

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
CAMPUS DE CURITIBA  
CURSO DE ENGENHARIA INDUSTRIAL ELÉTRICA AUTOMAÇÃO

VALDIR JUNIOR GEMELLI

**PROPOSTA DE *RETROFITTING* EM SISTEMA PARA  
ABASTECIMENTO DE GÁS NATURAL VEICULAR**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA  
2015

VALDIR JUNIOR GEMELLI

**PROPOSTA DE *RETROFITTING* EM SISTEMA PARA  
ABASTECIMENTO DE GÁS NATURAL VEICULAR**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação, apresentado à disciplina de TCC 2 do Curso de Engenharia Industrial Elétrica – Ênfase Automação Industrial do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica (DAELT) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), como requisito final para obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Orientador: Prof. Dr. Valmir de Oliveira

CURITIBA  
2015

Valdir Junior Gemelli

# PROPOSTA DE *RETROFITTING* EM SISTEMA PARA ABASTECIMENTO DE GÁS NATURAL VEICULAR

Este Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação foi julgado e aprovado como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Eletricista, do curso de Engenharia Industrial Elétrica Eletrotécnica – Ênfase Automação Industrial do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica (DAELT) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Curitiba, 01 de julho de 2015.

---

Prof. Paulo Sérgio Walenia, Esp.  
Coordenador de Curso  
Engenharia Industrial Elétrica Eletrotécnica – Ênfase em Automação Industrial

---

Profa. Annemarle Gehrke Castagna, Ma.  
Coordenadora dos Trabalhos de Conclusão de Curso  
Engenharia Industrial Elétrica – Ênfase Automação Industrial do DAELT

## ORIENTAÇÃO

---

Valmir de Oliveira, Dr.  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Orientador

## BANCA EXAMINADORA

---

Ismael Chiamenti, Dr.  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Jaime Favretto, Me.  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Valmir de Oliveira, Dr.  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

A folha de aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso de Engenharia Industrial Elétrica – Ênfase Automação Industrial

## RESUMO

**GEMELLI, Valdir Junior. Proposta de *retrofitting* em sistema para abastecimento de gás natural veicular.** 2015. 59 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Industrial Elétrica – Ênfase Automação Industrial. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

Este trabalho de conclusão de curso apresenta uma proposta de modernização no sistema de monitoramento automatizado de um compressor de gás natural veicular, através da troca do *hardware* de controle, controlador lógico programável, e o programa que realiza o monitoramento das variáveis inerentes ao processo, com o intuito de melhorar a operação e a segurança de todos os envolvidos na operação do compressor, mantendo as características mecânicas idênticas a do projeto original do compressor, que possui como local de funcionamento, postos de combustíveis.

**Palavras-chaves:** *Retrofitting*. Modernização de Máquinas. Atualização de Equipamentos.

## **ABSTRACT**

**GEMELLI, Valdir Junior. Proposal for retrofitting in system for natural gas vehicle.** 2015. 59 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Industrial Elétrica – Ênfase Automação Industrial. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

This work presents a proposal on modernization of automated monitoring system of vehicular natural gas compressor, by changing the control hardware, programmable logic controller, and the program that performs the monitoring of variables inherent in the process, with the intuiited to improve the operation and safety of all involved in compressor operation, while maintaining the same mechanical properties of the original compressor project, which has as working site, gas stations.

**Keywords:** Retrofitting. Machine modernization. Upgrade equipment.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Vista em corte de um compressor alternativo com dois cilindros .....	12
Figura 2 - Mapa gasoduto no Brasil .....	20
Figura 3 - Itens básicos, carro movido com GNV .....	23
Figura 4 - Comparação entre etanol, GNV e gasolina.....	24
Figura 5 – Compressor de gás metano.....	27
Figura 6 - Triângulo do fogo .....	29
Figura 7 - Aplicação genérica do CLP .....	31
Figura 8 - Exemplo ciclo interno CLP .....	32
Figura 9 - Transmissor de pressão .....	34
Figura 10 - Sensor de temperatura Pt100 .....	35
Figura 11 - Cabos de saída da chave de partida .....	37
Figura 12 - Cabo comando de partida da chave de partida .....	38
Figura 13 - Bancada para teste dos transdutores. ....	43
Figura 14 - Esquema de ligação teste transdutor .....	43
Figura 15 - Tela de ajuste das pressões das etapas. ....	46
Figura 16 - Tela de valores das pressões nas etapas.....	46
Figura 17 - Multimedidor MID 96 .....	48
Figura 18 - Esquema de ligação MID 96.....	48
Figura 19 - Fluxograma de funcionamento do compressor.....	52

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Dados Aferição Transdutor 0-400 bar.....	44
Tabela 2 - Parâmetros iniciais de ajuste .....	49
Tabela 3 - Valores finais de configuração .....	49

## LISTA DE EQUAÇÕES

Equação (1).....	39
Equação (2).....	40
Equação (3).....	40
Equação (4).....	42
Equação (5).....	42

## LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANP	Agência Nacional do Petróleo e Biocombustíveis
CLP	Controlador Lógico Programável
GLP	Gás Liquefeito de Petróleo
GNV	Gás Natural Veicular
IHM	Interface Homem-Máquina
I/O	Entrada/Saída ( <i>Input/Output</i> )
LED	Diodo Emissor de Luz ( <i>Light Emissor Diode</i> )
NBR	Norma Brasileira
PID	Proporcional Integral Derivativo
RPM	Rotações por Minuto
SPL	Ajuste Alarme Inferior ( <i>Set Point Low</i> )
SPH	Ajuste Alarme Superior ( <i>Set Point High</i> )
TC	Transformador de Corrente
TP	Transformador de Potencial

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS .....	7
LISTA DE EQUAÇÕES .....	8
1 INTRODUÇÃO .....	12
1.1 TEMA.....	12
1.1.1 Delimitação do Tema .....	14
1.2 PROBLEMAS E PREMISSAS .....	14
1.3 OBJETIVOS.....	15
1.3.1 Objetivo Geral.....	15
1.3.2 Objetivos Específicos.....	15
1.4 JUSTIFICATIVA .....	16
1.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....	17
2 O GÁS NATURAL.....	18
2.1 IMPORTÂNCIA DO GÁS NATURAL .....	19
2.2 USO AUTOMOTIVO DO GÁS NATURAL .....	21
2.2.1 Desempenho dos veículos convertidos .....	23
2.2.2 Vantagens técnicas .....	24
2.2.3 Segurança .....	25
3 COMPRESSOR CONTRAPOSTO .....	26
3.1 CICLO DE FUNCIONAMENTO .....	27
3.2 ÁREAS CLASSIFICADAS .....	28
4 ELEMENTOS DE AUTOMAÇÃO.....	30
4.1 <i>RETROFITTING</i> .....	30
4.2 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL (CLP) .....	30
4.3 INTERFACE HOMEM MÁQUINA (IHM) .....	32
4.4 SENSORES .....	33
5 CONFIGURAÇÃO DO CLP .....	35

5.1	IDENTIFICAÇÃO DAS ENTRADAS E SAÍDAS (I/O) .....	36
5.2	EQUAÇÃO DOS TRANSDUTORES DE PRESSÃO E TEMPERATURA .....	39
5.3	VERIFICAÇÃO DOS TRANSDUTORES .....	41
5.4	DEFINIÇÃO DOS ALARMES .....	44
5.5	AJUSTE DE PARTIDA E MEDIÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA .....	47
6	SISTEMA DE CONTROLE E MONITORAMENTO .....	51
	CONCLUSÃO.....	54
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	55
	ANEXOS .....	58

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 TEMA

Segundo Silva (2009), a compressão de gases desempenha um importante papel para a indústria como um todo, pois sua gama de aplicação é abrangente em todas as áreas industriais. Uma específica é a indústria petroquímica.

Segundo Rodrigues (1991), existem vários tipos de compressores, tais como:

- Compressores alternativos;
- Compressores de palheta;
- Compressores de parafusos;
- Compressores de lóbulos;
- Compressores centrífugos;
- Compressores axiais.

O compressor que essa proposta abordará, é o compressor alternativo de pistão, que segundo Silva (2009), é uma máquina de deslocamento positivo, que utiliza um pistão dentro de um cilindro com finalidade de produzir pressão. A Figura 1 apresenta a vista em corte de um compressor alternativo de dois estágios.

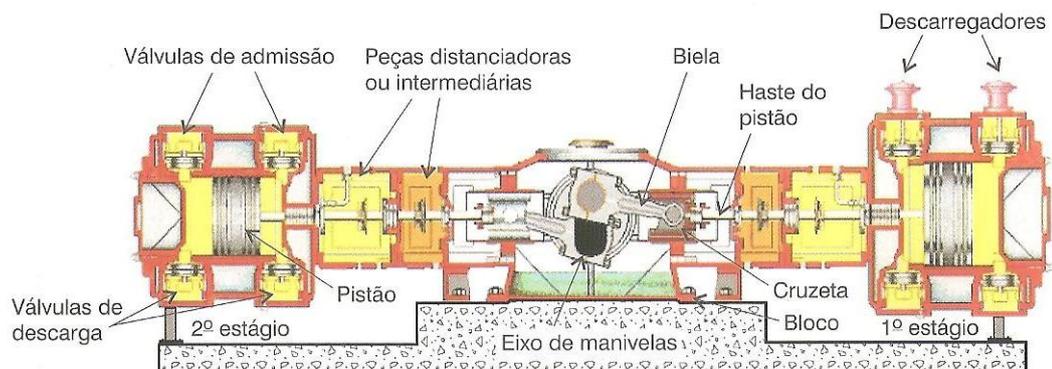


Figura 1- Vista em corte de um compressor alternativo com dois cilindros

Fonte: Silva (2009. P 50)

O funcionamento do compressor alternativo é simples: quando o pistão se move dentro do cilindro, succiona o gás através das válvulas de admissão, então o pistão retorna e comprime o gás, que é expulso através das válvulas de descarga ou escape. Esse ciclo se repete dependendo do número de etapas que o compressor possui. O compressor que será abordado nessa proposta possui quatro etapas, e o ciclo descrito acima se repete por quatro vezes até ser armazenado em uma bateria de cilindros para posteriormente ser utilizado. O compressor da Figura 1, também pode ser utilizado para comprimir gás natural.

O gás natural é um nome genérico de um combustível de origem fóssil, é formado por inúmeros hidrocarbonetos leves que em condições ambientes permanecem em estado gasoso. Tem como característica, sua densidade menor que o ar, o que promove uma dispersão mais rápida e fácil no ar, também é mais seguro, quando comparado ao gás liquefeito de petróleo (GLP), pois este, é mais denso que o ar e ao vazar acumula-se no solo podendo causar intoxicação. É extraído da natureza em reservatórios profundos no subsolo e pode estar ou não associado ao petróleo (COMPAGÁS, 2014).

Com a chegada da microeletrônica e segundo Georgini (2007), o primeiro Controlador Lógico Programável (CLP) surgiu na década de 60 na indústria automobilística. O CLP é um equipamento bastante versátil e de fácil utilização. A sua utilização voltada para automação, incorpora diversas funções internamente e, após programado, pode ser aplicado para controlar e gerenciar inúmeras aplicações nas mais diversas áreas, como exemplo, a sua utilização na automação do compressor.

Atualmente, o gás natural é utilizado em indústrias, comércios, residências e geração de energia, caso das termo elétricas, é pouco poluente, pois é livre de enxofre, e possui em sua composição cerca de 90% de metano, 6% de etano, 2% de propano e 2% de outros gases, pesados ou inertes. O gás natural é um produto incolor, inodoro e não tóxico, o gás natural utilizado no estado do Paraná vem da Bolívia (COMPAGÁS, 2014).

O compressor alternativo de pistão é utilizado na compressão do gás natural, e uma das suas aplicações é o uso no abastecimento de veículos equipados com motor de combustão interna. Depois de comprimido e armazenado o gás natural é injetado no veículo, que contém um cilindro próprio em seu interior.

O funcionamento do compressor é gerenciado por um CLP, pois ele monitora as pressões e temperaturas nas etapas, nível de óleo, pressão de óleo, controle de partida e parada, horas de funcionamento, pressão de armazenamento de gás, também realiza o

acionamento de comando da chave de partida e armazenamento dos históricos de alarmes e falhas.

### 1.1.1 Delimitação do Tema

A presente proposta irá abordar um tipo específico de compressor de gás natural, o compressor alternativo de pistão, e também um período de fabricação específico. O compressor é fabricado por uma empresa nacional, e os anos de fabricação abordados serão os de 2002, 2003 e 2004. Os compressores em questão são destinados para fins comerciais, estão instalados em postos de combustíveis e tem como objetivo final, abastecer veículos com gás natural.

## 1.2 PROBLEMAS E PREMISAS

Uma empresa brasileira, fabricantes dos compressores de gás natural existentes, ao comprar a parte Argentina em 2002 e juntamente com a parceria firmada com a Universidade Federal de Minas Gerais, passaram a fabricar compressores totalmente nacionais.

Como todo equipamento dotado de *software* faz-se necessário a atualização do mesmo. O problema a ser abordado é justamente a atualização do *software* dos equipamentos de uma marca brasileira de compressores de gás natural, fabricados no ano de 2002. Tais equipamentos apresentam falha de programação do CLP resultando erros de gerenciamento do processo de compressão do gás natural.

Como exemplo de erros pode-se destacar duas queimas do motor trifásico de indução principal do compressor de gás metano fabricado no ano de 2002. Segundo relatos de um proprietário, quando o motor principal superaquece, o programa não detecta, pois não há uma entrada no CLP capaz de identificar esse superaquecimento e nem um relé térmico instalado no painel de controle, como consequência o motor queima e o equipamento deixa de funcionar. Entre outras falhas, ainda estão a sobre pressão nas etapas de compressão e as várias queimas dos controladores responsáveis pelo monitoramento do sistema e do processo.

Como premissa, pretende-se efetuar a troca do CLP, desenvolver nova programação, eliminar o problema de queima do motor principal, retirar todos os controladores distribuídos, incorporar todas as informações dentro do CLP, utilizar transdutores de pressão e sensores de temperatura do tipo Pt-100. Gerar uma economia de manutenção, diminuir o tempo de máquina parada e entrar em contato com o fabricante para vender essa nova solução, faz parte dos objetivos.

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 Objetivo Geral**

Desenvolver um sistema de monitoramento automatizado para um compressor de gás natural com objetivo de melhorar o gerenciamento do processo de compressão, a segurança das pessoas e do equipamento, disponibilizar, de forma eficiente, todos os dados do processo para a manutenção para os operadores.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Substituir, futuramente os equipamentos antigos, CLP S7 200 e IHM TD 200 por equipamentos atuais, CLP S7 1200 E IHM KTP600;
- Tornar a operação do compressor de gás metano mais segura e confiável;
- Utilizar os transdutores existentes na máquina para representar seus valores numérica e graficamente na IHM, pois hoje esses dados não são disponibilizados;
- Centralizar as informações e os dados do processo em um único local;
- Melhorar a interação entre operador e máquina;
- Observar as normas existentes para elaboração do programa para áreas classificadas;
- Melhorar a obtenção de dados das manutenções preditivas;
- Otimizar o equipamento através do controle de partidas e paradas;
- Aumentar a capacidade de armazenamento do histórico de alarmes e falhas;

- Coletar dados de funcionamento do compressor no local onde este encontra-se instalado;
- Aferir os transdutores de pressão e temperatura do compressor, em bancada;
- Reduzir o consumo de energia elétrica;

## 1.4 JUSTIFICATIVA

Através de pesquisa, foi possível observar que não houveram atualizações na programação dos compressores, de uma fábrica brasileira, fabricados entre 2002 à 2004. Em 2008 o mercado do gás natural no Brasil perdeu os incentivos governamentais e entrou em queda, sendo assim a referida empresa investiu em outros setores.

Segundo Campos (2004), todo o sistema automatizado deve permitir ou disponibilizar de forma clara o problema a ser resolvido para que se possam ser formadas regras e procedimentos a serem executados quando necessário.

Um problema observado nos compressores fabricados entre 2002 à 2004, é que as entradas do CLP são em 220 V, essa tensão não é usual para a entrada do equipamento e atualmente a Siemens não fabrica mais equipamentos com essa característica de entrada, isso encarece a manutenção. Em consulta prévia com uma empresa revendedora de materiais Siemens, um CLP com entrada de sinal em 220 V, custa R\$ 2.800,00 enquanto o seu substituto custa R\$ 1.200,00. Caso o CLP queime ou entre em falha interna, será necessário mandar para a assistência técnica e segundo a empresa representante da Siemens, o conserto pode levar até 30 dias. Um compressor de gás metano tem como vazão média 700m<sup>3</sup>/h, considerando que trabalhe 8 horas diárias, durante trinta dias, isso resulta em 168.000 m<sup>3</sup>/mês. Considerando que o lucro líquido é em média R\$ 0,38/m<sup>3</sup>, tem-se como lucro líquido mensal R\$ 63.840,00, caso o CLP precise ir para a assistência técnica por 30 dias, o prejuízo será de no mínimo R\$ 63.840,00.

A substituição dos equipamentos de modelos antigos por modelos novos, para o caso específico citado anteriormente, tem como custo aproximado de R\$ 15.000,00. Além disso com um novo programa pretende-se diminuir de forma considerável as paradas do compressor por alarmes e falhas gerados devido aos ajustes errôneos dos valores máximos e mínimos de

temperatura e pressão do processo de compressão, tornar o operação mais seguras, pois como todas as informações estão centralizadas e em um único lugar, o operador não precisa entrar na área do compressor para verificar os dados do processo. Outro exemplo é que caso haja um vazamento de gás, o operador pode verificar através da IHM a despressurização de uma etapa de compressão ou do armazenamento, por exemplo.

Também foi observado que apenas o último registro de alarme ou falha é armazenado, não sendo possível detectar problemas anteriores ao último histórico armazenado, com um armazenamento maior de históricos, um controle preditivo poderia ser feito. Como exemplo se o compressor gera alarmes de baixa pressão de óleo esporadicamente, somente com o último histórico não é possível fazer uma manutenção preditiva de forma eficiente.

Da forma que está atualmente as instalações, o operador precisa ir até o painel acoplado no compressor, e girar uma chave para que o compressor parta, isso é de certa forma perigoso, pois se houve um vazamento de gás ou correia quebrada, isso pode atingir o operador. Por isso essa proposta tem como um dos objetivos adequar o comando do compressor em apenas um lugar, no painel de controle, mas sempre observando as normas brasileiras.

Os compressores de outras marcas já utilizam um conceito mais voltado para controle automático, disponibilizando informações via internet e possibilitando ao operador fazer um diagnóstico rápido do seu equipamento.

Como objetivo secundário, maximizar o lucro do cliente, pois o equipamento irá ficar menos tempo parado, possibilitar a aprendizagem de um *software* não visto durante o curso, além de agregar o conhecimento sobre áreas classificadas, que nos é apresentada de forma simplificada durante o curso, e o desafio de implementar na vida real uma micro automação.

## **1.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

Após a pesquisa bibliográfica serão coletados os dados técnicos do equipamento, levantamento das ligações elétrica, pois as atualmente documentadas não correspondem à realidade. Também serão coletados dados do processo no local onde se encontra o

compressor, tais como, vazão, pressão de entrada e temperaturas das etapas de compressão. Além disso será necessário entender o funcionamento do compressor.

Serão analisadas as ligações elétricas existentes a fim de verificar a correta execução das mesmas, pois elas encontram-se em área classificada.

Utilizar a ferramenta de programação para a nova linha da Siemens denominada TIA Portal, plataforma responsável pela programação do CLP e da IHM. Após a ambientação com o *software* será iniciado um planejamento com o que deve ser programado no CLP e na sequência a programação propriamente dita.

Como etapa subsequente será montado uma bancada contendo o CLP, a IHM, módulos analógicos e digitais e alguns transdutores para testes e verificação do funcionamento do programa. Com o equipamento montado em bancada é possível simular as todos os tipos de falha que poderão ocorrer, tais como, baixa aspiração de gás, baixa pressão de óleo, alta temperatura do gás dentre outras.

## 2 O GÁS NATURAL

Segundo Reget (2013 apud PARO, 2005; SANTOS *et al.*, 2007), o gás natural pode ser definido como sendo a fração ou parcela do petróleo que está na sua fase gasosa ou em solução nas condições de reservatório e ao chegar na atmosfera permanece em estado gasoso. Ainda segundo Reget (2013 apud KOZERSKI & HESS, 2006; SANTOS *et al.*, 2007), o gás natural é formada por uma combinação de hidrocarbonetos, sendo preponderante na sua composição o gás metano ( $\text{CH}_4$ ), ainda pode conter em partes menores os hidrocarbonetos gasosos, etano ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ), propano ( $\text{C}_3\text{H}_8$ ), butano ( $\text{C}_4\text{H}_{10}$ ), entre outros.

Reget (2013 apud REIS *et al.*, 2005), cita que o gás natural tem origem semelhante ao carvão e ao óleo sendo que seu processo de formação é decorrente de um processo lento da decomposição de vegetais em um ambiente com elevada pressão e pouco oxigênio.

## 2.1 IMPORTÂNCIA DO GÁS NATURAL

Conforme a revista Interesse Nacional (2013), em 2011 o gás natural representou cerca de 24% de toda a matriz de energia primária no mundo e que será o combustível que mais irá crescer até 2035.

Segundo Agência Nacional do Petróleo e Biocombustíveis (ANP).

Diante do atual contexto energético do país, espera-se uma participação cada vez maior do gás natural na matriz energética brasileira, uma vez que este energético aparece tanto como substituto da energia elétrica (em algumas utilizações como a calefação, aquecimento de água, fornos industriais, entre outros), como combustível para a geração de energia em UTEs. Este incremento deve acontecer também em função do aumento da frota de veículos movidos a GNV (gás natural veicular) nos próximos anos.

Segundo a revista Interesse Nacional (2013), o mercado de gás natural no Brasil pode ser dividido em duas fases: antes do gasoduto Brasil-Bolívia, em 1999, e após a sua inauguração. Antes o produto era praticamente desconhecido e seu uso era restrito aos arredores dos campos produtores, que estavam localizados na Bacia de Campos - Rio de Janeiro e das bacias do Recôncavo Baiano e de Sergipe - Alagoas, no Nordeste. O mercado de consumo de gás natural pode ser dividido em quatro regiões brasileiras.

-Sul;

-Sudeste;

-Centro-oeste;

-Nordeste.

Na Figura 2, está sendo mostrado como estão distribuídos os gasodutos e aonde estão localizadas as reservas de gás natural, atualmente no Brasil.



Figura 2 - Mapa gasoduto no Brasil  
Fonte: Abegas

Até abril de 2010 esse gasodutos eram isolados entre si, após a conclusão das obras de interligação do gasoduto Nordeste-Sudeste, apenas a região Norte e o Maranhão, permanecem isoladas da rede nacional integrada de gasodutos.

Segundo a revista Interesse Nacional (2013) é possível afirmar que o consumo de gás natural no Brasil é baseado na sua maioria em dois setores, sendo eles o industrial e o de geração de energia elétrica através das termelétricas. O uso em termelétricas só acontece quando o país sofre com a falta de chuva nas bacias que compõe o sistema hidroelétrico brasileiro. Tal fato torna-se cada vez mais corriqueiro.

A revista Interesse Nacional (2013) cita que o mercado industrial do gás natural, está praticamente inalterado desde 2007 e que o Brasil despreza a geração e a cogeração de energia distribuída. Em países desenvolvidos a cogeração e a geração são largamente utilizados, pois ajudam a aumentar a eficiência energética e a produção industrial.

Para Reget (2013 apud PRAÇA, 2003), o gás natural apresenta inúmeras vantagens em relação aos demais combustíveis fósseis, dentre elas pode-se destacar uma característica que

está diretamente relacionada ao meio ambiente, que é a baixa presença de contaminantes. Sua queima gera baixo teor de enxofre.

Segundo a Fecombustíveis (2013), o gás natural é responsável, atualmente, por cerca de 10% de toda a produção na área de energia no Brasil, sendo que a utilização desse combustível ainda é recente, comparado com países como Argentina e Bolívia por exemplo, pode-se destacar a sua importância devido as crescentes demandas de energia e como já abordado, além de ser menos intenso em carbono, quando comparado ao petróleo e ao carvão mineral.

Sua exploração e utilização, segundo Fecombustíveis (2013), não são influenciadas pelas sazonalidades climáticas. Devido as últimas descobertas, dentre elas o Pré-Sal na Bacia de Santos, o gás natural pode crescer de forma considerável sua participação na matriz energética brasileira até o ano de 2020, sendo que o petróleo tenderá a sofrer diminuição de sua participação.

## **2.2 USO AUTOMOTIVO DO GÁS NATURAL**

Segundo InfoEscola (2014), após a crise do petróleo em 1973, quando o preço do barril de petróleo no seu estado bruto duplicou no mercado internacional, os países que não dispõem de grandes reservas sentiram a necessidade de pesquisar e empreender novas fontes alternativas de energia que pudessem substituir o petróleo.

O Brasil, conforme InfoEscola (2014), importava cerca de 80% de petróleo para seu consumo e por esse motivo também seguiu a tendência mundial na pesquisa de fontes de energia, pois desta forma, reduziria a dependência do produto estrangeiro.

Segundo Gasnet (2014), o Gás Natural Veicular (GNV) é um combustível gasoso cujas propriedades químicas se adaptam de forma satisfatória aos motores a combustão de quatro e dois tempos respectivamente e que possuem em uma de suas etapas a detonação do combustível iniciado por centelhamento. No Brasil é comum a utilização de motores bicompostíveis, motores que usam gasolina e etanol para seu funcionamento.

Conforme Gasnet (2014), o GNV surgiu no Brasil inicialmente com a ideia de substituir o óleo diesel em frotas de veículos pesados nos centros urbanos, a fim de minimizar a emissão dos gases poluentes. O GNV encontrou resistência, pois seu preço era equivalente

ao do óleo diesel, com isso a ideia deu lugar a uma maior difusão na frota de veículos leves. Além da pequena diferença de preço, quando comparado ao óleo diesel, o GNV não emplacou no veículos pesados, pois não havia uma rede formada no Brasil de postos para abastecimento, com isso praticamente não havia disponibilidade no território nacional para atender a frota.

Ainda segundo Gasnet (2014), em motores construídos para utilizar gasolina e etanol, quando convertidos para gás natural veicular é comum manterem o modo bicomustível, sendo que a preferência será dada ao GNV, porém caso necessário, poderá ser utilizado o combustível original.

Para a utilização do GNV os veículos podem ser fabricados desta forma, ou seja, vindos de fabrica ou serem convertidos em oficinas certificadas e credenciadas pelos órgãos responsáveis. No Brasil, é possível solicitar o veículo com GNV de fábrica, a marca que produz este tipo de veículo o chamou de *Tetra Fuel*, pois o motor funciona com gasolina comum, gasolina de alta octanagem, etanol e GNV.

Conforme Gasnet (2014), o GNV também pode ser utilizado e motores que utilizam óleo diesel como combustível (motores que possuem ignição por compressão), neste caso o óleo diesel e o GNV entram na câmara de explosão de forma combinada.

Segundo Gasnet (2014), para a conversão do veículo para GNV é necessário adicionar uma série de equipamentos formados basicamente por:

- 1 - Conjunto de reservatórios, denominados de cilindros, onde o GNV será armazenado;
- 2 - Rede de tubos de alta e baixa pressão;
- 3 - Dispositivo regulador de pressão;
- 4 - Válvula de abastecimento;
- 5 - Dispositivo de troca de combustível;
- 6 - Indicadores do sistema.

Na Figura 3 é ilustrado de forma simplificada a instalação dos equipamentos básicos.

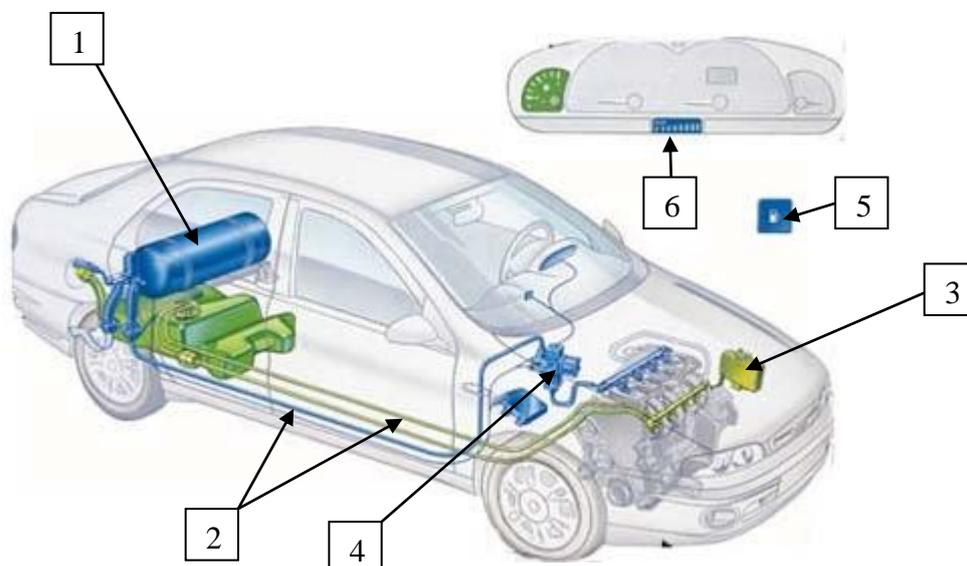


Figura 3 - Itens básicos, carro movido com GNV

Fonte: <http://www.mastergas.com.br/wp-content/uploads/2010/11/GNV-veicular.jpg>

### 2.2.1 Desempenho dos veículos convertidos

Segundo Gasnet (2014), como uma forma de substituir a gasolina e o etanol, o GNV possui todas as propriedades necessárias, tanto físicas quanto químicas, de que um veículo precisa para garantir seu bom desempenho, tanto em baixas rotações e sem carga quanto em baixas rotações e com muita carga. Quando bem regulado é capaz de inibir de uma forma eficaz os problemas da explosão sem que haja a adição de substâncias poluentes ao combustível.

Quando um motor é projetado para utilizar o GNV como combustível, segundo Gasnet (2014), ele opera com altas taxas de compressão (da ordem de 14/1 a 16/1), com isso ele apresenta uma eficiência térmica superior quando comparados aos motores a etanol ou gasolina. Mas devido a necessidade em conciliar o seu uso na forma de bicomcombustíveis nos veículos, os veículos mantêm suas taxas de compressão originais, para o etanol é de 12/1 e para a gasolina é de 8/1. Com a utilização das taxas de compressão originais, o GNV acaba

sendo subutilizado e com isso acaba ocorrendo uma pequena perda de potência. A Figura 4 mostra uma comparação no rendimento entre os combustíveis etanol, gasolina e GNV.

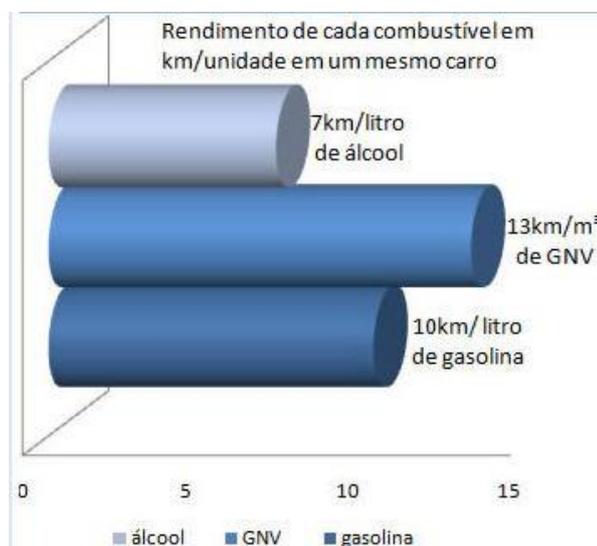


Figura 4 - Comparação entre etanol, GNV e gasolina  
Fonte: [http://gaspoint.com.br/site/newsletter\\_viabilidade\\_gnv.asp](http://gaspoint.com.br/site/newsletter_viabilidade_gnv.asp)

### 2.2.2 Vantagens técnicas

Ainda em comparação com os combustíveis tradicionais, gasolina e óleo diesel. Segundo Gasnet (2014), o GNV apresenta importantes vantagens técnicas, das quais são destacadas:

- Temperatura de ignição superior;
- Menor densidade do que o ar, com isso a probabilidade de ocorrência de alguma concentração na faixa de queima é reduzida;
- Não é tóxico e nem irritante em seu manuseio;
- O GNV é comercializado dentro de um alto padrão de segurança, devido a sua alta pressão de operação;
- A queima do GNV com ar em excesso é bem próxima da combustão completa, sendo assim seu produto expelido resulta em dióxido de carbono e vapor d'água. Isso inibe a formação de resíduos de carbono no motor;

- Em função de sua baixa formação de resíduos da queima e por ser seco e limpo, o GNV não mistura-se e nem contamina o óleo lubrificante do motor do veículo;
- Permite um maior intervalo entre trocas de óleo lubrificante sem comprometer a integridade das partes que compõe o motor.

### 2.2.3 Segurança

Segundo Gasnet (2014), os veículos convertidos para GNV, não são perigosos como muitas pessoas pensam, pois as normas que regem as conversões são muito rígidas e seus controles são melhores do aqueles relacionados a qualquer outra parte do veículo. Os componentes que compõe a conversão dos veículos são testados a exaustão pelos fabricantes, com isso é possível assegurar uma elevada confiabilidade.

Conforme Gasnet (2014), por ser mais leve do que o ar, o GNV, possui seu ponto de ignição elevado, da ordem de 650 °C.

Segundo Silva (2000), o ponto em que ocorre a mudança do estado líquido para gasoso do gás natural é de -162 °C, levando em conta que o mesmo encontra-se em temperatura atmosférica e ao nível do mar.

Silva (2000), define os limites de inflamabilidade do gás natural como sendo as porcentagem mínima e máxima de gás combustível em composição com o ar, a partir das quais a mistura não irá inflamar-se e permanecer em combustão. O limite inferior representa a menor proporção do gás natural em mistura com o ar, este então, irá queimar sem que seja necessário aplicar uma fonte contínua de calor externa. O limite superior de inflamabilidade é a proporção de gás natural na mistura onde a combustão não pode se auto extinguir, isto é devido ao gás natural servir como um diluente. Os limites definidos para o gás natural são de 5% do seu volume para o limite inferior e de 15% do seu volume para o limite superior.

Segundo Gasnet (2014), as normas para a construção de postos de serviços são mais severas que as empregadas na conversão dos veículos, isso garante um padrão na instalação de GNV no mínimo igual àquelas encontradas para o abastecimento dos combustíveis líquidos.

Outras normas para a instalação dos compressores em postos de serviços são seguidas das quais destacam-se:

- ABNT NBR 12236 – Critérios de projeto, montagem e operação de postos de gás combustível comprimido;
- ABNT NBR 5418 - Instalações elétricas em atmosferas explosivas;
- ABNT NBR 9518 – Equipamentos elétricos para atmosferas explosivas;
- ABNT NBR 5410 – Instalações elétricas de baixa tensão.

### 3 COMPRESSOR CONTRAPOSTO

Segundo Embraco (2014), compressor é um equipamento industrial destinado a aumentar a pressão de fluídos no seu estado gasoso.

Conforme Silva (2009), os compressores alternativos são máquinas robustas que nos últimos anos obtiveram uma grande inovação tecnológica em todas as suas partes, que vão desde a fundição de todos os seus elementos, passando pelas vedações, utilização de materiais termoplásticos até a detecção de vibrações através de acelerômetros. Toda essa inovação fizeram com que a capacidade, confiabilidade e a eficiência aumentassem, juntamente com o maior intervalo entre as manutenções.

O GNV, segundo Silva (2009), teve sua importância para que toda essa inovação viesse a equipar os compressores, pois com a utilização do gás natural como combustível, marca um período forte de expansão no mercado de compressão de gases. Os compressores modernos também visam uma eficiência econômica nos processos de compressão e minimizar ao máximo o seu potencial em causar danos.

Segundo Silva (2009), os compressores alternativos operam em baixas rotações, de forma geral seu regime de rotação está compreendido entre 300 a 1800 RPM. Uma característica deste tipo de compressor, é que eles tendem a apresentar elevadas amplitudes de vibração mecânica lateral. Isso deve-se ao movimento alternado dos componentes do sistema biela manivela. Para diminuir os efeitos que o desbalanceamento causam os diâmetros dos cilindros são projetados e dispostos no bloco do compressor, de uma forma que os momentos de desbalanceamento sejam minimizados. Na Figura 5 é mostrado um compressor do mesmo modelo, do qual será realizado o *retrofitting*.



Figura 5 – Compressor de gás metano

Fonte: <http://kekanto.com.br/biz/junqueira-compressores-e-maquinas-ltda/fotos/114713>

O compressor possui como características:

- Compressor de 4 Estágios;
- Tensão de Trabalho – 440 V;
- Motor Principal – 175 cv, 4 polos;
- Chave de Partida – *Soft Starter*;
- Pressão de Entrada – 3 bar;
- Pressão Final – 250 bar.

### 3.1 CICLO DE FUNCIONAMENTO

O ciclo de funcionamento abordado será de um compressor alternativo de GNV contraposto de quatro etapas ou estágios, isso significa que a pressão final será atingida após o gás passar por quatro etapas de compressão.

Segundo Fiesc (2015), o gás natural utilizado na região sul do Brasil é proveniente do gasoduto Brasil-Bolívia, sendo assim, todos os postos de serviços da região sul do Brasil que

possuem um compressor de GNV são abastecidos por uma tubulação subterrânea de gás natural.

O ciclo de compressão consiste em o gás natural entrar no compressor através de um pulmão, cilindro metálico de volume definido, e em seguida o gás é succionado para o cilindro de primeira etapa. Através do movimento do virabrequim, o pistão realiza a compressão do gás, que ao ser comprimido tem a sua temperatura aumentada de forma expressiva.

Antes de seguir para a segunda etapa é necessário resfriar o gás natural, logo após ser comprimido na primeira etapa o gás natural segue para os resfriadores (trocadores de calor) de primeira etapas onde é resfriado e admitido na segunda etapa. Este ciclo de compressão e resfriamento acontece até o final da quarta etapa. Só após isso o gás segue para o armazenamento e mais tarde para o abastecimento dos veículos.

Ao final da compressão o GNV é armazenado, em cilindros apropriados, a uma pressão de 250 [bar], e conforme resolução número 41 da ANP, o artigo 23 obriga os revendedores de postos de gás combustível a praticar a pressão máxima de abastecimento de 220 [bar], o valor desta pressão deve ser observado ao final do abastecimento. Pode-se utilizar a conversão de 1 [bar] ser aproximadamente a 1 [kgf/cm<sup>2</sup>].

## 3.2 ÁREAS CLASSIFICADAS

Segundo Jordão (1997), área classificada é qualquer local que está sujeito a formação de atmosfera explosiva devido à presença de algum tipo de gás, vapor, fibra ou poeira combustível e o oxigênio. Naquelas, os equipamentos elétricos podem formar fonte de ignição devido a algum arco ou faísca proveniente de seus contatos ou algum tipo de aquecimento devido a uma falha. Os equipamentos utilizados em área classificada devem possuir certificação por órgão competentes e atender uma variedade de normas internacionais.

Os ambientes onde podem ocorrer alguma presença de produtos inflamáveis, conforme Jordão (2014), são divididos em três Classes:

- Classe 1- Gases e vapores;
- Classe 2 - Poeiras;
- Classe 3 – Fibras.

Conforme Jordão (1997), um outro tipo de classificação pode ser feita dependendo do ambiente em que a instalação será realizada. Esta também é chamado de Zona de Risco.

Assim são definidas três tipos de zona:

- Zona 0 - A atmosfera explosiva está sempre presente, a mistura inflamável é contínua ou persiste por longo tempo.
- Zona 1 - A probabilidade de se encontrar uma atmosfera explosiva é elevada, a mistura inflamável é provável acontecer em condições normais.
- Zona 2 - A probabilidade de alguma atmosfera existir é pouco provável, caso ela ocorra, está se dará de forma inadvertida durante uma operação de manutenção ou algum mau funcionamento da instalação.

Segundo Jordão (1997), uma explosão só acontece quando ocorre uma mistura de um combustível, um comburente e uma fonte de ignição nas proporções adequadas. Na Figura 6 está sendo ilustrada a afirmação acima pelo triângulo do fogo.



Figura 6 - Triângulo do fogo

Fonte: <http://www.brasilecola.com/quimica/como-combater-um-incendio.htm>

## 4 ELEMENTOS DE AUTOMAÇÃO

Os elementos de automação abordados neste capítulo são os principais para controle o compressor de GNV, dentre eles destacam-se.

- Controlador lógico programável (CLP);
- Interface homem máquina (IHM);
- Sensor de pressão;
- Sensor de temperatura.

### 4.1 RETROFITTING

Segundo GW3, *retrofitting* é um termo em inglês e tem como significado, atualizar ou modernizar. O equipamento ganha características de um equipamento novo, com a robustez e aparência de um antigo. Normalmente o custo para a realização do *retrofitting* é bem inferior ao de um equipamento novo. Dessa forma tal procedimento apresenta uma boa relação custo/benefício e é uma prática corriqueira no meio produtivo.

### 4.2 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL (CLP)

Segundo Rosário (2005), o CLP é um dispositivo, físico e eletrônico capaz de armazenar uma sequência de instruções lógicas além de outros comandos, em sua memória interna.

Conforme Santos (2014), o CLP foi criado em 1968 na indústria automobilística americana, dentro de uma divisão da General Motors, denominada *Hidronic Division*.

Para Rosário (2005), em 1971 o CLP foi utilizado pela primeira vez fora da indústria automobilística e em 1975, o controlador proporcional, integral e derivativo (PID), foi integrado ao controlador.

Segundo Rosário (2005), o CLP possui dispositivos que se conectam com outros equipamentos externos, são chamados de variáveis de entrada e de saída. As variáveis de entrada são aquelas responsáveis por receber os sinais externos de outros equipamentos, enquanto as variáveis de saída, são sinais, digitais ou analógicos, enviados para controlar um dispositivo externo. Na Figura 7, é mostrado uma aplicação genérica do CLP.

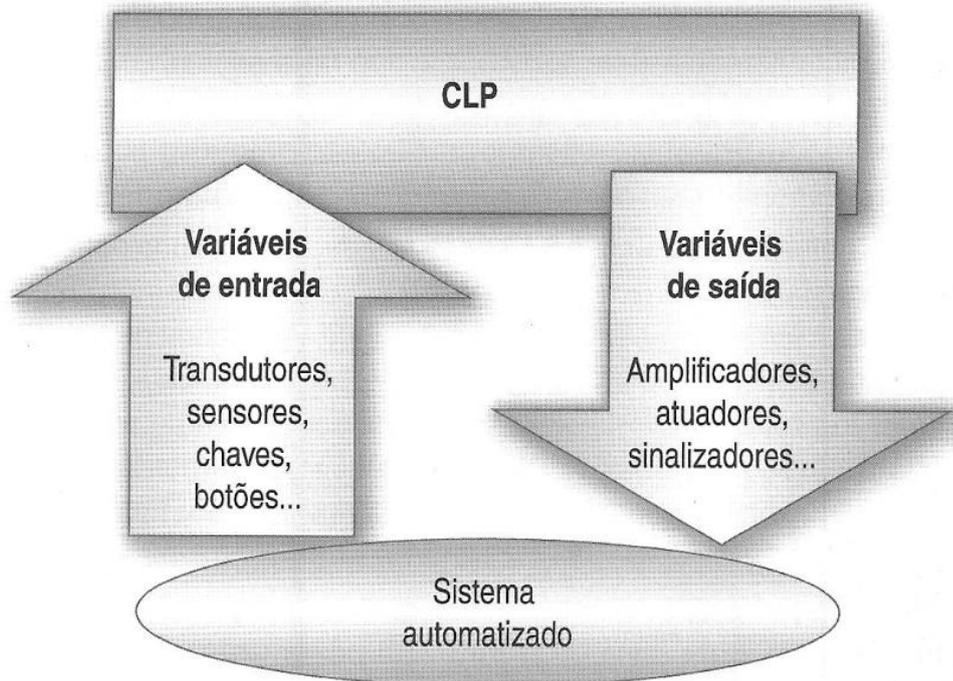


Figura 7 - Aplicação genérica do CLP  
Fonte: Rosário (2005. P 283)

O CLP tem como princípio de funcionamento fundamental, conforme Rosário (2005), a execução de um programa desenvolvidos por algum fabricante, desta forma o CLP realiza de forma organizada e contínua, a leitura das entradas através do seu módulo de entradas, e dependendo do conteúdo do seu programa, ou a lógica implementada, realiza ou não ações nas variáveis de saída através do seu módulo de saída. Na Figura 8 é mostrado de forma simplificada o funcionamento do CLP.



Figura 8 - Exemplo ciclo interno CLP  
Fonte: Rosário (2005. P 284)

Rosário (2005), também aborda três linguagens de programação possíveis para o CLP.

- Diagramas de contatos (*Ladder*);
- Diagramas de blocos funcionais, também conhecidos como Grafcet;
- Lista de instruções.

### 4.3 INTERFACE HOMEM MÁQUINA (IHM)

Conforme Mecatrônica Atual (2014), a IHM é um *hardware* industrial composto normalmente de uma tela de cristal líquido, podendo ou não conter teclas para a sua navegação.

Segundo Mecatrônica Atual (2014), a IHM é um equipamento fundamental nos processos automatizados, pois é através dela que o operador faz a interação com a máquina ou o processo.

Ainda segundo Mecatrônica Atual (2014), a IHM pode ser utilizada em diversas situações, das quais destacam-se:

- Visualização de alarmes;
- Visualização de dados do processo;
- Visualização de dados da máquina;
- Alteração de dados do processo e da máquina;
- Visualização do processo, no formato de desenhos, dos vários elementos que o compõe.

#### **4.4 SENSORES**

Segundo Rosário (2005), sensores são elementos que promovem informações para um sistema de automação. Este pode ser definido como um transdutor que altera a característica física interna através de uma perturbação externa.

Conforme Rosário (2005), o nome transdutor se dá quando um sensor opera de forma direta sob a mesma forma de energia. Ainda pode-se classificar os sensores como discreto ou analógicos, para o caso dos discretos, só se pode assumir dois valores, zero ou um. Para os sensores analógicos, os valores assumem um determinado valor, compreendido dentro de uma escala.

Os transdutores usados para realizar o *retrofitting* no compressor de GNV são:

- Transdutor de pressão – Responsável por fornecer as informações de pressão em cada etapa de compressão, além da pressão do gás armazenado. Este define o estado do compressor, podendo estar ligado ou desligado.
- Transdutor de temperatura – Responsável por fornecer as informações de temperatura do gás durante a sua compressão.

Segundo Rosário (2005), as grandezas medidas pelos transdutores são convertidas em sinais elétricos ou resistência elétrica. Para o caso do transdutor de pressão e temperatura, o sinal enviado é o de corrente.

Conforme Fialho (2010), o transdutor de pressão é baseado no efeito piezo-resistivo, onde a mudança de resistência causada por mudanças na resistividade, depende de quanto esforço mecânico é exercido sobre o cristal. Os esforços sofridos pelo cristal são tanto de tração quanto de compressão.

Segundo Fialho (2010), um dos tipos de transdutor de temperatura é o de platina industrial também conhecido como Pt-100, devido a sua resistência a zero graus Celsius ser 100 ohm. Neste tipo de termômetro a resistência varia linearmente em função da temperatura também possui uma boa precisão, em 0° C o valor da resistência é de  $100 \Omega \pm 0,1 \Omega$ .

AS Figuras 9 e 10, ilustram o tipo de transdutor de pressão e temperatura que serão utilizado no *retrofitting* do compressor.



Figura 9 - Transmissor de pressão  
Fonte: <http://www.wika.com.br>



Figura 10 - Sensor de temperatura Pt100  
Fonte: <http://www.electron.com.br/electron>

## 5 CONFIGURAÇÃO DO CLP

Uma das características técnicas para a seleção do CLP é a quantidade de entradas e saídas digitais que serão utilizadas no processo. Caso a quantidade de entradas e saídas digitais exigidas pelo processo sejam superiores às existentes no CLP, é possível incorporar novos módulos, a fim de adequar à aplicação.

Para entradas e saídas analógicas, é necessário a aquisição de módulos específicos. Tanto para entradas quanto para saídas, podemos selecionar nível de tensão, corrente e resistência que os mesmos irão operar.

Os tipos de sinais possíveis são:

- Sinal de corrente de 4-20 mA, para entradas e saídas;
- Sinal de tensão de 0-10 V, para entradas e saídas;
- Sinal de resistência para termopares, Pt100 e Pt1000, para entradas.

Quanto maior for o número de *bits* de uma entrada analógica, teremos um maior número de níveis disponíveis para a aquisição, devido a redução dos intervalos de quantização do conversor analógico/digital (A/D). Dessa forma haverá a representação da grandeza de entrada com maior a exatidão mostrada na IHM.

Para realização do *retrofitting* do presente trabalho serão utilizadas 10 entradas digitais, 11 saídas digitais e 11 entradas analógicas.

O CLP selecionado foi o S7-1200 1214C 14DI/10DO/2AI, este foi escolhido pois possui 14 entradas digitais, 10 saídas digitais e 2 entradas analógicas, e atente quase que na totalidade a exigência do processo, além de ser de fácil e rápida aquisição no comércio especializado. Serão necessários incorporar um módulo de entradas e saídas digitais adicionais e três módulos analógicos com quatro entradas cada, para a execução do *retrofitting*, estes irão receber um sinal de 4-20 mA provenientes dos transdutores já existentes no compressor.

Outro motivo para substituir o existente no compressor de GNV é que o S7-200, não é mais fabricado, seu módulo de entrada é em 220 Vca, a interligação entre IHM e CLP é feita através do cabo específico do fabricante e caso o CLP apresente mau funcionamento, o prazo de reparo é longo, o que acaba comprometendo o processo produtivo. Seu cabo de interligação com a IHM é feita através do padrão Ethernet com cabo de rede, seu custo é menor e seu tamanho físico reduzido.

A IHM utilizada para a implementação do *retrofitting* no painel do compressor será uma *touch screen* (tela sensível ao toque) de 6". Tal escolha se deu devido ao equipamento atual, não ser mais comercializada, e foi levado em conta um melhor dinamismo nas informações apresentadas em tela, além de ajudar de forma rápida na identificação de falhas e a manutenção atuar de forma eficiente.

## **5.1 IDENTIFICAÇÃO DAS ENTRADAS E SAÍDAS (I/O)**

Devido o equipamento estar em uma área classificada, todas as coletas de dados para o *retrofitting* foram executadas com a ausência total de gás metano no interior do compressor e com a presença de técnicos, que auxiliaram as atividades a serem executadas.

Para a confecção do programa do CLP foi necessário realizar o levantamento da operação do equipamento e da atuação dos diferentes sensores e atuadores que são responsáveis pela mudança de estado das entradas e das saídas.

Foi utilizado um método empírico de identificação das I/O e toda a identificação foi realizada com o painel energizado mas com a chave de partida desligada. O procedimento é descrito abaixo:

Primeiramente todo o levantamento é para as entradas. O teste contou com a ajuda de dois auxiliares. Um deles ficou encarregado exclusivamente de acionar o botão de emergência na ocorrência de qualquer anormalidade. A primeira entrada a ser identificada foi o do botão de emergência.

O procedimento consistiu em identificar o elemento que envia o sinal do equipamento para o painel, e após foi aplicada tensão no cabo de sinal, um assistente verificou no CLP qual foi a entrada acionado e anotou em uma planilha. Através deste procedimento foi possível identificar 11 entradas.

Para identificar as saídas o procedimento é similar, um auxiliar ficou encarregado do acionamento do botão de emergência no caso de anomalia. Para que o motor principal não fosse acionado, os cabos de força que saem da chave de partida e o alimentam foram retirados. Os cabos que foram retirados estão mostrados na Figura 11. Naquela etapa os sinais injetados saem do próprio painel, foi feita a desconexão da saída do CLP, cabo a cabo, e injetado um sinal de tensão, enquanto isso dentro do compressor um auxiliar observa qual elemento ou atuador apresentou mudança de estado.



Figura 11 - Cabos de saída da chave de partida  
Fonte: Autoria própria

Devido ao compressor estar completamente sem gás metano em seu interior, elementos como válvulas solenoides não atuam, pois estas necessitam de algum fluido para funcionar. Neste caso para saber se a válvula solenoide que estava sendo acionada, utiliza-se uma chave de fenda ou outro material ferromagnético que ao entrar em contato com a cabeça da bobina, era atraído e indicando assim qual válvula estava acionada. O teste de acionamento da chave de partida foi feita com a ajuda de um multímetro, pois devido a desconexão do cabo, a mesma não funcionava sem carga. A Figura 12 mostra o cabo que foi desconectado da chave de partida e conectado ao multímetro.

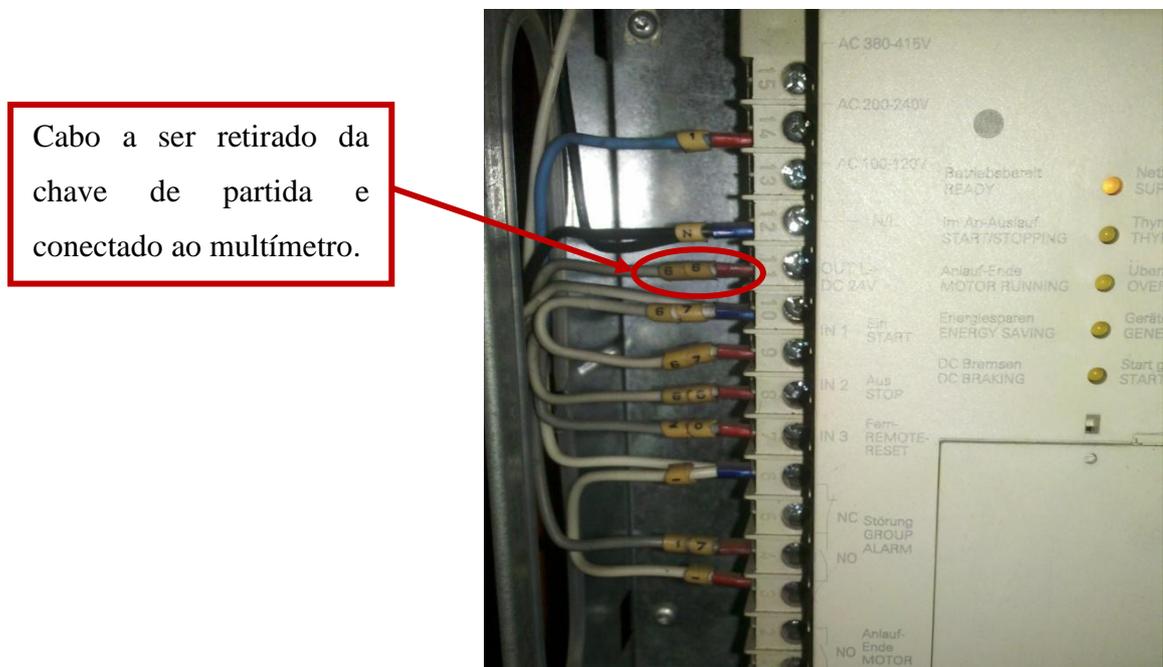


Figura 12 - Cabo comando de partida da chave de partida  
Fonte: Autoria própria

Durante a identificação das saídas, observou-se que existem 10 delas que apenas acionam diodos emissores de luz (LED), tais saídas deixaram de existir e passaram a ser indicadas diretamente na IHM.

## 5.2 EQUAÇÃO DOS TRANSDUTORES DE PRESSÃO E TEMPERATURA

Para indicar corretamente os valores na IHM foi necessário levantarmos a equação da reta do transdutores de pressão e de temperatura, visto que a resolução das entradas analógicas é medida em *bits* e posteriormente esses *bits* devem ser correlacionados com os valores enviados pelos transdutores.

Através da equação da reta dos transdutores foi possível encontrar o valor em *bits* no qual se deu início à conversão dos valores oriundos dos transdutores. Como as entradas analógicas identificam valores de 0 a 27648 *bits* foi criada uma banda morta para a correta visualização dos valores na IHM.

A obtenção da banda morta pode ser através de uma regra de três simples, como demonstrado na equação 1:

$$X = \frac{\text{Limite inferior} \times \text{N}^\circ \text{ de bits entrada analógica}}{\text{Limite Superior}} = 5529,6 \quad (1)$$

Sendo: Limite inferior 4 mA, e Limite Superior 20 mA e *Bits* entrada analógica – 27648

Através do Gráfico 1 da reta de carga, tanto para o transdutor de pressão quanto para o transdutor de temperatura, é possível a obtenção da equação da reta por meio de matriz.

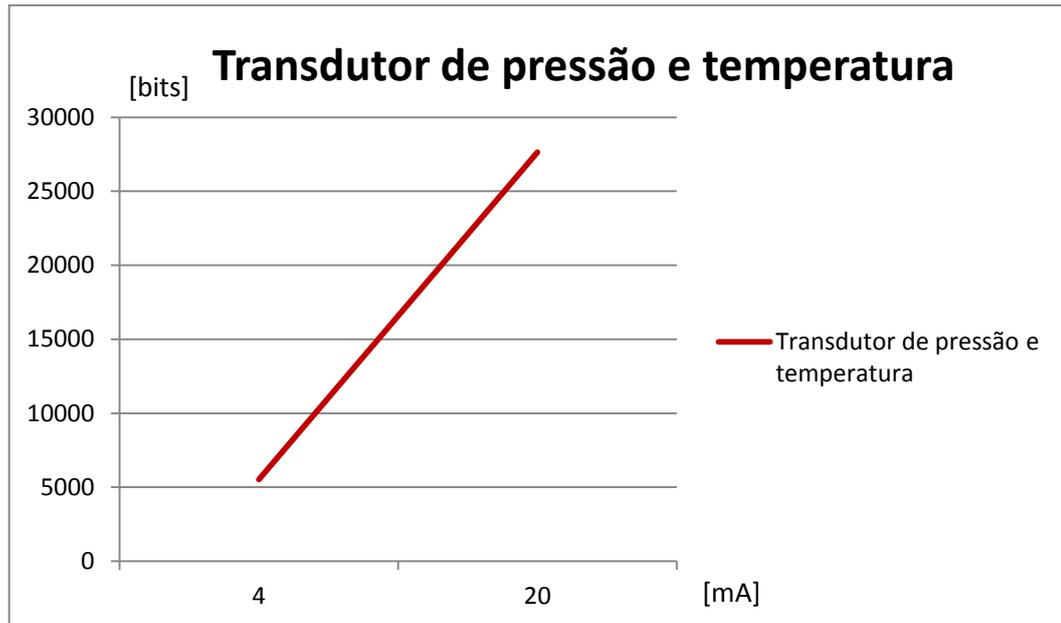


Gráfico 1 - Reta de carga transdutor de pressão e temperatura  
Fonte: Autoria própria

A matriz que expressa a equação da reta é mostrada na equação 2.

$$\begin{bmatrix} 0,004 & 5529,6 & 1 \\ 0,02 & 27648 & 1 \\ X & Y & 1 \end{bmatrix} = 0 \quad \therefore \quad (2)$$

A equação da reta é mostrada na equação 3.

$$Y = \frac{22118,4 \times X}{16} \quad (3)$$

### 5.3 VERIFICAÇÃO DOS TRANSDUTORES

No *retrofitting* não foram trocados os transdutores do compressor. Então foi necessário verificar a calibração dos mesmos. Para a tal verificação foi utilizado um manômetro padrão calibrado. O método é descrito na sequência.

Primeiramente foi verificada a faixa de pressão de utilização do transdutor, como exemplo está sendo utilizado o transdutor de 0 – 400 bar. Este foi verificado em três níveis intermediários, 100, 200 e 300 bar.

Para aquele transdutor foi encontrada uma outra equação da reta, que relaciona pressão x corrente, conforme o Gráfico 2.

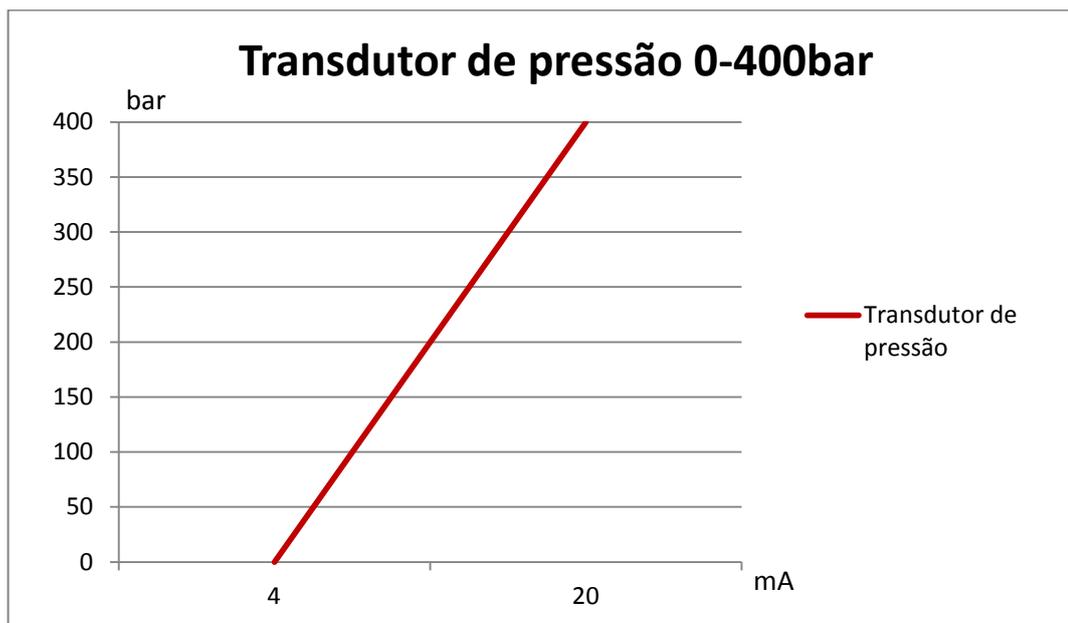


Gráfico 2 - Reta de carga Transdutor de pressão  
Fonte: Autoria própria

A obtenção da equação da reta é obtida através da resolução da matriz mostrada na equação 4 e na equação 5, a equação da reta.

$$\begin{bmatrix} 0,004 & 0 & 1 \\ 0,02 & 400 & 1 \\ X & Y & 1 \end{bmatrix} = 0 \quad \therefore \quad (4)$$

$$X = \frac{(0,016 \times Y) + 1,6}{400} \quad (5)$$

A resposta está em função de X (equação 5), pois foi o valor a ser aferido. Y é o valor de pressão no qual o transdutor foi submetido.

Para os valores intermediários de pressão escolhidos para Y (100, 200 e 300 bar), o valores esperados para os transdutores são respectivamente 8 mA, 12,8 mA e 16 mA.

De posse dos dados necessários para a aferição dos transdutores, estes foram montados individualmente em uma bancada de testes, composta por uma bomba hidráulica que pressuriza ao mesmo tempo um manômetro e o transdutor a ser aferido, faz parte do método ainda, uma fonte 24 Vcc e um multímetro, a fonte tem a finalidade de fornecer corrente para o transdutor e o multímetro medir a corrente que circula pelo circuito. A montagem pode ser vista na Figura 13.

A fonte utilizada é da Phoenix de 24 Vcc e fornece uma corrente máxima de 2,4 A. O multímetro utilizado é *TRUE RMS* da marca Agilent de 4 e meio dígitos. Na medição da corrente do transdutor, o multímetro foi ajustado na escala de 50,000 mA. Para essa escala a resolução é de 0,001 mA e a precisão é de 0,15% para o fundo de escala.

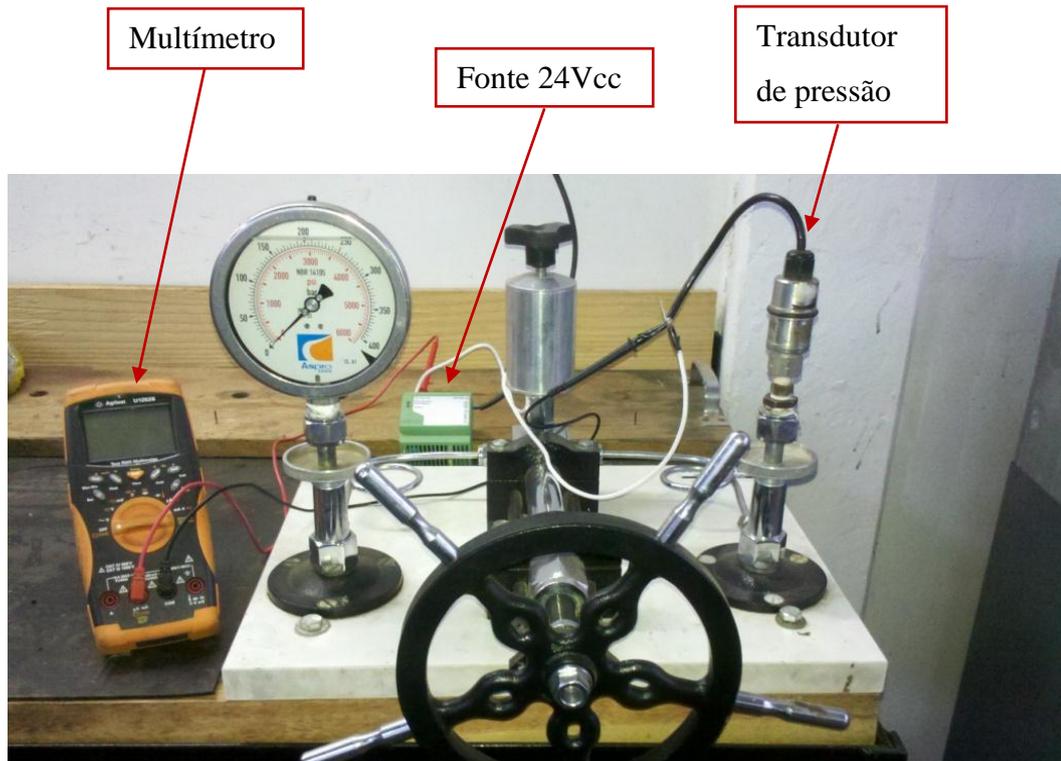


Figura 13 - Bancada para teste dos transdutores.  
Fonte: Autoria própria

A Figura 14 mostra o esquema elétrico de ligação para realizar o teste nos transdutores.

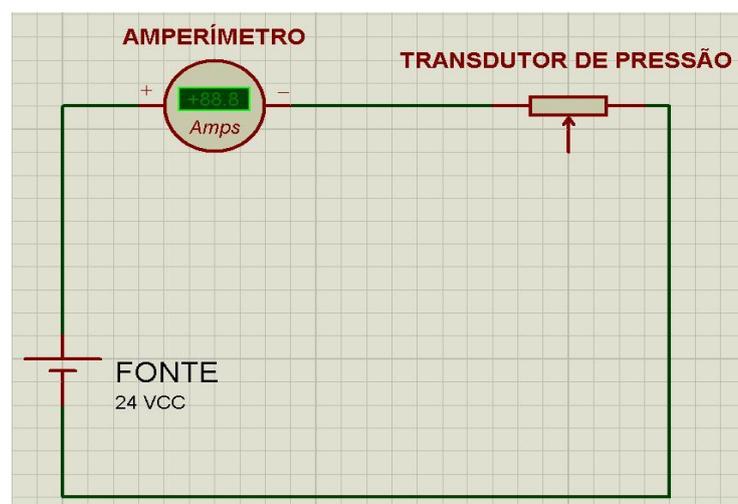


Figura 14 - Esquema de ligação teste transdutor  
Fonte: Autoria própria

Durante o processo de aferição, os transdutores de pressão do compressor foram testados em bancada, todos estes foram substituídos por transdutores temporários cedidos pela empresa que presta assistência técnica ao compressor, e logo que a aferição dos transdutores de pressão foram concluídos, estes foram reinstalados no compressor.

Um exemplo de aferição, é mostrado na Tabela 1. O transdutor não pode ser calibrado, caso necessário, pois apenas oficinas credenciadas junto ao Inmetro de cada estado podem fazer esse tipo de serviço, por isso só foi feita a aferição dos transdutores.

<b>TRANSDUTOR DE PRESSÃO 0-400 bar</b>			
Pressão(bar)	Corrente teórica (mA)	Corrente medida (mA)	Erro %
100	8	7,98	-0,251
200	12,8	12,78	-0,156
300	16	16,03	0,187

Tabela 1 - Dados Aferição Transdutor 0-400 bar  
Fonte: Autoria própria

Obtivemos um erro médio relativamente baixo, de  $-0,073\%$ .

## 5.4 DEFINIÇÃO DOS ALARMES

Para a definição dos alarmes, foi observado o ajuste de cada controlador existente no compressor e os valores foram obtidos dos mesmos.

Para os valores de alarmes e falhas nas medições das temperaturas nas etapas de compressão e de armazenamento, apenas foi considerado os limites superiores. Para os valores de pressão de compressão nas etapas e de óleo, foram considerados os valores inferiores e superiores de alarmes.

O procedimento para a obtenção dos alarmes de temperatura e pressão nas etapas são os mesmos e consistiu em:

- Acessar o indicador digital, no modo de “Ajuste do *Set point*”;
- Verificar o valor do *set point*;

- Acessar o indicador digital, no modo de “Programação”;
- Acessar os parâmetros “SPL e SPH”, que indica o limite inferior e o limite superior, respectivamente.

Os parâmetros “SPL e SPH” são ajustados em relação ao *Set point*, como o exemplo demonstrado abaixo:

Caso o *Set point* esteja ajustado para o valor de 100 °C, para que o alarme de limite inferior de temperatura atue em 70 °C, é necessário ajustar o parâmetro “SPL” em 30. Para que o alarme de limite superior atue em 120 °C, é necessário ajustar o parâmetro “SPH” em 20. Este exemplo também pode ser aplicado para o ajuste da pressão de óleo do compressor, somente os valores e as unidades diferem entre si.

Os alarmes implementados no *retrofitting*, serão divididos em defeito e falha.

O defeito não faz com que o compressor interrompa o processo de compressão, mas acione a sirene para chamar a atenção do operador de que algo está. No caso da falha, esta faz com que o compressor pare o processo de compressão do gás metano.

Existe duas maneiras do compressor parar, quando existe uma falha, em uma delas o compressor realiza o processo de descompressão antes de parar e a outra o compressor para bruscamente.

Para alarmes como sistema de segurança, baixa pressão de óleo, sensor de vibração, alta pressão de última etapa e alta temperatura de bobina do motor, o compressor para bruscamente para todos os outros o compressor realiza o processo de descompressão.

Os ajustes dos alarmes são realizados pelo pessoal da assistência técnica do compressor através da IHM como mostrado na Figura 15. O acesso apenas é liberado após o técnico entrar com senha.

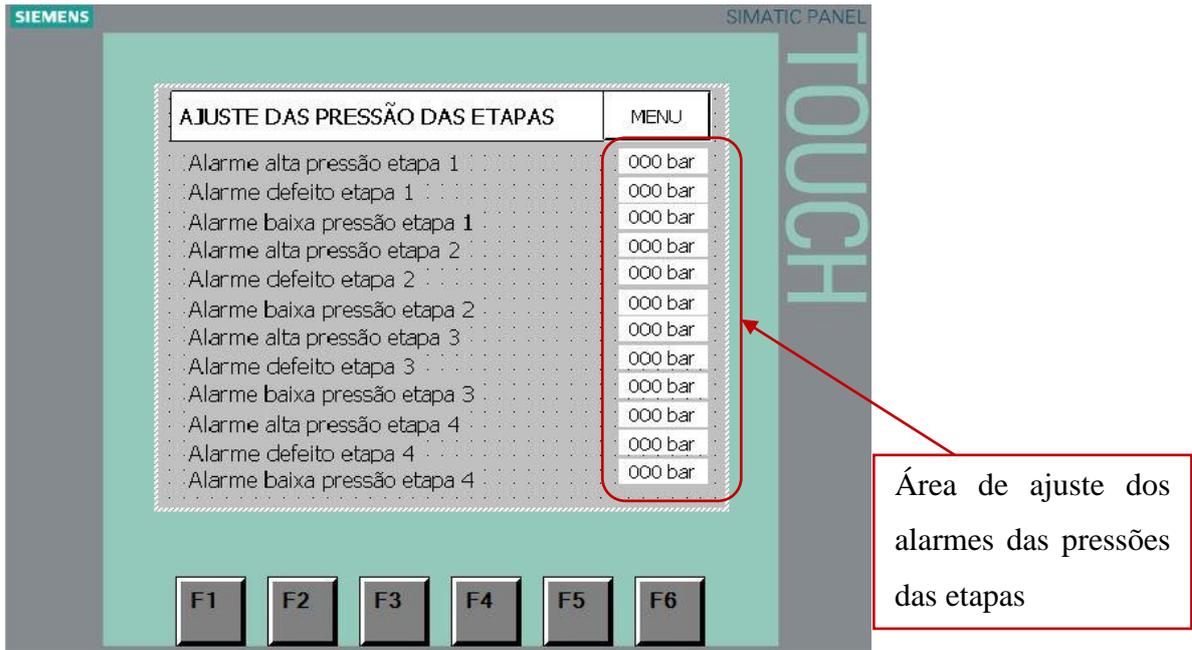


Figura 15 - Tela de ajuste das pressões das etapas.  
Fonte: Autoria própria

O operador pode visualizar os valores das pressões nas etapas através de outra tela na IHM, a Figura 16 mostra a tela com os valores das pressões através de uma escala analógica do tipo barra e também os valores normais de operação para cada etapa indicada.

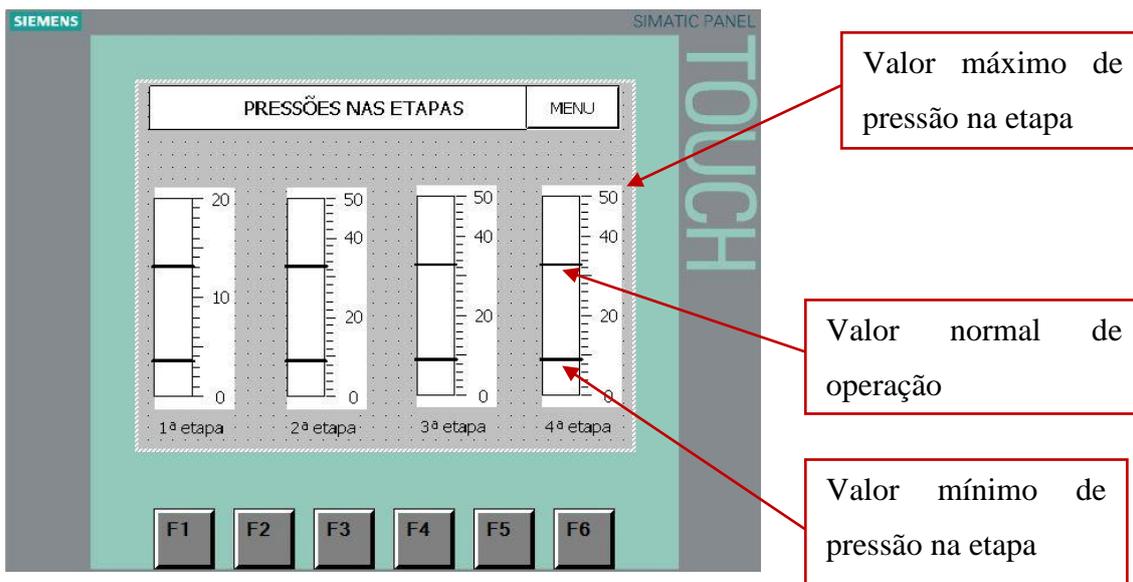


Figura 16 - Tela de valores das pressões nas etapas.  
Fonte: Autoria própria

Para o valor de mínima pressão na etapa, o compressor não interrompe o processo de compressão, apenas ativa o alarme sonoro para que o operador verifique o compressor.

A decisão do compressor não parar de comprimir deve-se ao fato de que o defeito nas etapas não acontece de forma isolada. Como exemplo pode ser citado a quebra de uma válvula de compressão. Caso esta seja de escape de segunda etapa, irão aparecer dois alarmes de defeito, um deles é o de baixa pressão na terceira etapa (não interrompe o processo de compressão) e o outro é o de alta pressão de compressão de segunda etapa, este sim faz com que o compressor interrompa o processo de compressão.

Para a definição de alarmes referente a temperatura nas etapas o procedimento é parecido com o descrito para os alarmes de pressões nas etapas, apenas o alarme de temperatura alta de última etapa faz com que o compressor realize o processo de compressão. Os demais alarmes de temperatura apenas ativa o alarme sonoro.

A justificativa para que o alarme de última etapa pare o processo, é que quando as hélices do ventilador responsável pelo resfriamento do gás quebram, a temperatura de última etapa sobe rapidamente, portanto, o aumento repentino na temperatura de saída da última etapa é decorrente de um defeito mecânico no ventilador. O valor de alarme estava definido em 160 °C no controlador instalado no compressor.

## **5.5 AJUSTE DE PARTIDA E MEDIÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA**

Para um melhor ajuste do compressor também foi instalado um medidor de energia na entrada de energia do painel, de posse dos dados que o medidor disponibiliza é possível gerir melhor o gasto de energia elétrica.

O medidor utilizado é um multimedidor MID 96 da marca Siemens mostrado na Figura 17. O tipo de ligação escolhida para seu funcionamento foi a monofásica conforme mostra a Figura 18.



Figura 17 - Multimedidor MID 96

Fonte: [http://www.gestal.com/boletim/images/driver\\_siemens.jpg](http://www.gestal.com/boletim/images/driver_siemens.jpg)

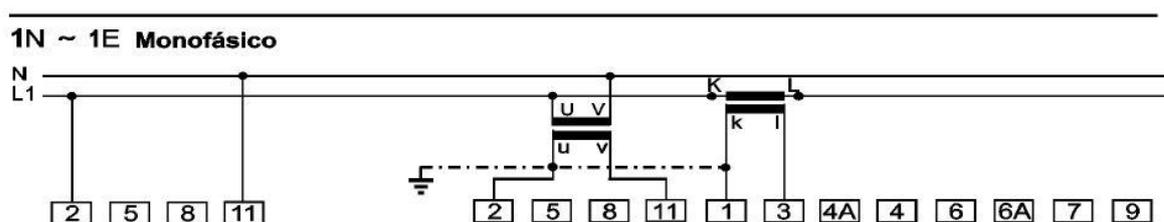


Figura 18 - Esquema de ligação MID 96

Fonte: Manual Multimedidor MID 96

Devido ao nível de tensão em que o compressor opera, não houve a necessidade de instalar nenhum transformador de potencial (TP), e as conexões de tensão foram feitas diretamente no barramento de entrada após a chave seccionadora do painel do compressor.

Primeiramente foi instalado um transformador de corrente (TC) na fase que circulava a maior corrente elétrica após foi realizada a configuração conforme o manual do fabricante.

De posse das contas de luz fornecida pelo proprietário do compressor iniciou-se um processo de melhoramento da partida do compressor no qual foi adotado o método descrito abaixo:

Primeiramente limitou-se a corrente máxima fornecida pela chave de partida em 700 A e o tempo de rampa de aceleração em 12 segundos, na chave de partida, como mostra a Tabela 2.

<b>Parâmetros para partida do motor principal</b>		
Tensão inicial (V %)	Limite de corrente (A)	Tempo da partida (s)
30	700	4
35	700	4
40	700	4
45	700	4
50	700	3
55	700	3
60	700	3

Tabela 2 - Parâmetros iniciais de ajuste  
Fonte: Autoria própria

Nesta primeira etapa variou-se apenas a tensão inicial durante a partida, para o compressor em questão a tensão de trabalho é de 440 V. Para cada partida realizada era verificado a queda de tensão na rede. Para o pior caso de partida, no caso 60%, a queda de tensão chegou em 52 V.

A Tabela 2 serviu para ajudar a definir qual seria a melhor tensão inicial a ser configurada. O objetivo de ajuste da partida era fazer com que o compressor atingisse a sua velocidade nominal em um tempo compreendido entre 6 e 9 segundos além de gerar uma menor queda de tensão possível.

A Tabela 3 representa o segundo passo para finalizar a configuração da chave de partida.

<b>Parâmetros para partida do motor principal</b>		
Tensão inicial (V %)	Limite de corrente (A)	Tempo da partida (s)
40	730	4
40	680	5
40	620	5,2
40	590	6,4
40	565	7,1

Tabela 3 - Valores finais de configuração  
Fonte: Autoria própria

Os valores finais de ajuste da partida do motor principal foram, 40% de tensão inicial, limite de corrente de partida em 656 A e o final da rampa de aceleração em 7,1s aproximadamente. Este parâmetros resultaram em um afundamento de tensão de 36 V, abaixo dos 10% que é típico para esse tipo de compressor.

Para valores de limitação de corrente inferiores 550 A, a chave de partida não conseguia concluir o processo de partida e acabava entrando em falha, e esta era desabilitada.

Para o melhor otimização do consumo de energia, verificou-se que em média o consumo de energia elétrica do compressor, compreendido entre os meses de agosto de 2014 a janeiro de 2015, era de 25.400 kWh. Observou-se que o compressor partia em torno de 14 vezes por hora e que também o motor do ventilador responsável pelo resfriamento do gás ficava 4 minutos ligados e as vezes não desligava, devido a uma nova partida do motor principal.

Como tentativa de diminuir o consumo de energia elétrica, foi aumentado o tempo entre partidas do compressor, o tempo estipulado para uma nova partida foi de 3 minutos, ou seja, após um desligamento do compressor, o mesmo só voltaria a ligar 3 minutos depois. O tempo de 3 minutos foi ajustado alterando a janela de liga/desliga da armazenagem de gás. Também foi zerado o tempo para o desligamento do ventilador da seguinte forma.

Como não se tem acesso aos parâmetros do compressor, o acionamento da bobina do ventilador passou a ser por um contato auxiliar ligado no contactor de acoplamento do capacitor. Cada vez que o compressor desliga o banco de capacitor desliga também e isso faz com que o ventilador desligue. No que refere-se ao alarme de falha do ventilador, o mesmo continuou como antes.

Com os ajuste feitos notou-se na conta do mês de abril de 2015 uma redução de aproximadamente 2% no consumo de energia elétrica do compressor, para um mesmo volume de vendas de gás natural, passando de 25.400 kWh para 24.890 kWh. Em um ano a economia é de aproximadamente R\$ 4.000,00.

## 6 SISTEMA DE CONTROLE E MONITORAMENTO

Para iniciar a programação do sistema de controle e monitoramento, primeiramente foi analisado o funcionamento normal do compressor no qual será realizado o *retrofitting* e comparado ao funcionamento de compressores, do modelo com quatro etapas, de gás metano de outros fabricantes. Com essas informações, pretende-se minimizar as falhas de funcionamento do compressor em questão.

Uma das diferenças observadas é durante a partida, em alguns compressores a primeira etapa de compressão, parte pressurizada além da sua pressão de trabalho, em outras essa etapa parte sem pressão. Outra diferença observada aparece na última etapa, também durante a partida há compressores que partem com ela fechada, ou seja, já parte em processo de compressão, e em outras ela parte aberta e só fecha após o motor principal atingir a sua velocidade nominal, só então se dá início ao processo de compressão.

De posse das diversas informações coletadas e observando o funcionamento do compressor foi elaborado o fluxograma mostrado na Figura 19. O fluxograma descreve o processo da seguinte forma;

Quando o compressor é energizado o alarme de ação do sistema de segurança é acionado de imediato, garantindo com que o compressor não ligue automaticamente. Se houver um reconhecimento desse alarme (*reset*), o sistema verifica se há outros alarmes ativos, caso não haja ele já está pronto para partida, ao contrário ele aciona a sirene e o sinal luminoso indicando que ainda existe alarme.

Não havendo mais alarmes o compressor é habilitado em modo automático e fica aguardando a armazenagem de gás chegar em uma pressão que irá fazer com que o compressor ligue. Quando isso acontece, primeiramente ele aciona o ventilador do resfriamento, após aciona o motor principal e ao chegar em velocidade nominal a chave de partida manda um sinal que faz com que o compressor inicie o processo de compressão. Este fecha a válvula de despressurização e abre a válvula de admissão de gás. Quando a armazenagem estiver cheia o compressor descomprime e fica aguardando a armazenagem esvaziar novamente. Esse processo é cíclico e só é interrompido por motivo de defeito ou falha no compressor.

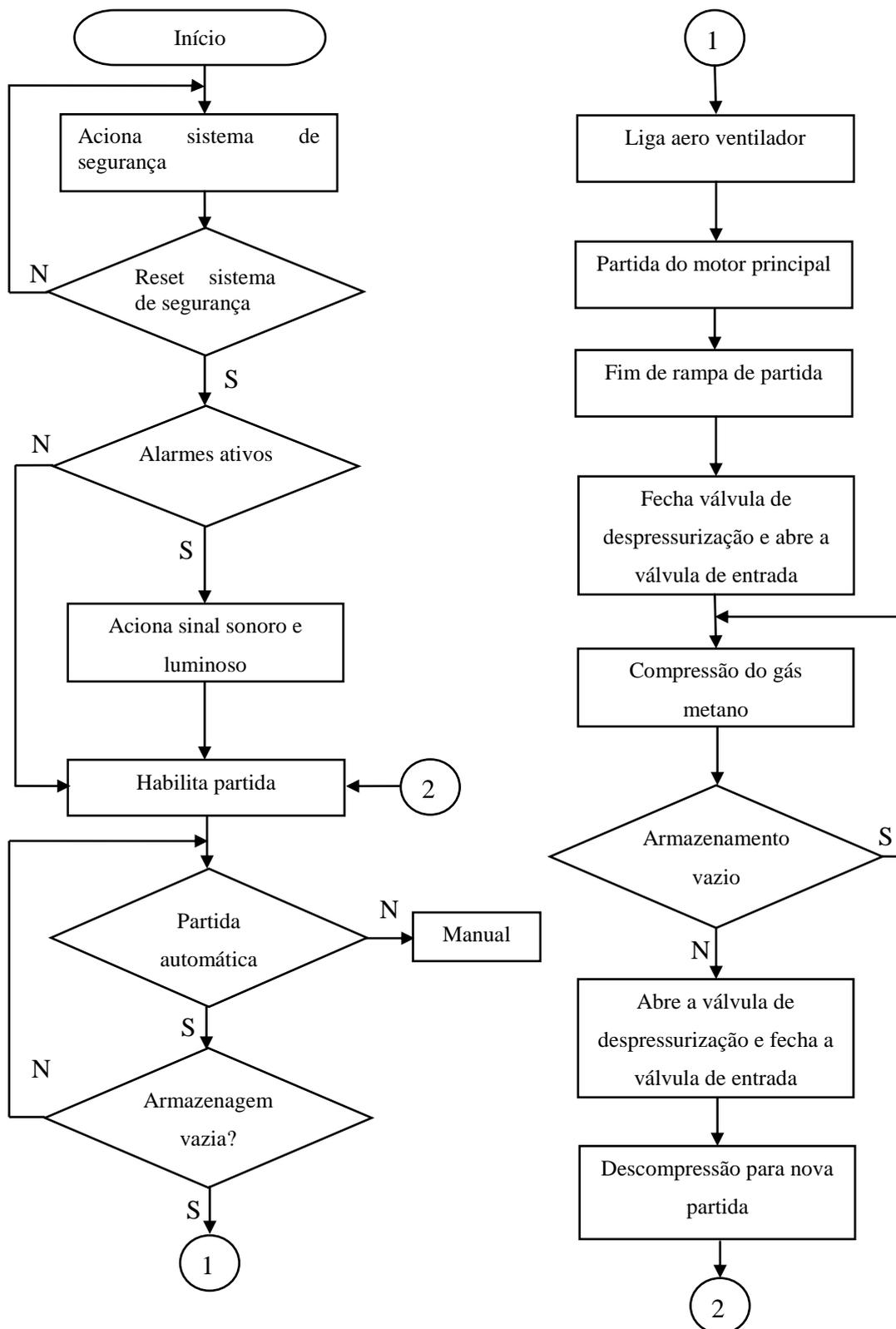


Figura 19 - Fluxograma de funcionamento do compressor  
 Fonte: Autoria própria

Devido a fatores econômicos o programa não foi escrito pois o cliente em questão passa por uma grande dificuldade financeira e não irá adquirir os equipamentos para realizar o *retrofitting*.

Será descrito como deve ser a estrutura do programa, com base no fluxograma da Figura 19, de funcionamento do compressor para implementação futura.

O programa deverá ser escrito no *software* TIA PORTAL da Siemens, devido aos equipamentos selecionados serem da mesma marca, e poderá ser escrito na linguagem *ladder*.

O sistema de controle e gerenciamento do compressor será dividido em uma rotina principal e também em sub-rotinas que serão chamadas quando necessárias.

Na rotina principal a primeira ação a ser tomada é a que garante que o compressor não irá entrar em funcionamento de forma alguma, mesmo em caso de queda de energia da rede, sem o comando do operador. Para que tal rotina seja assegurada, é adicionado nas linhas de programação um comando interno do CLP que é o *FIRST SCAN*, esse comando faz que a linha que estiver programada com ele, seja executada logo no primeiro ciclo de varredura do CLP. No caso do programa o *FIRST SCAN* irá chamar a sub-rotina de alarmes no qual estão escritos todos os alarmes do compressor e após o reconhecimento do alarme pelo operador, este pode habilitar o compressor para a partida.

As demais sub-rotinas são as que tratam do horímetro, histórico de alarmes (defeitos e falhas), dados de funcionamento, banco de dados, banco com valores padrões de funcionamento, alarmes analógicos e escalas de ajustes dos transdutores.

## CONCLUSÃO

O *retrofitting* é uma prática utilizada para melhorar uma ou mais características de um dado equipamento ou máquina a fim de obter um melhor desempenho no processo melhorando assim a sua rentabilidade. Nos compressores de gás natural não é comum a realização desta prática, devido a pouca experiência na área, por parte do corpo técnico.

Com tudo, o presente trabalho visou resolver alguns problemas pontuais de controle, segurança e gerenciamento, tanto em nível operacional quanto na conservação de energia. Alguns objetivos foram alcançados, do qual destaca-se o na conservação de energia, pois foi possível fazer o compressor diminuir o seu consumo mensal em 2%, para um mesmo volume de vendas, além de melhorar a condição entre partidas, anteriormente o compressor chegava a partir até 14 vezes por hora e agora ficou em torno de 8 partidas por hora. Também foi utilizado um método de configuração da chave de partida diferente do que consta no manual desta, o método utilizado usa parâmetros de dados previamente existentes do compressor aliados aos conhecimentos adquiridos nas disciplinas optativas deste curso. Como resultado observou-se uma configuração ideal de partida para o modelo de compressor de gás natural estudado neste trabalho.

A queda de tensão foi reduzida de 52 V para 36 V, isso fez com que os *no-breaks*, que antes atuavam durante a partida do compressor, não mais entrassem em operação.

Para ajudar a proteger o motor principal, foi instalado um relé de sobrecarga na saída da chave de partida, pois caso queime, o custo de rebobinamento deste é de aproximadamente R\$ 11.000,00.

Devido a crise financeira desfavorável, a implementação total do presente trabalho não foi possível, pois o cliente sofreu uma descapitalização severa além da forte subida do dólar que veio encarecer os equipamentos que seriam utilizados.

Como proposta futura pode-se utilizar o presente trabalho para a implementação do *RETROFITTING* do compressor de gás natural e enquadrar o painel na NR12, pois o presente trabalho apenas resolveu uma pequena parte em relação a adequação à está norma.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**ABEGAS.** Disponível em <[http://www.abegas.org.br/img/mapa\\_gasoduto.gif?890](http://www.abegas.org.br/img/mapa_gasoduto.gif?890)>. Acesso em 10 de outubro de 2014.

**ANP.** Agência Nacional do Petróleo e Biocombustíveis. Disponível em <<http://www.anp.gov.br/?pg=60031&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&cachebust=1415122599384>>. Acesso em 28 de novembro de 2014.

**ASSOCIAÇÃO BARSILEIRAS DE NORMAS TÉCNICAS.** NBR 5418 - Instalações elétricas em atmosferas explosivas. Rio de Janeiro, 1995.

**ASSOCIAÇÃO BARSILEIRAS DE NORMAS TÉCNICAS.** NBR 9518 – Equipamentos elétricos para atmosferas explosivas. Requisitos Gerais. Rio de Janeiro, 1997.

**CAMPOS, M. M** - Sistemas Inteligentes em Controle e Automação de Processos, 1ª edição, Editora Ciência Moderna, Rio de Janeiro, RJ, 2004.

**CLP S7200.** Disponível em <<http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll?func=cslib.csinfo&objId=57027057&load=treecontent&prodLstObjId=34143567&lang=en&siteid=cseus&aktprim=0&objaction=csview&extranet=standard&viewreg=WW>>. Acesso em 10 de janeiro de 2014.

**CLP S7 1200.** Disponível em <[https://www.google.com.br/search?q=s71200+siemens&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ei=OhXhUu7UEcjYkQevlICgDQ&ved=0CAcQ\\_AUoAQ&biw=1366&bih=643#q=s7+200+siemens&tbm=isch&facrc=\\_&imgdii=\\_&imgcr=u9RjkCVZJ3HbbM%253A%3Bf\\_1WY5sv6aRaFM%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.conrad.com%252Fmedias%252Fglobal%252Fce%252F1000\\_1999%252F1900%252F1980%252F1983%252F198383\\_LB\\_00\\_FB.EPS\\_1000.jpg%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.conrad.com%252Fce%252Fen%252Fproduct%252F198383%252FSiemens-6ES7214-1BD23-0XB0-SIMATIC-S7-200-CPU-224-Compact-Unit-ACDCRelay-14-DI-10-DO-812Kb-Code-8Kb-Data-Pr%3B1000%3B1000](https://www.google.com.br/search?q=s71200+siemens&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ei=OhXhUu7UEcjYkQevlICgDQ&ved=0CAcQ_AUoAQ&biw=1366&bih=643#q=s7+200+siemens&tbm=isch&facrc=_&imgdii=_&imgcr=u9RjkCVZJ3HbbM%253A%3Bf_1WY5sv6aRaFM%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.conrad.com%252Fmedias%252Fglobal%252Fce%252F1000_1999%252F1900%252F1980%252F1983%252F198383_LB_00_FB.EPS_1000.jpg%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.conrad.com%252Fce%252Fen%252Fproduct%252F198383%252FSiemens-6ES7214-1BD23-0XB0-SIMATIC-S7-200-CPU-224-Compact-Unit-ACDCRelay-14-DI-10-DO-812Kb-Code-8Kb-Data-Pr%3B1000%3B1000)>. Acesso em 10 de janeiro de 2014.

**COMPAGÁS.** Disponível em: <[http://www.compagas.com.br/index.php/web/o\\_que\\_e\\_gas\\_natural/suas\\_vantagens](http://www.compagas.com.br/index.php/web/o_que_e_gas_natural/suas_vantagens)>. Acesso em 27 de janeiro de 2014.

**ELECTRON.** Disponível em <<http://www.electron.com.br/electron/wp-content/gallery/pt100/prod1.jpg>>. Acesso em 9 de fevereiro de 2015.

**EMBRACO.** Disponível em:< <http://embraco.com/Default.aspx?tabid=71>>. Acesso em 23 de dezembro de 2014.

**FIALHO,** Arivelto Bustamante. Instrumentação Industrial, 7ª edição. Editora Érica, São Paulo, SP, 2010.

**FIESC.** Federação das Indústrias do Estado de Santa Catarina. Disponível em <<http://www.fiescnet.com.br/gestaoambiental/noticias/tec-gasoduto.htm>>. Acesso em 12 de janeiro de 2015.

**GASNET.** O Site do Gás Natural e GNV. Disponível em: <[http://www.gasnet.com.br/gnv/entendendo\\_gnv.asp](http://www.gasnet.com.br/gnv/entendendo_gnv.asp)>. Acesso em 18 de dezembro de 2014.

**GEORGINI,** Marcelo. Automação Aplicada, 9ª edição. Editora Érica, São Paulo, SP, 2007.

**GW3.** Disponível em: < <http://www.gw3mn.com.br/site/index.php/revista-em-foco-n-39/427-retrofitar-ou-trocar-esta-duvida-voce-tira-com-o-exemplo-do-palacio-do-comercio>>. Acesso em 06 de julho de 2015.

**INFOESCOLA.** Revista Info Escola, Gás Natural Veicular. Disponível em <<http://www.infoescola.com/quimica/gas-natural-veicular-gnv>>. Acesso em 15 de dezembro de 2014.

**JORDÃO,** D. M - Manual De Instalações Elétricas Em Indústrias Químicas E Petroquímicas, 2ª edição, Editora Quality Mark, Rio de Janeiro, RJ, 1997.

**NR12** Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos. Disponível em: <[http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C812D350AC6F801357BCD39D2456A/NR-12%20\(atualizada%202011\)%20II.pdf](http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C812D350AC6F801357BCD39D2456A/NR-12%20(atualizada%202011)%20II.pdf)>. Acesso em 13 de maio de 2015.

**REGET** , Revista Eletrônica em Gestão, Educação E Tecnologia Ambiental FIOREZE et al., v(10), nº 10, p. 2251-2265, JAN-ABR, 2013. Disponível em: <<http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs-2.2.2/index.php/reget/article/viewFile/7896/pdf>>. Acesso em 16 de dezembro de 2014.

**RODRIGUES, P. S. B** - Compressores Industriais, 1ª edição, Editora Didática e Científica Ltda, Rio de Janeiro, RJ, 1991.

**ROSÁRIO, João Maurício.** Princípios de Mecatrônica. 1ª edição, Editora Person Education do Brasil, São Paulo, SP, 2005.

**SANTOS, Vitor Alexandre.** Programação de CLP S7-1200. Elétrica 2A, Curitiba, PR, 2014.

**SILVA, Djalma Nunes da.** Física: Livro de Física Ensino Médio. Editora Ática. São Paulo, SP, 2000.

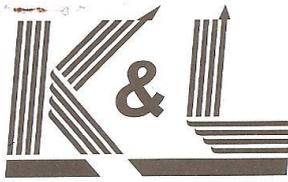
**SILVA, Napoleão. F.** Compressores Alternativos Industriais, 1ª edição. Editora Interciência, Rio de Janeiro, RJ 2009.

**WIKA.** Industria e comércio Ltda. Disponível em

<[http://www.wika.com.br/upload/WIKA\\_Thumbnails/Product-Detail-](http://www.wika.com.br/upload/WIKA_Thumbnails/Product-Detail-)

Large/PIC\_PR\_S\_10\_de\_de\_48069.jpg.png>. Acesso em 09 de fevereiro de 2015.

## **ANEXOS**



RUA SOROCABA, 254 - FLORESTA - CEP 89212-210 - JOINVILLE - SANTA CATARINA  
 FONE/FAX : (47) 3426-1712 - IE: 252.188.845 - CNPJ: 81.622.631/0001-44  
 www.kellab.com.br / kel.jlle@kellab.com.br



LABORATÓRIOS DE METROLOGIA

RBC - REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO - LABORATÓRIOS DE CALIBRAÇÃO:  
 DIMENSIONAL, ELETRICIDADE, PRESSÃO, TEMPERATURA E UMIDADE, TEMPO E FREQUÊNCIA  
 ACREDITADO PELA CGCRE/INMETRO DE ACORDO COM A ABNT NBR ISO/IEC 17025, SOB O N° CAL 065

**CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO N° J610595/2014**

Emissão  
13/11/2014

**1. Dados do Instrumento e Solicitante:**

**Denominação:** MANÔMETRO  
**Contratante:** ASTEC MANUTENCAO INDUSTRIAL LTDA - ME  
 R Antonio Jordao Guiraud, 35 - Campo Largo - PR  
**Solicitante:** ASTEC MANUTENCAO INDUSTRIAL LTDA - ME  
 R Antonio Jordao Guiraud, 35 - Campo Largo - PR  
**Fabricante:** RECORD **Ficha de Acompanhamento:** 007023/2014  
**Código:** MN-02 **Data de Recebimento:** 12/11/2014  
**N° de Série:** NÃO ENCONTRADO **Data da calibração:** 12/11/2014  
**Tipo:** ANALÓGICO - TUBO DE BOURDON  
**Resolução / Valor de uma divisão (Pressão):** 20 kgf/cm<sup>2</sup> **Faixa de Indicação:** 0 a 1000 kgf/cm<sup>2</sup>

**2. Procedimento**

A calibração foi realizada conforme procedimento PSQ-PRE.01 revisão 003, em dois ciclos de medição. O instrumento foi calibrado pelo método de comparação com padrão de referência, nos sentidos de carregamento e descarregamento. Padrões utilizados: Manômetro certificado LMP122047/13 RBC/Wika, válido até 06/2015.

"Este certificado atende aos requisitos de acreditação pela CGCRE que avaliou a competência do laboratório e comprovou sua rastreabilidade a padrões nacionais de medida (ou ao Sistema Internacional de Unidades - SI)"

**3. Tabela de Resultados - Pressão:**

Unidade: kgf/cm<sup>2</sup>

Pressão SI (MPa)	Indicação do Instrumento em Calibração	Carregamento					Descarregamento					Histerese
		Valor do Padrão	Erro de Medição	Incerteza de Medição	k	veff	Valor do Padrão	Erro de Medição	Incerteza de Medição	k	veff	
0,0000	0	0,0	0,0	***	***	***	0,0	0,0	***	***	***	0,0
13,7293	140	144,2	-4,2	8,2	2,00	∞	139,8	0,2	8,2	2,00	∞	4,4
27,4586	280	275,6	4,4	8,2	2,00	∞	269,7	10,3	8,2	2,00	∞	5,9
41,1879	420	409,8	10,2	8,2	2,00	∞	418,2	1,8	8,2	2,00	∞	8,4
54,9172	560	544,5	15,5	8,2	2,00	∞	541,0	19,0	8,2	2,00	∞	3,5
68,6466	700	686,4	13,6	8,2	2,00	∞	682,7	17,3	8,2	2,00	∞	3,7

**4. Tabela de Resultados (Parâmetros Avaliados) - Pressão:**

Unidade: %

CARACTERÍSTICAS METROLÓGICAS APRESENTADAS PELO INSTRUMENTO	
Máximo Erro Fiducial (em toda a faixa de escala)	1,90
Máximo Erro Fiducial (entre 25 % e 75 % da faixa de escala)	1,90
Máxima Repetitividade	0,00
Máxima Histerese	1,20
Incerteza de Medição	0,82

JOHNNY REGIS CORDEIRO DE MACEDO  
 SIGNATÁRIO AUTORIZADO

Este certificado é válido exclusivamente para o objeto calibrado descrito nas condições específicas, não sendo extensivo a quaisquer lotes, mesmo que similares. Não é permitida a reprodução deste certificado, somente original. Certificado conferido e assinado eletronicamente. Pág. 1/2