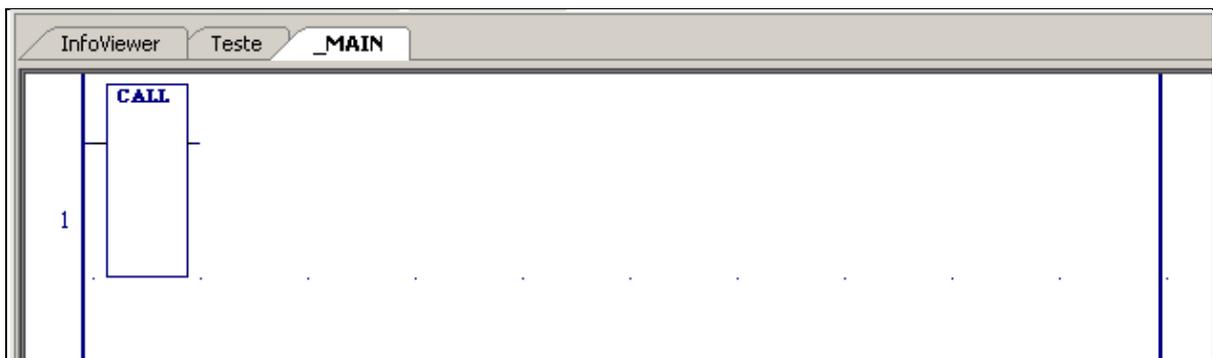
Para que seja executado a lógica feita no bloco “Teste” que foi inserido, o mesmo deve, obrigatoriamente, estar incluso no bloco *MAIN*, que é o bloco principal, e este por sua vez, faz a chamada dos demais, para isso com duplo clique sobre

*MAIN*, abrirá a janela a direita, dar um duplo clique no primeiro espaço vazio e digitar *CALL*, aparecerá uma janela com o respectivo bloco e *enter*, como na Figura A.35.



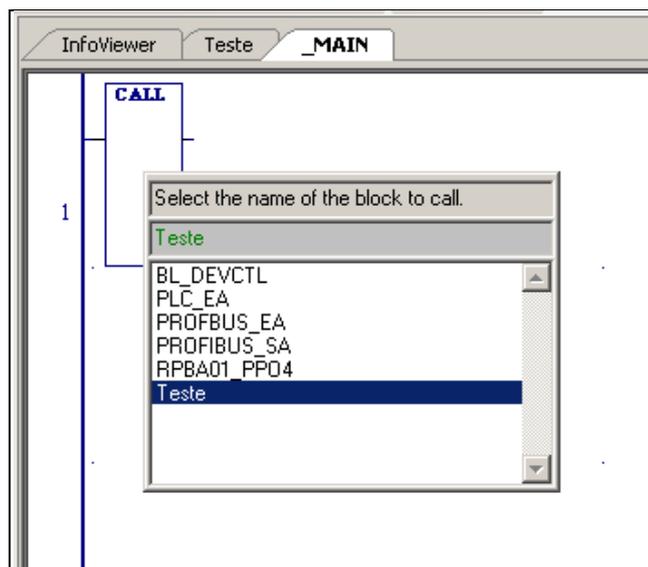
**Figura A.35 – Adicionando o bloco Call**  
**Fonte: Autoria própria**

Automaticamente o bloco *CALL* será inserido na janela, como mostra a Figura A.36.



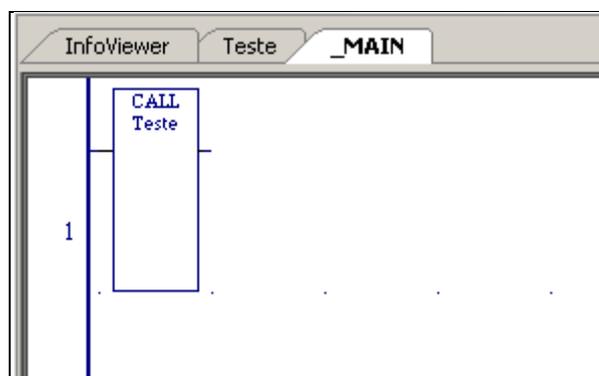
**Figura A.36 – Bloco Call adicionado**  
**Fonte: Autoria própria**

Basta dar duplo clique sobre o bloco *CALL* e selecionar o bloco “Teste” onde foi feito o *ladder*, como na Figura A.37.



**Figura A.37 – Inserindo bloco “Teste” no bloco “Call”**  
 Fonte: Autoria própria

Note-se que o bloco *CALL* agora tem o bloco “Teste” incluso, como mostrado na Figura A.38.

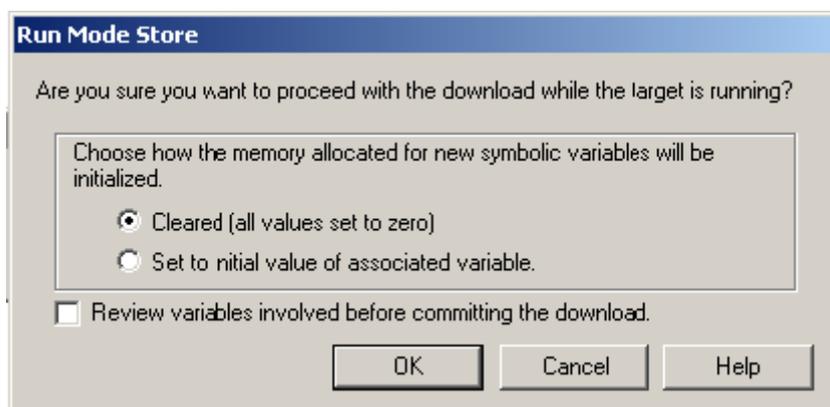


**Figura A.38 – Bloco “teste” inserido no bloco “Call”**  
 Fonte: Autoria própria

Para testar a lógica direto no CLP, basta salvar o projeto como já visto, e fazer o *download* da programação, como também já visto.

Caso se deseje fazer alguma alteração somente de lógica e manter a mesma configuração de *hardware*, o *download* pode ser feito mesmo com a CPU em modo *RUN*, ou seja, executando, basta seguir o procedimento para entrar online, clicando em  na barra de ferramentas e depois em  para poder fazer alteração, notar que o *status* agora é

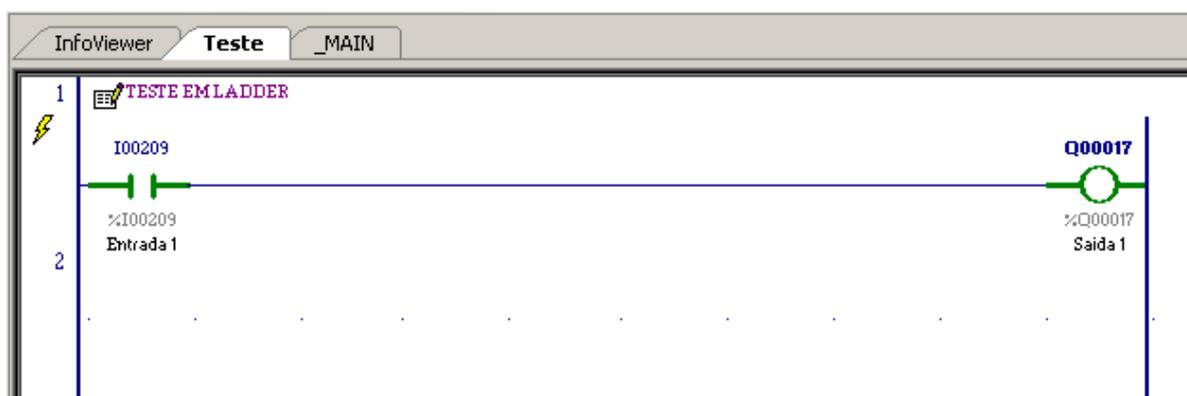
 , pois a configuração está equalizada e a lógica não, então clicar em  para fazer o *download* e aparecerá a seguinte mensagem, como na Figura A.39.



**Figura A.39 – Mensagem durante download**  
**Fonte: Autoria própria**

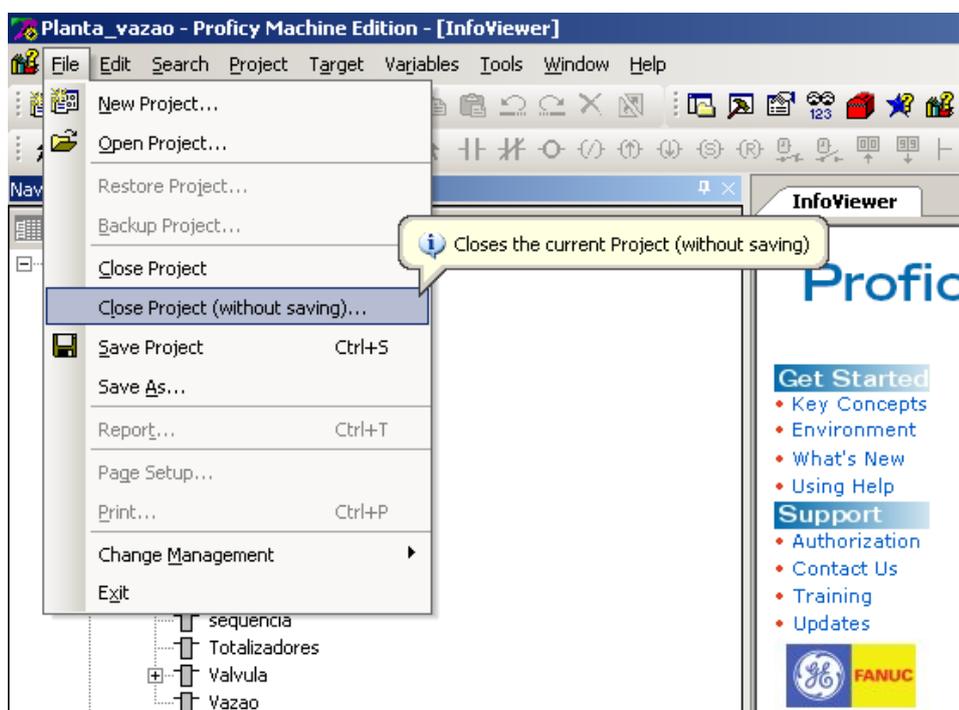
Clicar em OK e o *download* prosseguirá, notar que agora o *status* mudou para  , dizendo que agora a configuração e lógicas estão equalizadas.

Para testar o funcionamento online, basta abrir a janela teste onde foi feito a lógica e acionar a primeira entrada digital direto na planta do CLP que se verá a primeira saída ser acionada, como na Figura A.40 a seguir:



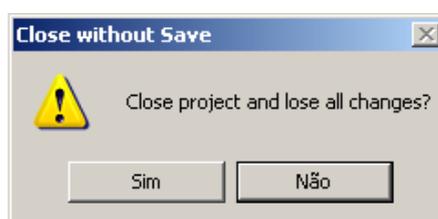
**Figura A.40 – Teste online.**  
**Fonte: Autoria própria.**

Para encerrar o programa, basta ir para o modo *Offline*, como já visto, porém o mesmo não pode ser fechado simplesmente no X no canto superior direito; primeiramente deve-se fechar o projeto em execução. Para fechar ir em *File*, e selecione *Close Project (without saving)...*, como mostra a Figura A.41.



**Figura A.41 – Fechando o projeto**  
**Fonte: Autoria própria**

Aparecerá a seguinte mensagem, como a Figura A.42.



**Figura A.42 – Mensagem ao fechar.**  
**Fonte: Autoria própria**

Clicar em sim, só agora se poderá fechar o programa pelo X no canto superior direito.

Caso se feche o programa direto pelo X, automaticamente o projeto salvará sem pedir confirmação.

## Anexo B – Projeto da Planta de Vazão

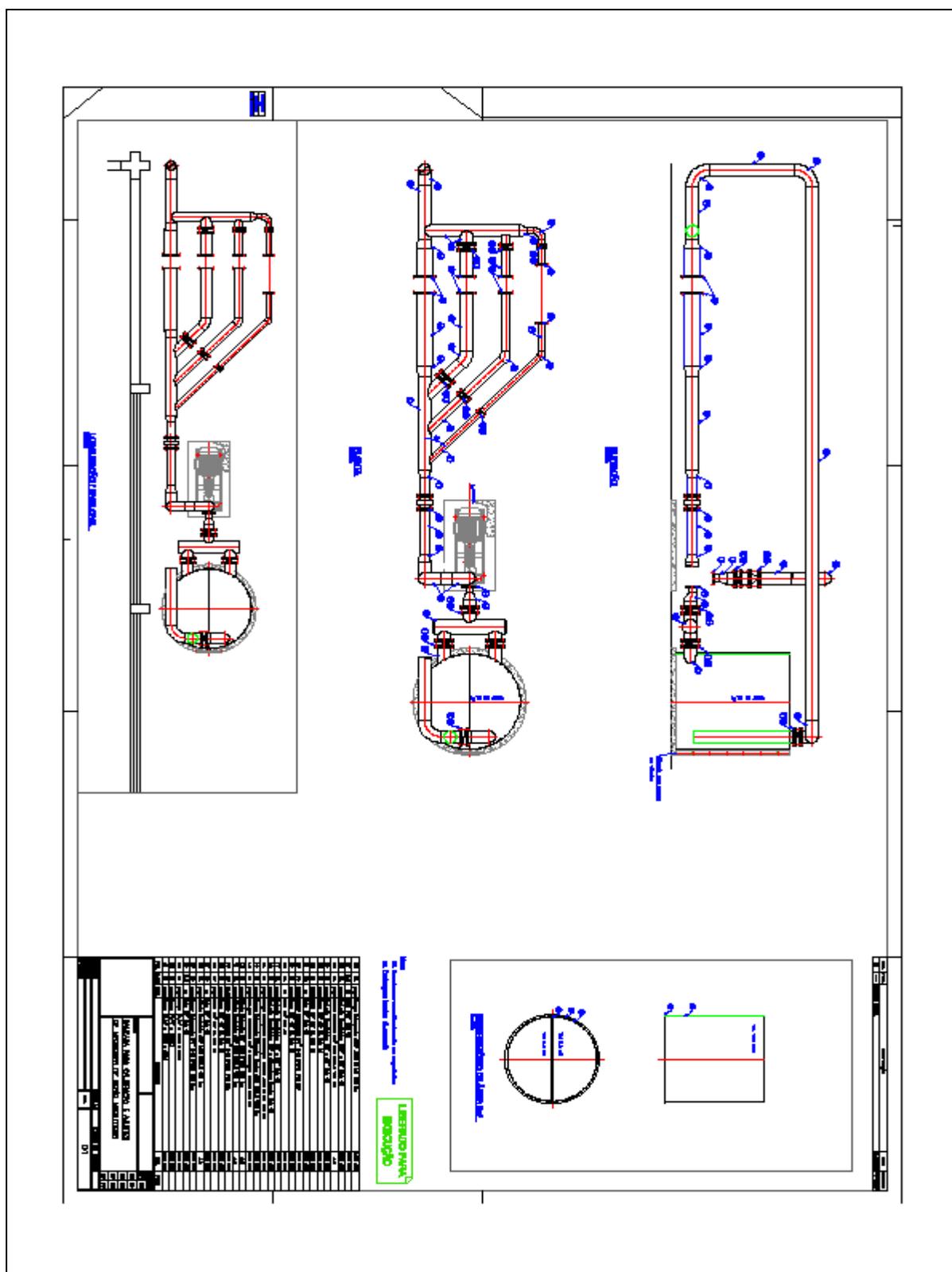


Figura B.1 – Projeto planta de vazão.  
Fonte: Autoria própria.

## Anexo C – Procedimento de Teste e Calibração

### PROCEDIMENTO

#### LIMPEZA E SECAGEM

- As células dos medidores de vazão deverão ser lavadas com água e sabão neutro para a total retirada da sujeira externa e interna;

- Após, as mesmas deverão ser previamente secadas com auxílio de ar comprimido;

- A secagem por completo se dará após as mesmas passarem pela estufa, com temperatura controlada a 100 °C pelo período de 4 horas;

- Após esse período, retirar da estufa e aguardar até que as mesmas cheguem a temperatura ambiente, e só assim passar pelo procedimento de verificação.

\* O conversor deverá ser lavado externamente, não sendo necessária a secagem em estufa;

\* Para os modelos compactos (célula e conversor acoplados) deverá retirar a placa eletrônica. Obs.: caso seja necessário a lavagem da eletrônica, a mesma deve secar em estufa separada, com temperatura controlada não superior a 60°C.

#### PROCEDIMENTO DE VERIFICAÇÃO

##### **Equipamentos utilizados:**

- Multímetro,
- Megômetro.

##### **Teste de resistência:**

Medir com a ponta de prova do multímetro em escala de resistência ( $\Omega$ ) no borne respectivo da bobina do medidor (ver manual do fabricante), que deverá obter valor em torno de 100 ohms ( $\Omega$ ).

##### **Teste de isolamento:**

Ligar os bornes da bobina do medidor, e com uso do megômetro, selecionar a tensão de 500 V, colocar uma das pontas de prova no jumper (bobina) e a outra na carcaça do medidor, iniciar a medição, que deve ser superior a 400 Mega Ohms

(M $\Omega$ ). Fazer o mesmo procedimento para os eletrodos, que neste caso deve-se obter valores superiores a 100 Mega Ohms (M $\Omega$ ).

\* se os valores ficarem dentro da especificação de cada equipamento, o mesmo deverá seguir para o processo de calibração;

\* caso um desses valores sejam inferiores aos descritos, o instrumento deverá passar novamente pelo processo de limpeza e secagem, e repetindo esses valores deverá seguir para manutenção externa.

### INSTALAÇÃO DO INSTRUMENTO A SER CALIBRADO

Instalar a célula a ser calibrada na planta de vazão na respectiva tubulação referente ao diâmetro do instrumento;

Abrir as válvulas de bloqueio da mesma e verificar possíveis vazamentos, reapertar se necessário;

Fazer as ligações elétricas entre célula e conversor (ver manual);

Ligar os fios de comunicação Profibus na respectiva borneira (ver manual) ou do sinal 4~20 mA, conforme o caso;

Fazer a ligação elétrica do conversor (100~240 V).

### PROCEDIMENTO DE CALIBRAÇÃO

Com o sistema supervisor em execução, selecionar:

- O diâmetro do instrumento a ser calibrado;
- A vazão máxima;
- Tempo de rampa, normalmente 120 seg.;
- Tempo de estabilização, normalmente 10 seg.;
- Tempo de teste, normalmente 60 min.;
- Pontos de teste, (pelo menos 3 pontos);
- Banda morta alta, normalmente 5 m<sup>3</sup>/h;
- Banda morta baixa, normalmente 3 m<sup>3</sup>/h;

Após apertar o botão "INICIAR" e aguardar o tempo de teste para emissão automática do relatório. Caso haja alguma divergência, apertar o botão "PARAR".

Será possível acompanhar cada etapa e os respectivos valores diretos na tela do supervisor.

## Anexo D – Certificado de Calibração do Medidor Calibrado.

Certificado de Calibração					
ÁREA:	PRODUÇÃO DE AÇÚCAR		DOCUMENTO Nº:		
APLICAÇÃO:	VZ. CALDO DEC. 3		MODELO CONVERSOR:	IFC300F	
TAG:	M311_023_6_FT		SERIE CONVERSOR:	C06 1565	
FABRICANTE:	CONAUT		DIAMETRO:	8	
MODELO CELULA:	KC 1000 F		MAT. REVESTIMENTO:	BORRACHA	
SERIE CELULA:	C10 4222		MAT. ELETRODO:	INÓX	

---

**CONFIGURAÇÕES:**

RANGE:	300	UNIDADE:	M³/H
PROTOCOLO:	PROFIBUS	ENDEREÇO:	96
GK ANTERIOR:	3.8962	GK ATUAL:	4.170

---

**CHECK-LIST: TESTE ISOLAÇÃO - 500 V / INSPEÇÃO VISUAL**

RESISTÊNCIA BOBINA :	122	CONSERVAÇÃO CÉLULA :	
ISOLAÇÃO BOBINA:	2G	CONSERVAÇÃO CONVERSO	
ISOLAÇÃO ELETRODOS:	150M	REVESTIMENTO/ELETRODOS :	

---

**CALIBRAÇÃO:** Data de Calibração: 02/02/2015 :

Teste	Valor Padrão m³/h	Valor Encontrado m³/h	Valor Padrão m³	Valor Encontrado m³	Erro m³
1	0.59	-0.01	-	-	-
2	99.54	99.09	33.22	33.28	0.06
3	199.93	199.74	66.43	66.42	-0.01
4	300.04	300.03	99.38	99.34	-0.04

Obs:  
\_\_\_\_\_

---

**PADRÃO UTILIZADO:**

FABRICANTE	MODELO	SERIAL CÉLULA	SERIAL CONVERSOR	Nº CERTIFICADO	VENC. CALIBRAÇÃO
CONAUT	IFC 300	C071270	C060784	1410-C0137	12/11/2015

\_\_\_\_\_  
Técnico Responsável

Figura D.1 – Certificado de Calibração do Medidor calibrado.  
Fonte: Autoria própria.