



**FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO E NEGÓCIOS DE
SERGIPE – FANESÉ
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

LUIZ CARLOS MOTTIN

**REDE INDUSTRIAL UTILIZANDO PADRÃO SERIAL RS-485
E PROTOCOLO MODBUS: estudo de caso da Transpetro**

**Aracaju – SE
2013-2**

LUIZ CARLOS MOTTIN

**REDE INDUSTRIAL UTILIZANDO PADRÃO SERIAL RS-485
E PROTOCOLO MODBUS: estudo de caso da Transpetro**

**Monografia apresentada à Faculdade
de Administração e Negócios de
Sergipe – FANESE, como elemento
parcial para obtenção de grau de
bacharel em Engenharia de Produção.**

Orientador: Prof. Josevaldo Feitoza

Coord. de Curso: Prof. Alcides Araújo

**Aracaju – SE
2013.2**

LUIZ CARLOS MOTTIN

**REDE INDUSTRIAL UTILIZANDO PADRÃO SERIAL RS-485
E PROTOCOLO MODBUS: estudo de caso da Transpetro**

**Monografia apresentada a Faculdade de Administração e Negócios de Sergipe
– FANESE, como elemento parcial para obtenção do grau de bacharel em
Engenharia de Produção, no período de 2013.2.**

Orientador: Prof. Josevaldo dos Santos Feitosa

Examinador 1: Prof. Bento Francisco dos Santos

Examinador 2: Prof. Marcos Antonio de Souza Aguiar

Aprovado (a) com média: _____

Aracaju (SE), ____ de _____ de 2013

RESUMO

Este estudo trata da análise da aquisição de dados de variáveis de processo das estações de gasodutos do estado de Sergipe, através de uma rede industrial cujo meio físico de transmissão é o padrão serial RS-485 e o protocolo utilizado é o *modbus*. Foi desenvolvido na Petrobrás Transporte (Transpetro), em Aracaju, Sergipe e como estratégia, adotou-se um estudo em uma estação com o maior número de equipamentos e variáveis de processo com o intuito de conhecer suas funcionalidades e também da referida rede e avaliar a monitoração dos dados transferidos para o Centro Nacional de Controle Operacional (CNCO) localizado no Rio de Janeiro. Neste contexto, foi levantada a seguinte questão problematizadora: Como vários equipamentos de diferentes fabricantes e diferentes funcionalidades podem ser interligados numa mesma rede industrial sem que ocorram interferências e conseqüentemente falhas de comunicação e na monitoração dos dados no CNCO? Na fundamentação teórica foi possível conhecer a funcionalidade da rede e todos os equipamentos interligados, do tráfego de dados e como estes são monitorados no CNCO. A metodologia utilizada teve abrangência descritiva e exploratória, bibliográfica e de campo com tratamento de dados qualitativo.

Palavras-chave: Variável de processo. Rede industrial. Monitoração.

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1 - Controle manual do operador.....	8
Figura 2 - Centro nacional de controle operacional.....	11
Figura 3 - Arquitetura da automação.....	13
Figura 4 - Pirâmide da automação.....	15
Figura 5 - Camadas do modelo de referência.....	16
Figura 6 - Interligação física da rede.....	18
Figura 7 - Topologia física do modelo RS-485.....	18
Figura 8 - Topologia física ethernet.....	19
Figura 9 - Categorias dos protocolos de comunicação.....	22
Figura 10 - Arquitetura da rede.....	22
Figura 11 - Variantes do protocolo <i>modbus</i>	23
Figura 12 - Modo aquisição/resposta utilizado no protocolo.....	24
Figura 13 - Funções, dados e endereçamento de memória.....	26
Figura 14 - Comparativo de modelo de referência.....	27
Figura 15 - Formato do endereço <i>IP</i>	28
Figura 16 - Diagrama em blocos.....	30
Figura 17 - Ciclo de verificação.....	31
Figura 18 - Computador de vazão e variáveis.....	33
Figura 19 - Tela da medição do computador de vazão.....	34
Figura 20 - Tela de medição e ilustração física do ultrassônico.....	36
Figura 21 - Estrutura física do cromatógrafo e cromatograma.....	37
Figura 22 - Fases de processamento da amostra de gás.....	38
Figura 23 - Fluxo de dados do sistema de supervisão.....	39
Figura 24 - Tela de monitoração das variáveis.....	47
Figura 25 - Interligação sistêmica de monitoração.....	48
Figura 26 - Rack e módulos de comunicação.....	50
Figura 27 - Tela inicial da ferramenta de diagnósticos.....	52
Figura 28 - Comparativo dos módulos de comunicação.....	53
Figura 29 - Arquitetura de comunicação do modelo <i>TCP/IP</i>	54
Figura 30 - Transação cliente servidor	55
Figura 31 - Pilha de comunicação <i>modbus</i>	56
Figura 32 - Comparativo dos modelos serial e <i>TCP/IP</i>	57
Figura 33 - Proposta alternativa de monitoração.....	60

LISTAS DE GRÁFICOS

Gráfico 01 - Topologia atual e nova topologia da rede.....	51
Gráfico 02 - Características funcionais dos modelos serial e <i>TCP/IP</i>	58

SUMÁRIO

RESUMO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE GRÁFICOS

1 INTRODUÇÃO.....	8
1.1 Situação Problema.....	9
1.2 Objetivos.....	9
1.2.1 Objetivo geral.....	9
1.2.2 Objetivos específicos.....	10
1.3 Justificativa.....	10
1.4 Caracterização da Empresa.....	10
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	12
2.1 Automação.....	12
2.2. Redes Industriais.....	13
2.3 Modelo de Referência.....	15
2.4 Transmissão de Sinais.....	16
2.4.1 Arquitetura serial.....	16
2.4.2 Arquitetura ethernet.....	19
2.5 Protocolos de Comunicação.....	20
2.5.1 Protocolo de comunicação <i>modbus</i>	22
2.5.1.1 modos de mensagem.....	23
2.5.1.2 modelo mestre-escravo	24
2.5.1.3 modelagem de dados.....	25
2.5.2 Protocolo de comunicação <i>TCP</i>	26
2.6 Equipamentos.....	28
2.6.1 Controlador lógico programável.....	28
2.6.2 Computador de vazão.....	32
2.6.3 Medidor ultrasônico.....	34
2.6.4 Cromatógrafo.....	36
2.6.5 Fonte de alimentação	38
2.7 Controle Supervisório e Aquisição de Dados	38
3 METODOLOGIA.....	42
3.1 Abordagem Metodológica.....	42
3.2 Caracterização da Pesquisa.....	43
3.2.1 Objetivos ou fins.....	43
3.2.2 Objeto ou meios.....	44
3.2.3 Abordagem ou tratamento dos dados.....	46
4 ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	47
4.1 Análise do Cenário Atual.....	48
4.1.1 Estação de medição de gás natural	48
4.1.2 Rede <i>modbus</i> de Atalaia.....	49
4.2 Análise do Novo Cenário.....	50
4.2.1 Segregação dos equipamentos.....	50

4.2.2 Novas tecnologias.....	51
4.2.2.1 módulo de comunicação dinâmico.....	52
4.2.2.2 novo modelo de protocolo.....	54
4.3 Acatamento das Sugestões.....	60
5 CONCLUSÕES.....	62
REFERÊNCIAS.....	63
GLOSSÁRIO.....	65

1 INTRODUÇÃO

A automação ganhou destaque na sociedade quando o sistema de produção agrícola e artesanal transformou-se em industrial, em meados do século XVIII, quando a revolução industrial teve início na Inglaterra.

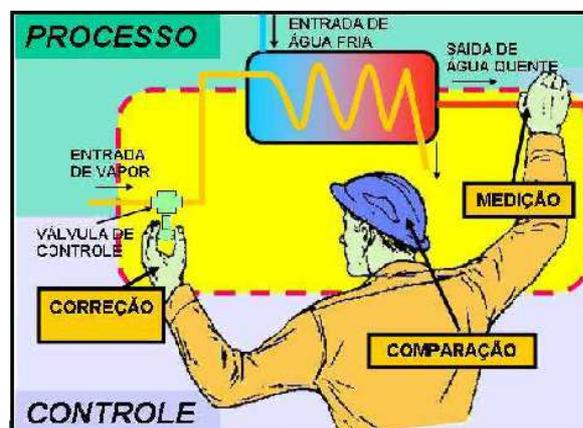
Com o advento das máquinas, a manufatura foi aos poucos sendo transferida das propriedades rurais para as fábricas, onde ocorreram os primeiros passos da produção em série. A aceleração do processo de industrialização ocorreu com a utilização da força da água corrente para a movimentação de máquinas.

A máquina a vapor foi à principal responsável pela transformação social desta época tecnológica e em seguida, surgiram os motores de explosão e combustão interna e a energia elétrica, dando origem a novos desenvolvimentos industriais.

Com o decorrer das necessidades da própria evolução, foram desenvolvidas máquinas-ferramentas com controle automático simples para executarem uma sequência simples de operação, surgindo assim à primeira fase da automação. O desenvolvimento desses equipamentos foi essencial, dos quais depende a civilização moderna.

Com o passar do tempo, no âmbito industrial, o processo era controlado por um controle manual através de um operador humano, que tinha como função monitorar as leituras de diversos instrumentos de medida. Na figura 1, temos um exemplo típico com o produto água. Através do tato e sensibilidade, a comparação era feita mentalmente, armazenada em seu cérebro e, com base nos dois valores, atuava na válvula de controle.

Figura 1 - Controle manual do operador



Fonte: Transpetro (2010, p. 7)

Desta forma, todo o complexo industrial era vigiado pelos operadores em tempo integral e, caso alguma das variáveis sofresse desvio do valor padrão, eram ajustadas de forma a estabilizar o processo.

Devido às limitações humanas, a velocidade em que estes ajustes ocorriam, nem sempre era a desejável, comprometendo a produção e demandas. Isto desencadeava uma reação em cadeia, isto é, quanto maior o esforço no sentido de maior rapidez, maior os erros e falsas manobras.

Um novo perfil para o trabalho e emprego da mão-de-obra se desenhava, isto é, o controle automático, na escala tecnológica, evoluiu para o conceito de automação que assume papel primordial e decisivo nos procesos industriais, sejam eles simples, modestos, robustos ou de extrema complexidade.

Segundo Silveira; Santos (2007, p. 1), controle, “[...] denota o ato ou poder de exercer domínio, fiscalizar, supervisionar, manter o equilíbrio”.

1.1 Situação Problema

A grande questão enfrentada por muitas empresas em relação à automatização de processos está na diversidade de equipamentos, suas características funcionais e na diversidade de redes industriais e protocolos de comunicação.

Diante do exposto acima, estando diversos equipamentos de fabricantes diferentes, submetidos a aplicações diferentes, conectados a um mesmo ponto de uma mesma rede de comunicação *modbus* que possui características funcionais específicas e peculiaridades, surge a seguinte questão: **Como evitar falhas e interferências de comunicação da referida rede comprometendo desta forma a monitoração remota das variáveis de processo?**

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Avaliar a rede industrial de comunicação que utiliza padrão serial RS-485 e protocolo de comunicação *modbus* da estação de distribuição de gás natural de Atalaia da empresa Transpetro.

1.2.2 Objetivos específicos

- Conhecer as características funcionais da rede industrial *modbus* e dos equipamentos de diferentes fabricantes interligados.
- Identificar interferências e falhas de comunicação dos equipamentos interligados na referida rede.
- Analisar a monitoração das variáveis de processo disponibilizadas ao Centro Nacional de Controle Operacional (CNCO).

1.3 Justificativa

Esta pesquisa justifica-se pela constante intervenção do pessoal da manutenção da empresa Transpetro em função de falhas constantes de comunicação dos diversos equipamentos interligados na rede objeto desta pesquisa, comprometendo desta forma a confiabilidade da monitoração das variáveis de processo no CNCO.

1.4 Caracterização da Empresa

Presente na maioria dos estados do país, com mais de 14 mil km de oleodutos e gasodutos, além de 48 terminais e 59 navios-petroleiros, a Petrobrás Transporte (Transpetro), simboliza as artérias do sistema Petrobrás.

A companhia armazena petróleo, derivados e gás e transporta-os aos diferentes pontos do Brasil, atuando como elemento de integração nacional e internacional, em operações sintonizadas com a estratégia de negócios dos sistemas internos e externos.

Subsidiária integral da Petrobrás, a Transpetro opera por meio dos segmentos de dutos e terminais, transporte marítimo e gás natural e foi criada em 12 de junho de 1998, de acordo com a legislação que reestruturou o setor de petróleo no Brasil.

A expertise garante à companhia o título de principal empresa de logística de transporte de combustíveis do país, atuando como elemento estratégico para impulsionar o desenvolvimento econômico e social brasileiro. A figura 2 mostra o CNCO localizado no Rio de Janeiro.

Figura 2 - Centro nacional de controle operacional



Fonte: Transpetro (2010, p. 41)

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Automação

Segundo Silveira; Santos (2007, p. 23), “[...] automação industrial é oferecer e gerenciar soluções, pois ela sai do nível de chão de fábrica para voltar seu foco para o gerenciamento da informação”.

A grande questão que deve ser abordada é a velha polêmica de que a automação é sinônimo de desemprego. Em linhas gerais, pairam sobre a sociedade questões de cunho filosófico cujas respostas não são imediatas e nem triviais.

Para citar algumas destas, houve valorização do ser humano com a liberação de tarefas entediadas e repetitivas, maior enriquecimento pelo menor custo do produto devido à baixa manutenção e rapidez de precisão na execução das tarefas, ocorreu um aumento da qualidade de vida, da criação de empregos diretos e indiretos, além de novos mercados relacionados à manutenção, desenvolvimento e supervisão de sistemas.

A substituição do trabalho humano ou animal por máquinas que funcionam de forma automática ou por controle remoto, sem que ocorra a interferência do operador humano denomina-se automação. Em outras palavras, significa ter um mecanismo de atuação própria, que execute uma ação requerida em tempo determinado ou em resposta a certas condições, destaca Transpetro (2010, p. 3-4).

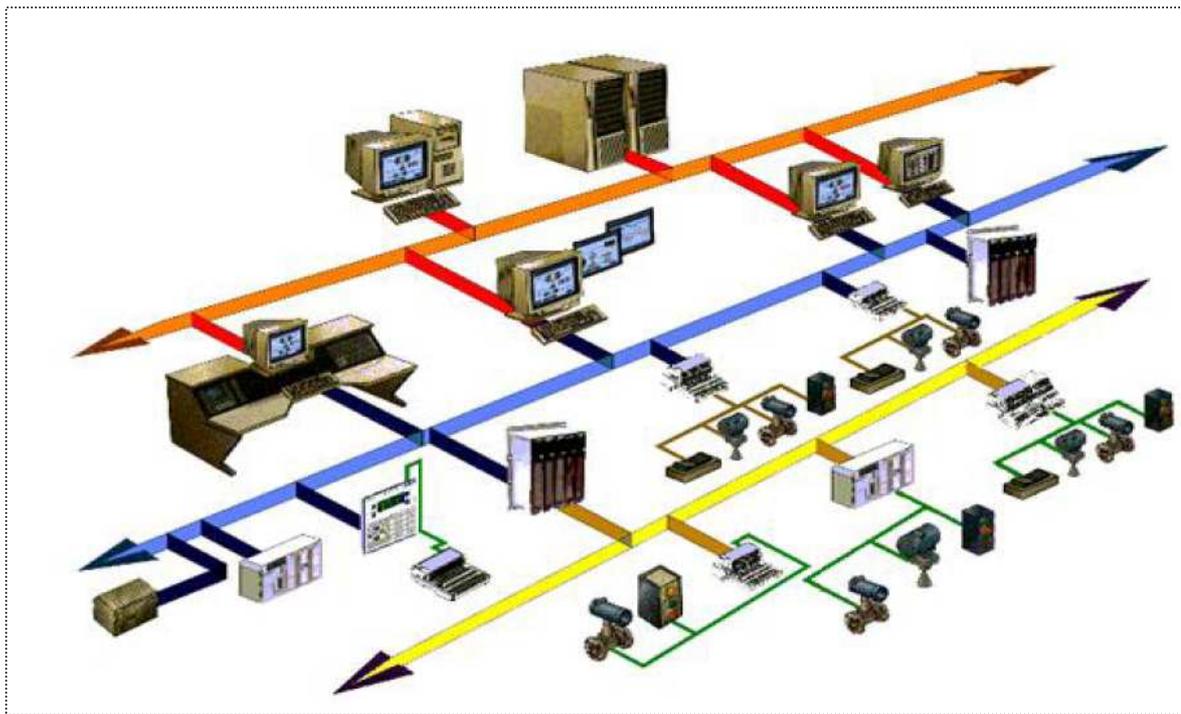
A fiação paralela convencional de sensores e atuadores em uma máquina ou processo tornou-se inviável devido ao fluxo de dados e ao tempo de transmissão e, uma solução para este problema, é a rede serial com seus componentes que será vista com maiores detalhes na sequência deste estudo.

As variáveis de processo monitoradas num ambiente industrial podem ser analógicas ou de tempo contínuo, neste caso, tem-se um processo do tipo contínuo, ou ainda do tipo digital ou discreta, tem-se então um processo do tipo discreto, destaca Transpetro (2010, p. 5-7).

Segundo Silveira; Santos (2007, p. 17), um processo se define como: “[...] aplicação do trabalho e do capital para transformar a matéria-prima em bens de produção e consumo, por meios e técnicas de controle, obtendo valor agregado ao produto, atingindo o objetivo de negócio”.

Na indústria química ou de processos, foi introduzida a instrumentação eletrônica a qual possibilitou a instalação de salas de controle a grandes distâncias do núcleo operacional, ou chão de fábrica. Com o surgimento de novas técnicas de transmissão, diversas outras salas de controle distribuídas geograficamente foram interligadas entre si e conectadas a uma sala central de supervisão. A figura 3 ilustra uma arquitetura geral da automação.

Figura 3 - Arquitetura da automação



Fonte: Abraman (2008, p. 02)

Todos esses sistemas possuem algo em comum que é a ligação física com o dispositivo de campo, isto é, precisa existir algum componente no sistema que tenha a função de fazer a ligação do elemento controlador com os sinais de entrada e saída de campo. Exemplos destes sinais são sensores, chaves fim-de-curso, válvulas, motores, variáveis analógicas provenientes de transdutores de temperatura, medidores de vazão, etc.

2.2. Redes Industriais

Segundo Bega (2006, p. 555), “em redes industriais coexistem todo tipo de equipamento, instrumento e dispositivo, os quais devem ser segregados hierarquicamente para se estabelecer as conexões mais adequadas a cada área”.

Com a necessidade de integração de todo o conjunto de informações contido na indústria, aliada à utilização do número crescente de dispositivos a serem controlados, bem como da evolução dos computadores e seus periféricos, surgiram às redes industriais de dados.

As redes industriais permitem integrar as particularidades de um processo, considerando as necessidades de comunicação, tais como o compartilhamento de recursos, integração de equipamentos de fabricantes distintos e seu gerenciamento e os diversos tipos de diálogo que podem ocorrer no ambiente industrial. Certos requisitos tornam-se fundamentais como a garantia do tempo de resposta, a distorção da informação, a robustez (confiabilidade dos equipamentos e da informação) e a flexibilidade, descreve Moraes; Castrucci (2007, p. 155-159).

As redes podem ser abertas ou proprietárias. As redes abertas suportam equipamentos e dispositivos de diferentes fabricantes, não gera dependências ou limitações, é mais versátil para controlar o processo e tem a desvantagem de falha de comunicação, velocidades variáveis de comunicação e domínio do protocolo de cada fabricante.

Alguns objetivos precisaram ser definidos para implementação de um sistema aberto a fim de viabilizar a interação dos diferentes fabricantes. São eles, a interoperabilidade que é a capacidade de trocarem informações entre si, a interconectividade que é a maneira como se conectam e a portabilidade, que é a capacidade do mesmo *software* rodar em plataformas diferentes.

No segundo caso estão às redes proprietárias que são redes utilizadas pelos fabricantes para estabelecer a conectividade entre seus próprios equipamentos, tem estabilidade de comunicação, facilidade de instalação de novos equipamentos e a desvantagem de apenas um único fabricante e a dependência de *upgrades* dedicados, descreve Bega (2006, p. 555-557).

No desenvolvimento deste estudo, abordaremos uma visão geral e nos limitaremos à rede com protocolo *modbus* existente na estação objeto deste estudo.

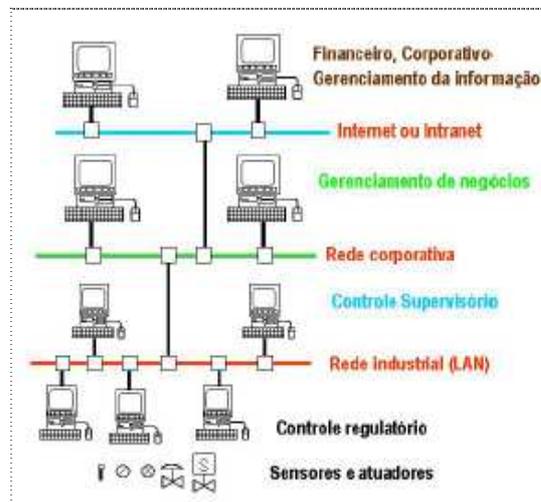
A área de automação possui uma hierarquia bem definida, dividida em cinco níveis, conforme figura 4. No princípio, atendia somente ao nível mais baixo da pirâmide com o intuito de substituir a comunicação paralela de dados por um simples cabo de comunicação serial, entretanto, com o aumento da tecnologia de automação ele também subiu ao nível de sistema interligando vários CLPs em rede e fazendo também troca de dados com *softwares* supervisórios.

Para cada nível de aplicação precisa-se ter um desempenho diferente e conforme os níveis forem atingindo o topo da pirâmide o volume de dados tende a aumentar, porém os tempos envolvidos deixam de serem críticos ao sistema, descreve Abramam (2008, p. 38-42).

Desta forma, uma rede industrial deve apresentar:

- Alta confiabilidade na transmissão dos dados;
- Alta imunidade contra interferências eletromagnéticas;
- Ótimo diagnóstico de localização de falhas para evitar perdas;
- Facilidade de expansão;

Figura 4 - Pirâmide da automação



Fonte: Abramam (2008, p. 41)

2.3 Modelo de Referência

Com a preocupação de estabelecer um padrão internacional para um protocolo de comunicação, a *International Standard Organization (ISO)* criou um comitê para estudar a padronização dos sistemas visando a interconectividade de uma rede de dados.

O modelo de referência *Open System Interconnection (OSI)* estabeleceu regras e funções envolvidas na comunicação e foi idealizado para tratar da interconexão de sistemas abertos, ou seja, para estruturar redes e aplicativos em computadores. É composto de sete camadas com funções bem definidas e os protocolos de cada nível efetuam troca de dados na horizontal, como se estivessem

fisicamente conectados sem a preocupação com o que acontece nas camadas inferiores, destaca Albuquerque; Alexandria (2009 p. 35-40).

Os protocolos de uma dada camada interagem somente com os protocolos da camada imediatamente superior ou inferior e com exceção da camada mais inferior (física), todas as demais comunicações podem ser implementadas via *software*. A figura 5 ilustra as camadas e algumas regras devem ser obedecidas neste modelo, conforme Abraman (2008, p. 44-45):

- O percurso da comunicação deve necessariamente passar por todas as camadas, cada qual com sua função específica, desde o usuário até a aplicação final;
- Para efetuar uma comunicação, as camadas superiores, através de suas bibliotecas, enviam um pacote de dados cujo conteúdo é uma requisição de serviço para a camada inferior;

Figura 5 - Camadas do modelo de referência



Fonte: Abraman (2008, p. 45)

A troca de conteúdo entre as camadas pode ser gerenciável e a transmissão ocorrer somente em caso de necessidade, sem que as sete camadas participem, podendo algumas ficar vazias.

Exemplificando, os dados inseridos por um determinado equipamento na camada de aplicação, passam por todas as camadas e, no nível físico, os dados são efetivamente transferidos para o equipamento de destino. Neste modelo, a validade dos dados e o correto envio para o endereço de destino ficam sempre asseguradas.

2.4 Transmissão de Sinais

2.4.1 Arquitetura serial

O sistema de comunicação serial foi idealizado em função da necessidade de comunicação em distâncias de dezenas de metros. Os principais padrões de interface serial são: RS-232, RS-422, RS-485 e *Universal Serial Bus (USB)*.

Existem dois modos de comunicação, o síncrono e o assíncrono. O primeiro, necessita de um sincronismo entre os dois sistemas, que se refere ao intervalo fixo de cada *bit* de dados transmitidos, sem qualquer sinal adicional. Neste modo não há sensibilidade às distorções e velocidades mais altas podem ser alcançadas.

No segundo modo, há um caráter aleatório do tempo de transmissão de dados, ou seja, a transmissão pode começar a qualquer momento. O controle de tempo entre dois *bytes* consecutivos é secundário, sendo mais crítica, a sequência de *bits* que compõe o *byte*. Em ambos os modos, geradores de *clock* internos denominados *baud rate* são programados para a mesma taxa de transmissão de dados, menciona Abramam (2008, p. 76-79).

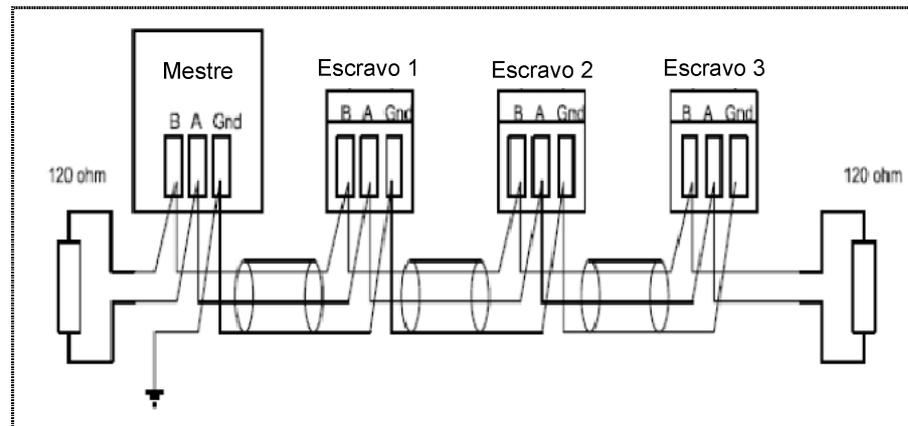
Quanto ao sentido do fluxo de dados, se dividem em três tipos: *simplex*, *half-duplex* e *full-duplex*. No primeiro, apenas um elemento transmite e outro recebe. No segundo, os elementos recebem e transmitem dados mas não de forma simultânea e no terceiro, os elementos transmitem e recebem simultaneamente. Outro aspecto na comunicação serial entre equipamentos, é o protocolo que irá efetuar a conexão e troca de mensagens, conforme Abramam (2008, p. 80-81).

A camada física RS-485 foi desenvolvida pela *Electronics Industry Association (EIA)* e pode ser usada com qualquer tipo de protocolo e o alcance é de até 1200m (compatível com RS-422). A taxa de transmissão varia conforme a distância, podendo chegar a 10Mbps em uma distância de 15m e 100Kbps em uma distância de 1200m.

Como característica elétrica da comunicação, quando um terminal torna-se mais negativo ou mais positivo que o outro, haverá uma tensão diferencial entre os terminais sendo então possível detectar a transmissão de um *bit* (0 ou 1).

A comunicação em modo diferencial com tensão de 5V (Volt) em relação ao terra proporciona grande imunidade à interferência eletromagnética, sendo obrigatório o uso de resistores na linha principal e resistores de terminação de rede para o casamento de impedância, evitando-se reflexões do sinal a ponto de deteriorar a comunicação, assim descreve Abramam (2008, p. 82-89). A figura 6 ilustra este fenômeno.

Figura 6 - Interligação física da rede

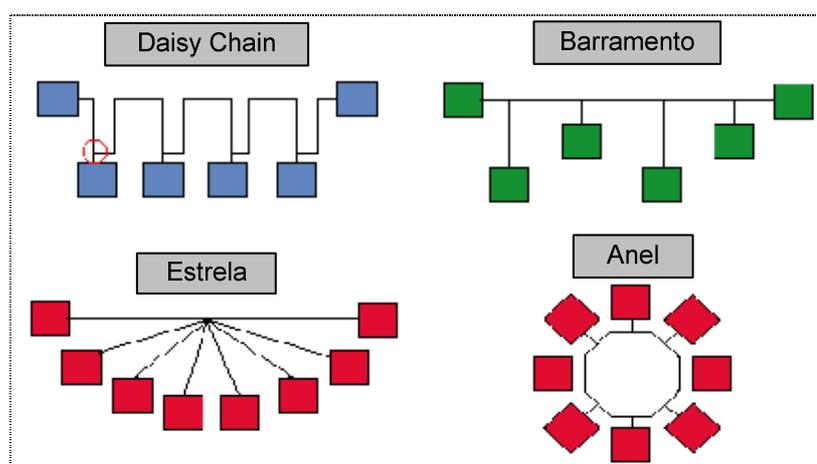


Fonte: Transpetro (2010, p. 57)

Segundo Silveira; Santos (2007, p. 194), “todas as características técnicas necessárias para o bom funcionamento de uma rede de dados passam pela definição de sua topologia”.

Para a implementação física do protocolo *modbus* no padrão RS-485, uma série de normas e padrões estabelecidos internacionalmente devem ser considerados para alcançar os requisitos necessários para um bom funcionamento da rede. O grau de complexidade com que os nós de comunicação acessam o meio físico de transmissão determina o desempenho ideal da rede, descreve Albuquerque; Alexandria (2009 p. 47-55). A figura 7 apresenta quatro diferentes topologias.

Figura 7 - Topologia física do modelo RS-485



Fonte: Transpetro (2010, p. 60)

A topologia *daisy chain*, que é um método de conexão de certo número de dispositivos em apenas um barramento, é a mais utilizada e recomendada pelas normas e especificações, pelo fato de serem minimizados problemas e falhas de

comunicação como por exemplo, reflexão do sinal, baixa isolamento de terra e interferências eletromagnéticas, todos comumente encontrados nas redes industriais, descreve Albuquerque; Alexandria (2009 p. 55-61).

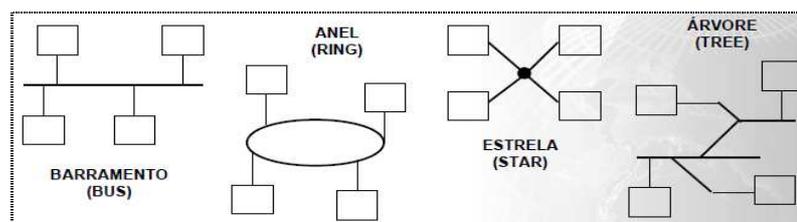
A taxa de transmissão padrão é 19,2 Kbps, porém, a comunicação pode ser implementada em outras velocidades a depender da aplicação do processo. Neste estudo de caso, a velocidade utilizada na rede é de 9,6 Kbps e a topologia é a *daisy chain*.

2.4.2 Arquitetura ethernet

Entre os tipos de topologias utilizadas em uma rede ethernet, está a topologia física, que é a forma como os dispositivos são interligados e a topologia lógica, que é a forma como os dados serão transmitidos.

Os elementos físicos para a propagação de dados na camada física ethernet podem ser cabo coaxial, cabo de par trançado, fibra ótica e por rádio frequência. A implementação física dos elementos na rede pode ser sob a forma de barramento, anel, estrela ou árvores, descreve Rockwell (2009, p. 39-40). A figura 8 mostra os detalhes.

Figura 8 - Topologia física ethernet



Fonte: Rockwell (2009, p. 62)

No modelo barramento, todas as estações compartilham o mesmo cabo, normalmente cabo coaxial, que deverá possuir um terminador resistivo de 50 ohms em cada ponta. Somente uma transação pode ser efetuada de cada vez, a velocidade tende a ser lenta, há instabilidade na rede e grandes probabilidades de colisões, a qual será detalhada na sequência deste estudo.

No modelo em anel, o padrão mais conhecido é o *token passing*, onde um pacote (*token*) fica circulando no anel e o dispositivo que deseje transmitir deve capturar o “*token*”, substituindo-o por um quadro de informações e dados. Apenas um dado pode ser transmitido por vez neste pacote e apenas a estação detentora do

token pode transmitir por determinado tempo, sendo posteriormente passada a frente.

No modelo em estrela, as estações são conectadas a equipamento de roteamento e, neste caso, se algum problema ocorrer com alguma estação, apenas esta ficará fora. Outra vantagem é poder aumentar o tamanho da rede sem que a mesma fique fora de operação, relata Rockwell (2009, p. 41-47).

No que tange a topologia lógica, quando uma estação precisar transmitir dados, ela irradiará o sinal para toda a rede para a seleção do direito de acesso, mas apenas a estação que tiver o endereço indicado no pacote de dados os receberá. As demais estações ignorarão a transmissão. Antes de transmitir os dados a estação irá “ouvir” o cabo e, se perceber que nenhuma estação está transmitindo, enviará seu pacote, caso contrário, esperará até que o cabo esteja livre.

A estação receptora por sua vez, vai juntando os pacotes até ter o arquivo completo. Caso duas estações ouçam o cabo ao mesmo tempo e enviem seus pacotes, teremos uma colisão de dados, que é identificada quando o nível de sinal aumenta no interior do cabo. Neste caso, a primeira estação que percebê-la, enviará um sinal de alerta, sinal especial de alta frequência que cancelará todos os outros sinais que estejam trafegando no cabo, relata Rockwell (2009, p. 30-35).

Após um tempo aleatório de milissegundos, tentarão novamente até que seja completada a transmissão. Não há perda ou corrupção de dados, apenas diminuição do desempenho da rede.

De acordo com Rockwell (2009, p. 34), “todos os dados transmitidos através da rede, são divididos em pacotes. Em redes ethernet, cada pacote pode ter até 1550 *bytes* de dados”.

O uso de pacotes evita que uma única estação monopolize a rede por muito tempo, e torna mais fácil a correção de erros. Se por acaso um pacote chegar corrompido, será solicitada uma retransmissão e, pode existir instantes em que o fluxo de mensagens trocadas pode atingir valores expressivos tendo como consequência uma degradação no funcionamento da rede.

2.5 Protocolos de Comunicação

Quando se escreve uma carta, deve-se garantir o seu percurso até o destinatário, garantindo a integridade das informações. De forma idêntica, para que

uma mensagem trafegue na rede de dados, é preciso estabelecer um conjunto de regras que defina como e de que forma essa mensagem vai chegar ao seu destino.

“Protocolo fica assim definido como o conjunto de convenções e procedimentos que regulamentam a transmissão de dados entre diferentes equipamentos, completamente ou em alguns de seus aspectos” (ALBUQUERQUE; ALEXANDRIA, 2009, p. 111).

Protocolos são sistemas de comunicação de dados utilizados para troca de informações dentro de processos industriais e entre estes. Vários protocolos de comunicação foram desenvolvidos pelos mais diferentes fabricantes de equipamentos industriais e, tal diversidade, dentro de uma rede composta por especificações de máquinas de fabricantes diversos, tornou impossível o estabelecimento de uma comunicação adequada entre seus dispositivos, assim relata Silveira; Santos (2007, p. 184).

Com esta filosofia, é que se tenta uma padronização quanto ao tipo de protocolo adotado, sendo inúmeras as associações criadas com este intuito, compostas por usuários, fabricantes e institutos de pesquisa, tentando consolidar um padrão tecnológico de interesse mundial.

Todos os protocolos possuem funções de endereçamento, estabelecimento de conexão, confirmação de recebimento, pedido de retransmissão, conversão de código, numeração e sequência e controle de fluxo.

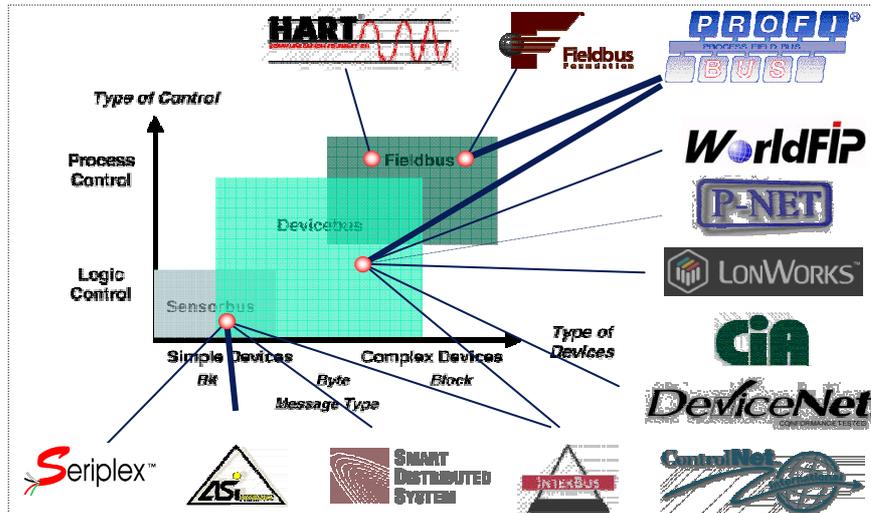
De acordo com Bega (2006, p. 555), “em todas as redes os dados trafegam em pacotes, cujo tamanho, de certa forma, define a finalidade da rede e o tipo de aplicação para a qual ela é mais conveniente”.

Os protocolos de campo podem ser classificados em nível baixo, médio e alto, conforme descrição a seguir e figura 9.

- Nível mais baixo (*sensorbus*): Redes de dispositivos simples com dados em formato de *bits*, conexão multiplexada em apenas um nó e comunicação rápida para pequenas distâncias. Exemplo: sensores, atuadores.
- Nível médio (*devicebus*): Redes de controladores de campo (comunicação serial entre CLP) com dados em formato de *bytes* para distâncias maiores podendo manipular dados analógicos e comunicações mais complexas.
- Nível alto (*fieldbus*): Redes de controladores (mestres) para controles e instrumentação mais sofisticada. Redes mais inteligentes que incorporam processamento, funções de diagnóstico, função de controle, distâncias

maiores e suportam vários tipos de dados: discretos, analógicos, parâmetros, programas e informações de usuário.

Figura 9 - Categorias dos protocolos de comunicação



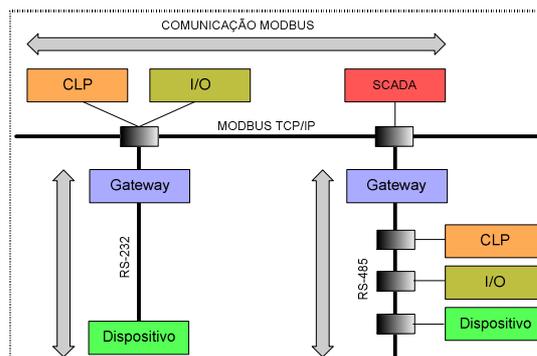
Fonte: Abraman (2008, p. 53)

2.5.1 Protocolo de comunicação modbus

O protocolo de comunicação *modbus* foi desenvolvido pela Modicon em 1979 visando o uso em seus próprios dispositivos e com o passar do tempo, foi adotado por um grande número de fabricantes sob a autorização da própria Modicon, passando a ser um protocolo aberto.

O protocolo *modbus* é somente uma estrutura de mensagem, independente da camada física subjacente. Sua principal característica é ser um protocolo de mensagens com comunicação cliente-servidor, ou também chamada de mestre-escravo e conecta diferentes dispositivos em diferentes tipos de barramentos e redes, como mostrado na figura 10.

Figura 10 - Arquitetura da rede



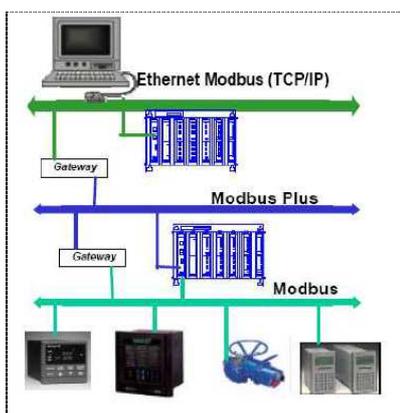
Fonte: Autor da pesquisa

Neste protocolo, são especificados códigos de funções que determinam o quadro de mensagens a ser transmitido. No modelo de referência OSI visto anteriormente, posiciona-se na camada 7 de aplicação por suas características de interoperabilidade entre diferentes tipos de redes, descreve Albuquerque; Alexandria (2009 p. 118-125).

Atualmente, existem variações do protocolo *modbus*, conforme abaixo descrito e figura 11:

- *Modbus TCP/IP*: Os dados são encapsulados no formato binário em quadros e pacotes para a utilização do meio físico *ethernet*. Usado para comunicação entre sistemas de supervisão e CLP's.
- *Modbus padrão Remote Terminal Unit (RTU)*: Usado para comunicação do CLP com os módulos de entrada e saída, atuadores de válvulas, transdutores de energia, etc. O protocolo é o mestre-escravo e a transmissão serial assíncrona.
- *Modbus plus*: Possui recursos adicionais de roteamento, diagnóstico, endereçamento e consistência de dados. Esta versão ainda é mantida sob domínio da Schneider Electric e só pode ser implantada sob licença deste fabricante.

Figura 11 – Variantes do protocolo *modbus*



Fonte: Abramam (2008, p. 87)

2.5.1.1 modos de mensagem

O formato dos pacotes de comunicação entre mestre e escravos pode ser feito nos modos *Remote Terminal Unit (RTU)* e *American Standard Code for Information Interchange (ASCII)*.

No modo *RTU*, os dados são transmitidos em formato binário de oito *bits* e cada *byte* da mensagem contém dois caracteres de quatro *bits* hexadecimal. No modo *ASCII*, os dados são codificados em caracteres de sete bits. Apesar de gerar mensagens legíveis para as pessoas, este modo consome mais recursos da rede, destaca Modbus (2006, p. 12-14).

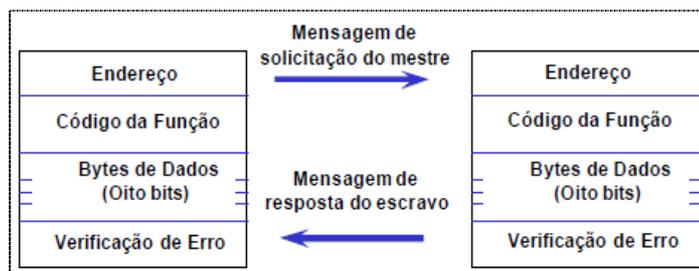
O modo *RTU* é mais utilizado, pois permite que o tamanho do pacote fique mais compacto e para uma comunicação eficiente, as mensagens são transmitidas em um fluxo contínuo de caracteres com *bits* de informação adicional de controle para que a comunicação seja completada, garantindo-se desta forma um melhor aproveitamento de dados úteis transmitidos.

Um mecanismo de detecção de erro na transmissão denominado *Cyclical Redundancy Checking (CRC)* verifica continuamente o conteúdo da mensagem para detectar erros e, caso ocorram, retorna uma mensagem ao mestre para que retransmita os dados, garantindo desta forma a estabilidade da comunicação, destaca Modbus (2006, p. 15-18).

2.5.1.2 modelo mestre-escravo

Neste modelo, apenas um mestre é conectado no barramento de dados e, no máximo 247 nós escravos podem ser interligados ao mesmo barramento. O mestre inicia a comunicação, onde é permitida apenas uma transação de cada vez, enquanto que os nós escravos, não podem transmitir dados sem que tenham recebido requisição do mestre e, também não podem dialogar entre si, descreve Albuquerque; Alexandria (2009 p. 118-119). A figura 12 ilustra uma transação.

Figura 12 - Modo aquisição/resposta utilizado no protocolo



Fonte: Albuquerque; Alexandria (2009, p. 120)

De maneira geral, as trocas de informações são relativas à memória de dados dos escravos. Como o mestre e todos os escravos estão ligados neste tipo de

rede, é necessário designar um endereço para cada escravo que apenas respondem ao mestre, evitando-se colisões.

O espaço de endereçamento *modbus* compreende 256 diferentes endereços, sendo o endereço “0” reservado para *broadcast*. Todos os escravos devem reconhecer este endereço e o mestre não possui endereço específico, somente os nós escravos devem ter um endereço. Podem ser atribuídos aos escravos endereços de 1 a 247 e os endereços de 248 a 255 reservados para usos futuros, descreve Albuquerque; Alexandria (2009 p. 120-125).

A atribuição do mestre é assegurar a troca de informações entre as estações de controle locais, assegurar um diálogo com outros mestres ou com um computador (gestão centralizada do conjunto do processo) e assegurar a programação ou passagem de parâmetros para os escravos.

Neste estudo de caso, o mestre (CLP) tem a atribuição de requisitar leituras das variáveis de todos os seus escravos (computador de vazão, ultrasônico, cromatógrafo) e assegurar o diálogo com o CNCO de modo a assegurar que as variáveis sejam monitoradas em tempo real.

2.5.1.3 modelagem de dados

A divisão de funções e dados é baseada na estrutura de memória de um CLP, sendo que cada registrador de memória comporta 16 entradas ou saídas. Portanto, saídas e entradas discretas utilizam um *bit*, entradas analógicas utilizam registradores de 16 *bits* e registradores de memória com 16 *bits*, são utilizados internamente pelo CLP, descreve Albuquerque; Alexandria (2009 p. 118-125).

A identificação dos comandos e funções de leitura e escrita são diferentes de acordo com o tipo de dado a ser lido ou escrito e este dado, possui um endereço lógico para diferenciá-lo dos demais, conforme descrito a seguir e figura 13.

- A função 1 efetua a leitura do estado das saídas discretas.
- A função 2 efetua a leitura do estado das entradas discretas.
- A função 3 efetua a leitura dos valores dos registradores de memória.
- A função 4 efetua a leitura dos valores das entradas analógicas.
- A função 5 efetua a escrita de uma única saída discreta.
- A função 6 efetua a escrita de um valor em registrador de memória.

- A função 15 efetua a escrita de múltiplas saídas discretas.
- A função 16 efetua a escrita de múltiplos valores em registrador de memória.

Figura 13 – Funções, dados e endereçamento de memória

Endereços dos Registradores	Memória Dispositivo	Comandos	
		Leitura	Escrita
0XXXX	Solenóides Saídas Discretas	1	5,15
1XXXX	Entradas Digitais	2	N/D
3XXXX	Entradas Analógicas	4	N/D
4XXXX	Registradores de Memória	3	6,16

Fonte: Abramam (2010, p. 72)

2.5.2 Protocolo de comunicação TCP

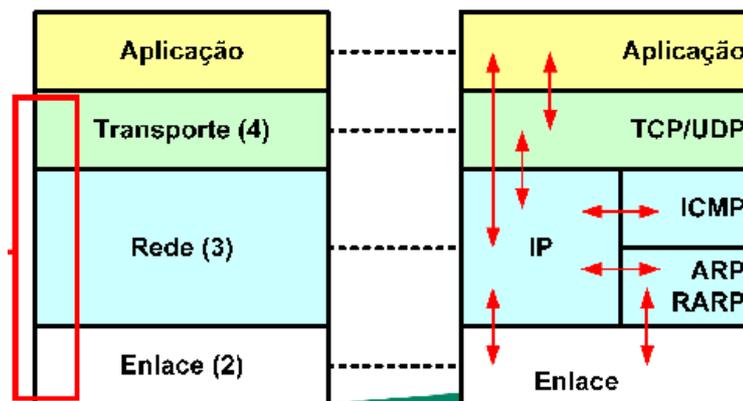
O *TCP/IP* não é um protocolo, é um padrão que define uma pilha de protocolos, sendo que o *Internet Protocol (IP)* é o protocolo base do padrão *TCP*. O pacote ou a unidade básica é chamado de datagrama IP e é encapsulado pela camada de enlace (nível 2) e possui endereçamento próprio. O datagrama contém diversas informações do endereço, tais como, identificação, tamanho, tempo de tráfego, controle, detecção de erros, descreve Transpetro (2010, p. 11).

Segundo Transpetro (2010, p. 9):

O conjunto de protocolos pode ser visto como um modelo de camadas, onde cada camada é responsável por um grupo de tarefas, fornecendo um conjunto de serviços bem definidos para o protocolo da camada superior. As camadas mais altas estão logicamente mais perto do usuário, chamada de camada de aplicação, e lidam com dados mais abstratos, confiando em protocolos de camadas mais baixas para tarefas de menor nível de abstração.

Diferentemente do modelo OSI, visto em item anterior deste estudo, o modelo de referência do protocolo *TCP/IP* preconiza apenas três camadas. A figura 14 faz um comparativo entre os modelos.

Figura 14 - Comparativo de modelo de referência



Fonte: Transpetro (2010, p. 8)

O *Internet Control Message Protocol (ICMP)*, é utilizado quando um roteador ou uma estação destino deve informar a origem de um erro e está inserido dentro do protocolo *IP*, podendo ainda ser usado para diagnóstico. Qualquer equipamento que utilize *IP* precisa aceitar as mensagens de erro e alterar seu comportamento.

O *Address Resolution Protocol (ARP)*, faz a interface entre a camada mais alta de enlace e o endereçamento *IP* e encontra o endereço físico para um determinado endereço *IP*. O *Reverse Address Resolution Protocol (RARP)* faz a função inversa, ou seja, acha um determinado endereço *IP* correspondente a um endereço físico, descreve Transpetro (2010, p. 12-16).

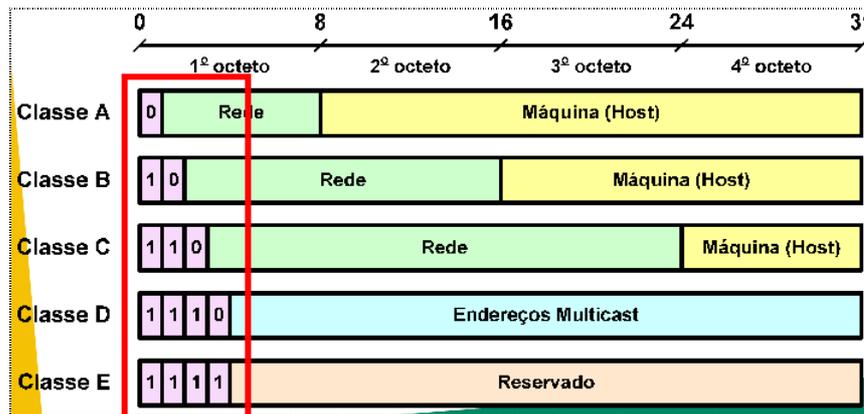
Cada estação *TCP/IP* possui um endereço de 32 *bits*, dividido em 4 *bytes* ou 4 octetos. O endereço *IP* contém informações ao mesmo tempo da rede em que está a estação e respectiva numeração naquela rede, sendo que é necessário outro número de 4 octetos para distinguir o que é rede e o que é estação.

De forma genérica, o endereço *IP* é um endereço que indica o local de um determinado equipamento e, como o ser humano guarda mais facilmente nomes do que números, normalmente aparecem sob a forma de endereços de domínio, tal como: "www.fanese.edu.br". Para esta conversão, utiliza-se o *Domain Name System (DNS)*, descreve Transpetro (2010, p. 17-24).

Como citado anteriormente, o endereço *IP* é um número de 32 *bits*, escrito com quatro octetos e representado no formato decimal, tal como: 10.9.8.7. A primeira parte do endereço identifica uma rede específica, a segunda parte um *host* dentro da rede, que é qualquer equipamento conectado a rede, descreve Transpetro (2010, p. 25-33).

O endereço *IP* não identifica um equipamento, mas uma conexão a uma inter-rede e assim, uma conexão pode ter endereços *IP* diferentes. A faixa de possíveis endereços é dividida em cinco classes. A figura 15 apresenta detalhes acerca do formato do endereço.

Figura 15 - Formato do endereço *IP*



Fonte: Transpetro (2010, p. 16)

Com o propósito de determinar em um endereço *IP* a parte correspondente a rede e a estação, utiliza-se um mecanismo chamado máscara, que é um número de 32 *bits* que acompanha o endereço *IP* e vai determinar a quantidade de endereços disponíveis para a rede e para o equipamento. O formato dos valores vai de 0 a 255 onde, o número 0 indica que todos os endereços *IP* do respectivo octeto estão disponíveis e o número 255 indica que nenhum endereço está disponível, relata Transpetro (2010, p. 34-54).

O padrão *TCP* é versátil, robusto e compatível com diversos tipos de redes e disponibiliza um mecanismo de comunicação confiável baseado em fluxo entre as camadas, verificando se os dados são enviados de forma correta, na sequência correta e livre de erros.

2.6 Equipamentos

2.6.1 Controlador lógico programável

Durante muito tempo, os dispositivos eletromecânicos foram os recursos mais utilizados para efetuar controles lógicos e de intertravamentos nas linhas de produção e em máquinas isoladas.

Na indústria automobilística a complexidade dos processos produtivos envolvia instalações em painéis e cabines de controle com centenas de relés com dimensão física elevada e conseqüentemente a interconexão destes. Apesar de funcionais, apresentavam problemas de ordem prática bastante relevante e, a ocorrência de uma falha qualquer significava o comprometimento de horas ou dias de trabalho de pesquisa e interrupção do processo produtivo, destaca Bega (2006, p. 518).

A primeira experiência de um controle de lógica que permitisse a programação por recursos de *software* foi idealizada por uma empresa automotiva da Alemanha. Um microcomputador com capacidade de programação, aliado ao uso de dispositivos periféricos capazes de realizar operações de entrada e saída iniciou a era dos controladores de lógica programável, descreve Silveira; Santos (2007, p. 79-80).

Entende-se por CLP, um sistema eletrônico projetado para uso em ambiente industrial utilizando registros de memória para armazenar instruções e controlar um processo e seus dispositivos, ou uma máquina, através de interfaces de entradas e saídas, destaca Bega (2006, p. 518).

A evolução tecnológica aliada à expectativa dos clientes fez que o CLP assumisse muitas funções, como ações de comando sequenciais ou dependente do tempo, ou de temporização, contagem e aritmética. Tarefas muito rápidas e repetitivas também passaram a ser controladas pelo CLP. Atualmente, operações de alarme e de intertravamento são úteis para disponibilizar informações em tempo real para unidades remotas ou para níveis hierárquicos superiores.

As principais aplicações do CLP são relatadas abaixo:

- Tráfego de informações em tempo real;
- Parada e partida de equipamentos;
- Alarme e intertravamento de modo seguro;
- Processos em batelada, onde as informações da produção precisam ser modificadas com frequência;
- Controle de variáveis analógicas e digitais;
- Eletrodomésticos, eletrônicos, residências, prédios inteligentes e veículos;

Dentre as principais vantagens do CLP está o fácil diagnóstico de falhas, facilidade de reprogramação, funcionamento da planta com reduzida equipe de

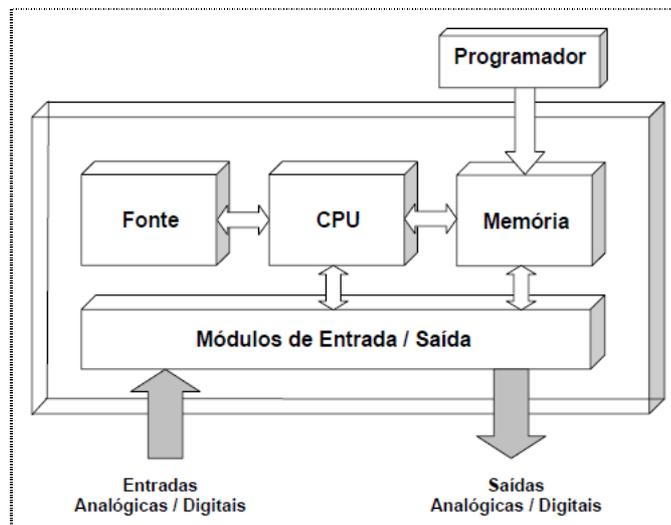
manutenção, capacidade de operação em ambiente industrial e hostil, alta confiabilidade, fácil manutenção, possui tamanho compacto, requer pouco espaço e apresenta baixo consumo de energia, destaca Bega (2006, p. 519-524).

Possui ainda compatibilidade com diferentes tipos de sinais de entrada e saída com possibilidade de expansão da capacidade de memória, flexibilidade de expansão de entradas e saídas e pode ser conectado com outro CLP através de uma rede de comunicação.

Como desvantagem, o CLP no controle de processo é não determinístico, ou seja, não se pode prever o tempo de resposta e não possui interface homem-máquina, requerendo uso de um computador pessoal e *software*.

Os elementos de hardware que constituem o CLP são a unidade central de processamento (CPU), memórias e um sistema de interligação, também chamado de barramento. As interfaces de entrada e saída fazem a conexão física entre CPU e o mundo externo por meio de vários tipos de circuitos de interfaceamento, destaca Bega (2006, p. 525-527). A estrutura básica de um CLP pode ser vista na figura 16.

Figura 16 - Diagrama em blocos

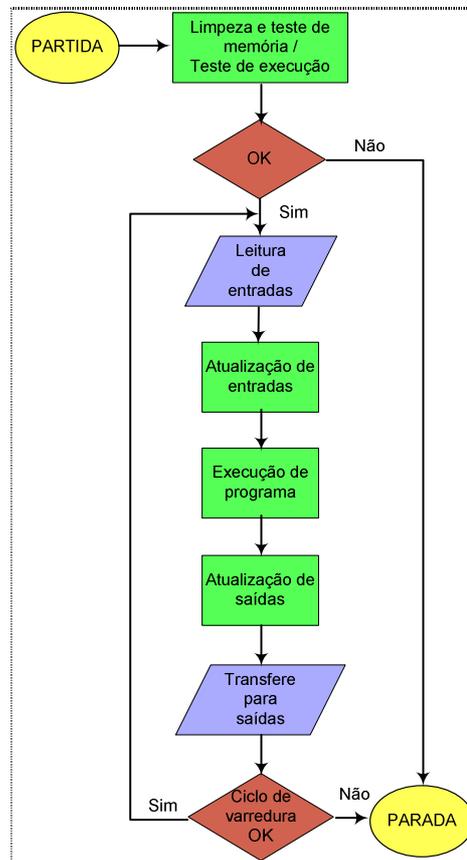


Fonte: Autor da pesquisa

A velocidade e características do processador determinam a performance do CLP, que opera de modo descontínuo e por ciclos de varredura que depende, dentre outros fatores, do tamanho do programa, da quantidade e tipo de pontos de entrada/saída. O ciclo de varredura constitui três fases: atualização das entradas, processamento das instruções do programa e atualização das saídas. Caso o ciclo de varredura leve um tempo anormal para ser concluído, o CLP vai imediatamente para o modo de falha e pára de operar.

A unidade central de processamento de um controlador programável através de seus estados de programação e execução pode assumir também o estado de erro, apontando falha de execução do programa. A figura 17 ilustra o exposto.

Figura 17 - Ciclo de verificação



Fonte: Autor da pesquisa

O estado dos sinais de entrada e do programa (*ladder*) determina o estado dos sinais de saída, atuando nos elementos finais de controle. O programa é desenvolvido através de uma linguagem de programação, através da qual o usuário se comunica com a máquina, destaca Bega (2006, p. 527-529).

Segundo Bega (2006, p. 533), “linguagem de programação serve para traduzir instruções em nível de entendimento pelo ser humano em instruções ditas de baixo nível, ou seja, que uma UCP pode executar.”

A linguagem de programação coordena e seqüencia as operações que o CLP deve executar e classificam-se em linguagem de baixo e alto nível. A linguagem de baixo nível é a linguagem corrente de um microprocessador, onde as instruções são escritas em código binário (*bit* 0 e 1) ou hexadecimal. A linguagem de alto nível está próxima da linguagem corrente utilizada na comunicação de pessoas e, compiladores e interpretadores traduzem-a para uma linguagem de máquina.

Normas internacionais definem um conjunto de linguagens padronizadas para o CLP, que são as linguagens textuais, como a lista de instruções e texto estruturado e linguagens gráficas, como o diagrama sequencial, diagrama de blocos de função e diagrama de contatos.

A lista de instruções é uma sequência de comandos padronizados correspondentes a funções e, texto estruturado é uma linguagem de alto nível em forma de texto que não impõe ordem de execução, destaca Bega (2006, p. 530-531).

O diagrama sequencial é uma representação gráfica, em sequência, das etapas do programa. O diagrama de blocos de função utiliza blocos da lógica booleana com comandos padronizados e, a linguagem de diagrama de contatos (*ladder*), a mais utilizada, permite programar desde funções binárias até funções matemáticas complexas.

As linguagens definem como o usuário interage com o CLP e significam a mesma coisa, ou seja, funções lógicas de entrada que comandam saídas. Estas linguagens existem apenas para que as pessoas entendam mais facilmente o programa que o CLP executa. Um profissional formado em elétrica provavelmente gostará mais de trabalhar com o *ladder*, enquanto que o pessoal de formação eletrônica ou da base matemática ou científica pode preferir a utilização de outras linguagens, destaca Bega (2006, p. 531-533).

2.6.2 Computador de vazão

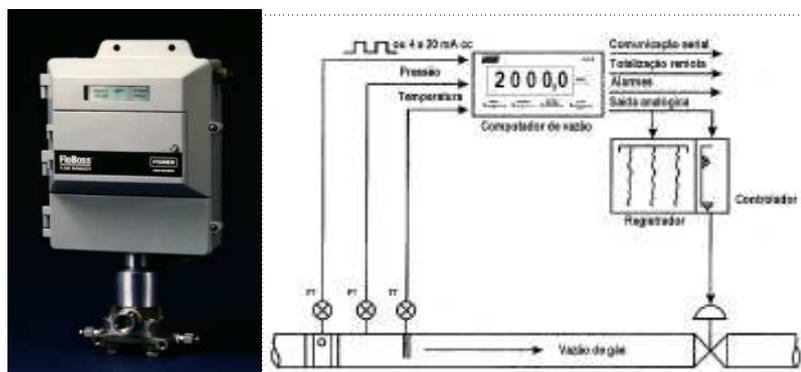
O computador de vazão é um equipamento microprocessado que inclui as funções necessárias para medição de vazão e transferência de custódia que é a transação comercial baseada na leitura de instrumentos, isto é, uma caixa registradora. De um modo mais abrangente, o equipamento proporciona uma funcionalidade para aplicações que requerem monitoração, medição, armazenamento de dados e controle, relata Transpetro (2010, p. 41).

As principais características dos gases, diretamente relacionadas com a medição da vazão, são a densidade, a viscosidade e o coeficiente isentrópico. De forma simplificada, a densidade é uma relação entre massa e volume, a viscosidade, é originada pela coesão entre as moléculas e o choque entre elas e, o coeficiente

isentrópico, é uma relação dos calores específicos à pressão constante e a volume constante.

O computador de vazão recebe sinais analógicos de temperatura, pressão estática e pressão diferencial (ou pulsos) e calcula, totaliza e indica a vazão volumétrica fazendo a compensação. Além disso, outros dados devem ser parametrizados, isto é, dimensões da placa de orifício, da tubulação, dentre outros, relata Transpetro (2010, p. 42-44). A figura 18 mostra o computador de vazão e suas variáveis.

Figura 18 - Computador de vazão e variáveis



Fonte: Transpetro (2010, p. 54)

A teoria da medição de vazão por pressão diferencial, caso específico da estação deste estudo, é fundamentada em leis físicas conhecidas. As equações teóricas devem ser complementadas por coeficientes práticos para que a vazão possa ser medida com precisão.

Quando se mede a vazão volumétrica de fluido compressível, citando como exemplo o gás natural, pertinente a este estudo, deve se referir o volume a uma determinada condição de referência de pressão e temperatura.

Fazer a compensação é medir continuamente a pressão e a temperatura e fazer a computação para tirar estes efeitos através de uma relação matemática que envolve vazão volumétrica medida, pressão, temperatura e uma constante que inclui a constante universal dos gases e serve também para compatibilizar as unidades das diferentes grandezas físicas, relata Transpetro (2010, p. 45-47).

Em outras palavras, a maioria dos medidores de vazão mede o volume real ou infere o volume real, tomando como referência a vazão nas condições nominais de operação. Quando as condições reais do processo se afastam das condições nominais de operação, ocorrem grandes variações no volume real, resultando em grande incerteza na medição da vazão, por isso a necessidade da compensação.

Segundo Transpetro, (2010, p. 48), a incerteza de medição pode ser definida como: “parâmetro, associado ao resultado de uma medição, que caracteriza a dispersão dos valores que podem ser fundamentalmente atribuídos a um mensurando”.

Como mensurando define-se que é o objeto da medição ou a grandeza específica submetida à medição. Outra questão importante é distinguir entre erro e incerteza. O erro é definido como a diferença entre um resultado individual e um valor verdadeiro do mensurando e como tal, é um valor único, enquanto que incerteza, é uma faixa de valores e não pode ser corrigida, relata Transpetro (2010, p. 48). A figura 19 mostra uma tela de medição.

Figura 19 - Tela da medição do computador de vazão

The screenshot shows a software window titled "Meter Values" with the following data:

Meter Information:
 Run: 1 - UT-12122A | Tag: UT-12122A
 Description: PE Aracaju DIA - Tramo A
 DP: -0.0155292 kPa
 SP: 1605.738 kPag
 TP: 33.66826 Deg C

Current Values:
 Flow Rate: 0.0 kM3/Day | Energy Rate: 0.0 GJ/Day

Accumulation Table:

	kM3	GJ	Minutes
Today :	0.0	0.0	0.0
Yesterday :	0.0008135	0.0314509	0.1091667
Month :	0.0	0.0	0.0
Prev Month :	1690.66	66041.67	34422.93
Accumulated :	33007.37	269372.2	528109.8

Factors:
 hwPF: 0.0 | Fpb: 1.002315
 CdFT: 0.6019002 | Ftb: 1.015394
 Ev: 1.010093 | IMV: 0.0
 Y: 0.9999749 | Reynolds: 78029.29
 Fpv: 1.014571

Other Parameters:
 Upstream Static Pressure: 1709.553 kPa
 Orifice Diameter: 58.4175 Millimeters
 Pipe Diameter: 155.5641 Millimeters
 Beta: 0.3755205

Buttons: Auto Scan, Update, Cancel

Fonte: Autor da pesquisa

2.6.3 Medidor ultrasônico

Segundo Bega (2006, p. 177), “o ultra-som é uma onda sonora (onda mecânica), cuja frequência de oscilação é maior do que aquela sensível ao ouvido humano, isto é, acima de 20 kHz; a frequência de oscilação usualmente utilizada neste tipo de instrumento é de 26,5 kHz”.

A vibração de um dispositivo causa vibração nos objetos existentes nas proximidades e esta transferência de energia através do meio é denominada como som. Para a maioria dos medidores ultrasônicos, a energia elétrica é usada para excitar um cristal piezoelétrico em sua frequência de ressonância, neste caso, o material piezoelétrico é utilizado como o receptor do ultra-som. Pela sua

estabilidade, o quartzo é um dos materiais mais recomendados, destaca Bega (2006, p. 178).

Quando se aplica uma força neste material, resulta o aparecimento de um deslocamento e uma tensão em seu terminal elétrico. Esta excitação é transferida de molécula a molécula com uma velocidade que depende do meio e da inércia das moléculas.

Medidores de vazão baseados na tecnologia de ultra-som foram desenvolvidos na segunda metade do século XX para fins industriais e entre as várias técnicas de medição, duas têm aplicações difundidas, tempo de propagação ou tempo de trânsito e a efeito *Doppler*.

Na técnica do tempo de trânsito analisa-se a diferença de tempo de percurso de um feixe inclinado em relação às linhas de velocidade do fluxo, ou em relação à vazão do fluido, baseado no fato de que a componente de velocidade do fluxo, paralela à direção do feixe, irá se somar ou se subtrair da velocidade do som, com uma diferença de tempo de trânsito na ida e na volta do feixe, destaca Bega (2006, p. 115).

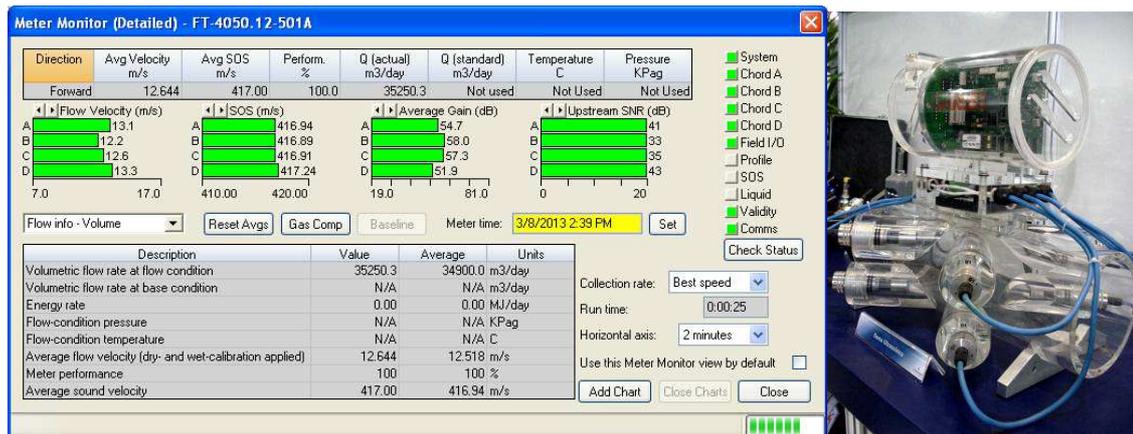
Esta diferença de tempo de propagação ocorre devido ao fato de que quando a onda viaja contra a vazão, a sua velocidade é levemente diminuída e quando viaja a favor da vazão, a velocidade da onda sonora é levemente aumentada, sendo esta diferença, proporcional a vazão do fluido. Esta técnica é mais aconselhada por ter maior precisão, quando o fluido é limpo ou não é uniformemente sujo, destaca Bega (2006, p. 115-117).

O efeito *Doppler* pressupõe a presença de partículas ou de bolhas sobre as quais o feixe ultrassônico irá refletir-se. O feixe forma um ângulo com o eixo da tubulação, com certa frequência e, ao encontrar as partículas que se deslocam a mesma velocidade do fluxo, o feixe é refletido com outra frequência mais elevada, caso a direção sejam em sentido contrário ao das partículas e mais baixa, se no mesmo, sentido destaca Bega (2006, p. 115-117).

A eletrônica associada ao medidor recebe o sinal das duas frequências que produzem um “batimento”, sendo a vazão calculada a partir desta frequência. Esta técnica é utilizada quando se trata de fluidos com concentração elevada de impurezas e a precisão não é confiável, já que o feixe refletido dependerá da concentração das partículas, descreve Bega (2006, p. 115).

A técnica de medição por ultra-som é de boa confiabilidade e entre suas principais vantagens está à inexistência de partes móveis no sistema, a capacidade de medição sem contato com o material de processo, além de não depender do conhecimento de diversas propriedades do processo. A figura 20 mostra este equipamento.

Figura 20 - Tela de medição e ilustração física do ultrassônico



Fonte: Autor da pesquisa

2.6.4 Cromatógrafo

De acordo com Bega (2006, p. 249), estão inclusos no universo dos analisadores os “[...] instrumentos que efetivamente analisam um produto, no sentido exato do termo, como os cromatógrafos [...]”

O universo dos analisadores é vasto, um campo fascinante que exige conhecimentos básicos de instrumentação e controle, química, física e eletrônica, além de estudo constante que apresenta novidades e desafios diários. Dentro do escopo deste estudo, nos limitaremos a abordar o cromatógrafo, analisador da concentração de gás natural da estação Atalaia.

De acordo com Bega, (2006, p. 290):

Os cromatógrafos de processo são analisadores que permitem a determinação qualitativa e quantitativa de vários componentes de uma amostra, bastando que o instrumento esteja configurado para os componentes e faixas de concentração a serem analisados. A separação dos componentes se processa numa coluna cromatográfica. Trata-se de um tubo que contém em seu interior um material, fase estacionária, que é percorrido continuamente por um fluido, a fase móvel.

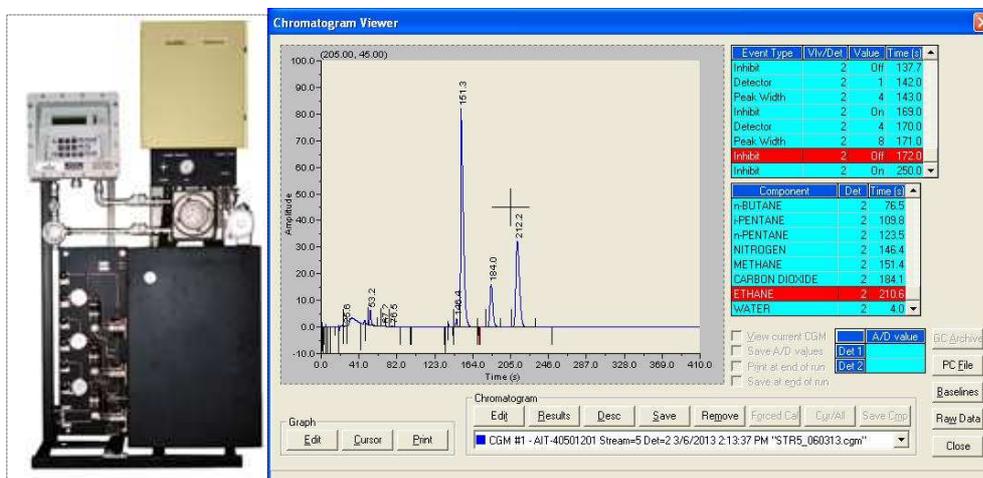
Na fase estacionária ou fixa, que pode ser um sólido granulado seco ou um líquido suportado por esses grãos ou pela própria parede interna da coluna ou ambos, a substância contida no interior da coluna tem a propriedade de separar os componentes da amostra e, na fase móvel, que é gasosa, através do gás de arraste as moléculas a serem separadas são transportadas através da coluna.

O gás de arraste deve ser inerte, de alta pureza para não falsear a análise ou contaminar as colunas ou causar interferência no detector. A substância no interior da coluna pode ser líquida ou sólida, como exemplo, peneiras moleculares e polímeros. A coluna de peneira molecular tem ótimo desempenho e não é sensível à água, destaca Transpetro (2010, p. 14-17).

Através de uma pequena porção da amostra que é injetada na coluna, as forças entre os componentes interagem e a fase estacionária e móvel determinam a velocidade de propagação das moléculas dos diferentes componentes, ou seja, seu tempo de eluição, que é o tempo percorrido para atravessar a coluna e que identifica os componentes.

Um detector de condutividade térmica baseado no desequilíbrio de temperatura e da resistência elétrica, respectivamente ao gás de arraste e ao eluente da coluna, instalado na saída da coluna, gera um sinal elétrico baseado no tempo percorrido e correspondente a cada componente e, proporciona a informação quantitativa em uma interface local ou controlador, onde é possível visualizá-los através de *software* específico, relata Bega (2006, p. 290-291). A figura 21 ilustra a estrutura física geral e os dados das amostras coletados.

Figura 21 - Estrutura física do cromatógrafo e cromatograma

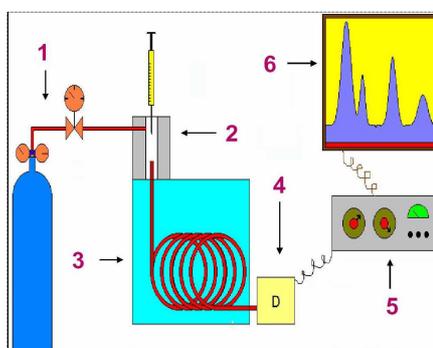


Fonte: Autor da pesquisa

Com base nas informações relatadas, pode-se definir o cromatógrafo de linha como um instrumento que permite efetuar automática, desassistida e continuamente a análise cromatográfica de uma ou mais misturas gasosas.

A figura 22, através de seus números indicadores, mostra maiores detalhes do processamento da amostra. Ao entrar no cromatógrafo, o gás de arraste passa inicialmente pelo sistema de introdução da amostra (números 1 e 2), depois pela coluna (3), onde ocorre a separação dos componentes e vai para o detector (4). O sinal enviado por este é apresentado no controlador (6) sob a forma de um cromatograma, como mostrado na figura 21, destaca Transpetro (2010, p. 17-19).

Figura 22 - Fases de processamento da amostra de gás



Fonte: Transpetro (2010, p. 14)

2.6.5 Fonte de alimentação

A função primária da *Uninterrupted Power Supply (UPS)* é assegurar continuidade de alimentação de energia para cargas pré-selecionadas e como função secundária, a melhoria da qualidade da tensão fornecida às cargas, mantendo-a dentro de características específicas, descreve Abramam (2008, p. 52).

Para a funcionalidade de todos os equipamentos citados neste relatório, a *UPS* e um banco de baterias a esta conectado, são fundamentais. Diversas leituras da *UPS* são monitoradas no CNCO, tais como: tensão da concessionária, alarme de falha da concessionária, bateria baixa, etc.

2.7 Controle Supervisório e Aquisição de Dados

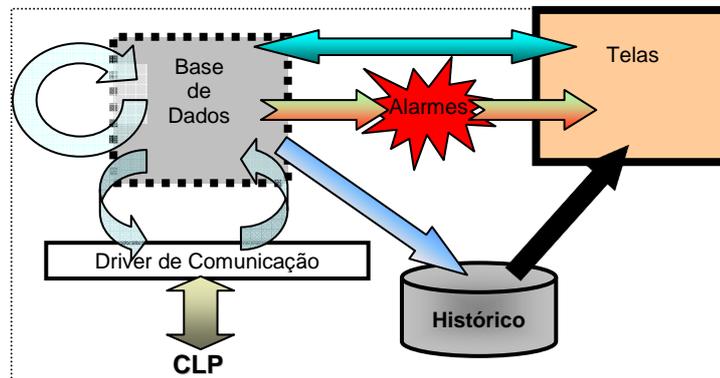
O termo *Supervisory Control And Data Acquisition (SCADA)* refere-se a um sistema de supervisão que atua no controle, monitoração e aquisição de dados de

variáveis de processo a distância, com o retorno de ações de controle, suprimindo eventuais necessidades de intervenção.

De acordo com Moraes; Castrucci (2007, p. 117), “sistemas supervisórios são sistemas digitais de monitoração e operação da planta que gerenciam variáveis de processo”.

As principais atribuições de um sistema SCADA são basicamente a supervisão, monitoração e controle. Supervisão, refere-se à aquisição de dados para permitir a elaboração de uma estratégia de operação. Na monitoração, se verifica as condições de funcionamento do processo, tais como a sinalização de valores limites das variáveis, ocorrências de falhas, alarmes, relatórios e gráficos de tendência. Como controle, entende-se a ação de gerar sinais de forma que a variável controlada se comporte de acordo com o preestabelecido, destaca Moraes; Castrucci (2007, p. 117-120). A figura 23 apresenta o fluxo de dados do sistema supervisório.

Figura 23 - Fluxo de dados do sistema de supervisão



Fonte: Transpetro (2010, p. 71)

Todos os dados recebidos pelo sistema supervisório são atualizados continuamente e podem ser armazenados em bancos de dados locais ou remotos para fins de registro histórico. Esse processamento de dados rápido e em tempo real é suportado por um sistema de modernos computadores, dispositivos e *softwares* e, mensagens, alarmes e eventos de importância da planta industrial são classificados de acordo com uma prioridade e sinalizam aos operadores sobre o processo de forma instantânea.

Segundo Moraes; Castrucci (2007, p. 120), os sistemas SCADA “[...] visam à integridade física das pessoas, equipamentos e produção, consistindo muitas vezes em sistemas redundantes de *hardware* e meio físico (canal de informação) e permitindo pronta identificação de falhas.”

Em processos industriais, existem basicamente dois tipos de variáveis, as digitais e analógicas. As digitais podem ser interpretadas por apenas dois estados discretos, como por exemplo, equipamento ligado ou desligado. Quanto às analógicas, as variáveis assumem valores que percorrem uma determinada faixa estabelecida, como por exemplo, a temperatura de um equipamento do processo.

O sistema *SCADA* foi idealizado para supervisão e controle de quantidades elevadas de variáveis de entrada e saída digitais e analógicas, enquanto que sistemas supervisórios de menor complexidade, robustez e menor número de entrada e saída, como exemplo, o *Human Machine Interface (HMI)*, foram projetados para utilização em chão-de-fábrica, geralmente caracterizado por um ambiente agressivo, destaca Moraes; Castrucci (2007, p. 120-124).

As variáveis de processo chegam ao sistema supervisório através de TAG (etiqueta), que está associada a endereços de memória do CLP e sua interpretação é baseada no código *Instrumentation Society of America (ISA)*. No supervisório, o valor da variável é convertido para uma unidade de engenharia apropriada. O sistema supervisório apenas responde ou envia sinais ao CLP e estes são traduzidos para sinais gráficos de fácil entendimento.

A interação do operador com o processo é garantida através de interfaces gráficas que permitem uma interação amigável. Há possibilidade de configuração de alarmes e eventos, além de relatórios avançados que podem ser obtidos através de *scripts*, que são trechos de programas que permitem ampliar as funcionalidades inerentes do produto, destaca Moraes; Castrucci (2007, p. 125-128).

Os principais componentes básicos de *hardware* e *software* de um sistema supervisório estão abaixo descritos, conforme Moraes; Castrucci (2007, p. 126).

- Sistema de computadores ou *workstation* e seus respectivos acessórios;
- Dispositivo de comunicação com o equipamento de controle e outros sistemas, tais como, interface serial convencional (RS-232, RS-485, RS-422), cartão de comunicação direta com CLP, distribuidores de conexão (*hub, switch*).
- Pacote supervisório básico: *software* de desenvolvimento para a construção de sinópticos que representam uma área do processo com certo nível de detalhe e *driver* de comunicação.
- Pacote *Statistical Process Control (SPC)*: contém funções estatísticas, controle e geração de alarmes e gerenciamento de variáveis.

Os sistemas SCADA utilizam dois modos de comunicação: por *polling* e por interrupção. No primeiro caso, também designado como mestre/escravo, a estação central, ou seja, estação mestre, tem o controle absoluto da comunicação, efetuando sequencialmente a leitura remota dos dados, dos chamados escravos, que apenas respondem a estação central após a recepção de um pedido.

No segundo caso, a estação remota monitora os seus valores de entrada e, quando detecta alterações significativas ou valores que ultrapassem os limites definidos, inicia a comunicação com a estação central e a consequente transferência de dados. Neste método, permite-se detecção de erros e a recuperação de colisões e, em caso de colisões excessivas, em que o sistema é gravemente afetado, a estação remota cancela a transmissão aguardando que a estação central proceda à leitura dos seus valores através do método *polling*, destaca Moraes; Castrucci (2007, p. 129-133).

As principais características do sistema supervisorio estão abaixo descritas, conforme Moraes; Castrucci (2007, p. 130):

- Facilidade de interpretação: a representação da planta por áreas e equipamentos de processo, associados a cores e movimentos, facilita a interpretação, assim como a atuação do operador.
- Flexibilidade: alterações no processo, correções ou implementações são facilmente realizáveis por meio de *softwares* disponíveis no sistema supervisorio que permitem a alteração de telas sem interromper a operação normal do dispositivo em que a alteração está sendo feita.
- Estrutura: as telas do sistema supervisorio devem acompanhar uma divisão natural, ou seja, por áreas de processo com seus equipamentos e instrumentos de medição, atuação e controle, permitindo desta forma uma visualização que permita a navegação objetiva do operador pelo processo diminuindo o tempo de acesso às variáveis supervisionadas.

O padrão industrial em sistemas supervisorios é o padrão Windows, baseado no padrão Microsoft de interface homem-máquina, o qual possibilita redução no tempo de aprendizagem se o operador estiver familiarizado em outras aplicações em seu ambiente de trabalho.

Existem no mercado diversos *softwares* destinados a sistemas de supervisão, neste estudo, citaremos o modelo *open architecture system (OASYS)* utilizado no CNCO localizado no Rio de Janeiro.

3 METODOLOGIA

Os seres humanos em todos os níveis pesquisam com frequência por variadas razões, tais como, gostos, interesses, necessidades, afetividades, desafios, apenas para citar alguns exemplos. A origem das pesquisas está nas idéias e seu campo de conhecimento, que constituem a primeira aproximação da realidade, de fenômenos, do ambiente, de eventos e do enfoque que se pretende estudar. Ainda não há um bom substituto para uma boa idéia.

Sampieri; Collado; Lucio (2006, p. 14), concebem a pesquisa como: “processo constituído por diversas etapas, passos ou fases, organizados de uma maneira lógica, sequencial e dinâmica”.

A pesquisa científica é em essência, sistemática, empírica e crítica. Sistemática implica ter uma disciplina para fazê-la, empírica, denota que os dados são coletados e analisados e crítica, significa que está sendo avaliada e melhorada constantemente, destaca Sampieri; Collado; Lucio (2006, p. 17).

Metodologia científica conduz a um processo de pesquisa de qualquer natureza, seja através de um estudo qualitativo ou quantitativo ou um mesmo estudo com diversas modalidades. Abrange desde a concepção da idéia até o relatório final e engloba uma gama de orientações sistemáticas que integram estratégias, abordagens e métodos utilizados pela ciência.

A diversidade de material fonte associado à idéia de pesquisa deve se relacionar com a qualidade, isto é, à retenção das partes essenciais, a uma medida da habilidade, experiência e sensibilidade em descobrir caminhos e indícios e, então submetidas à análise minuciosa e agrupadas para um desenvolvimento progressivo.

3.1 Abordagem Metodológica

Por tratar-se de uma pesquisa que aborda um assunto relevante, que desperta interesse do autor, que envolve uma decisão, um desafio, uma oportunidade, um problema ou uma questão que precisa de solução específica, com níveis de detalhes amplos e peculiaridades de um segmento de área tecnológica, este estudo está sendo tratado como estudo de caso.

Quando se utiliza adequadamente um estudo de casos, abrem-se caminhos para um pensamento independente e um julgamento responsável. As situações são

reais, posicionando o pesquisador em um papel ativo, aberto a críticas e com bom fardo de entendimento. Ocorre a oportunidade de lidar construtivamente com a área objeto do estudo e uma estimulante aprendizagem.

Um estudo de caso possibilita, a partir das informações selecionadas e da pesquisa, a construção do conhecimento sobre o assunto em questão e proporciona o desenvolvimento de novas habilidades. Ao longo do desenvolvimento do estudo acontecem diversas interações e retroalimentações, isto é, quando a pessoa se torna capaz de algo, pode perceber que precisa adquirir mais conhecimento, e um novo processo se inicia.

3.2 Caracterização da Pesquisa

A principal característica da metodologia de pesquisa adotada foi à liberdade, sofisticação e relevância maior sobre virtudes como: idéias criativas, anotações particulares, aprendizado prático, testes e simulações. Ocorre menos concentração na coleta e no processamento dos dados e mais na interpretação e reflexão em relação não somente ao objeto de estudo, como também ao próprio pesquisador e seu contexto político, ideológico, linguístico e cultural.

Segundo Vergara (2007, p. 185), reflexão deve ser entendida como:

As próprias interpretações do pesquisador, a capacidade de olhar suas próprias perspectivas da perspectiva de outros, bem como a capacidade de autocrítica acerca da sua autoridade como intérprete e como autor. Estas interpretações são obtidas pelos processos constantes de indução, dedução e abdução desenvolvidos ao longo do processo de pesquisa. Significa pensar sob as condições sob as quais algo é construído. Implica investigar os modos pelos quais o contexto teórico, cultural, político afeta a interação com o que esteja sendo pesquisado.

3.2.1 Objetivos ou fins

No tocante aos objetivos ou fins, sob um contexto geral, uma pesquisa pode ser considerada como: exploratória, descritiva e explicativa.

Estudos exploratórios estão relacionados a temas ou objetivos pouco pesquisados no qual há dúvidas, onde as idéias são vagas, quando a abordagem foi pouco explorada ou ainda com a finalidade de novas perspectivas. Por analogia, é como fazer uma viagem a um local desconhecido.

De acordo com Lakatos; Marconi (2009, p. 190), pesquisa exploratória pode ser definida como:

[...] investigações de pesquisa empírica cujo objetivo é a formulação de questões ou de um problema, com tripla finalidade: desenvolver hipóteses, aumentar a familiaridade do pesquisador com um ambiente, fato ou fenômeno, para a realização de uma pesquisa futura mais precisa ou modificar e clarificar conceitos.

Segundo Ubirajara (2013, p. 46), “Descritiva: descreve as características de uma população ou de um fenômeno, ou ainda estabelece relações entre fenômenos”.

Uma pesquisa descritiva investiga o delineamento de fatos ou fenômenos através de suas propriedades, características e perfis e a avaliação destes sob um prisma que se aproxima de projetos experimentais com a finalidade de fornecer dados sedimentados. São empregados artifícios quantitativos tendo como objetivo a coleta sistemática de dados e informações sob vários aspectos, dimensões ou componentes, assim menciona Lakatos; Marconi (2009, p. 189).

De acordo com Sampieri; Collado; Lucio (2006, p. 107): “os estudos explicativos vão além da descrição de conceitos ou fenômenos ou do estabelecimento de relações entre conceitos, estão destinados a responder as causas dos acontecimentos, fatos, fenômenos físicos ou sociais”.

Neste caso, o interesse é descobrir por que ocorre um fenômeno e em quais condições ou por que duas ou mais variáveis estão relacionadas.

Todos os tipos de pesquisa são igualmente válidos e importantes e contribuem para o avanço de qualquer tipo de estudo em todas as ciências, cada um com seus objetivos e razão de ser. A grande questão é o delineamento do problema e imersão deste em fontes de literaturas para que se desenvolva uma boa pesquisa e seja válido o conhecimento absorvido.

Neste estudo de caso, há o caráter descritivo e exploratório, devido à análise criteriosa dos dados e seus efeitos potenciais que associados ao objeto de estudo pouco explorado, conduzem a novas perspectivas e avanços técnicos significativos.

3.2.2 Objeto ou meios

De acordo com Lakatos; Marconi (2009, p. 176), “Toda pesquisa implica o levantamento de dados de variadas fontes, quaisquer que sejam os métodos ou técnicas empregadas [...]”.

Além dos conhecimentos adquiridos, as literaturas utilizadas no estudo podem evitar esforços desnecessários e ainda evidenciar problemas e hipóteses e orientar para outras fontes de coleta.

Num plano conceitual, objeto ou meios numa pesquisa científica podem ser de natureza bibliográfica, documental, de campo, experimental ou laboratorial.

A pesquisa bibliográfica, também denominada de fonte secundária, abrange toda bibliografia que já se tornou pública, abrangendo publicações escritas e também meios de comunicação. Sua finalidade é colocar o pesquisador em contato direto com todo o material-fonte revestido de importância, propiciando o exame do respectivo estudo sob nova abordagem com conclusões inovadoras.

A pesquisa documental, ou seja, restrita a documentos (contratos, estatísticas, rádio) pode ser de natureza escrita ou não e é também denominada de fonte primária e, pode ser feita no momento em que o fato ocorre ou posteriormente, assim descreve Lakatos; Marconi (2009, p. 176-185).

A pesquisa de campo, segundo Lakatos; Marconi (2009, p. 188), “Consiste na observação de fatos e fenômenos tal como ocorrem espontaneamente, na coleta de dados a eles referentes e no registro de variáveis que se presume relevantes, para analisá-los”.

Antes da pesquisa de campo, faz-se necessária uma pesquisa bibliográfica com o intuito de coletar informações que servirão de base para a pesquisa de campo e tornará mais representativa e eficaz.

A pesquisa experimental ou de laboratório é a mais difícil de todas porque envolve ferramentas, instrumentos, propósitos específicos e ambiente adequado.

Cada pessoa desenvolve seu próprio método de recompilar as informações extraídas das fontes de referências. Neste estudo, as técnicas utilizadas para a coleta de dados tiveram como ponto de partida o agrupamento e classificação das informações pertinentes ao assunto, através da pesquisa em anotações individuais, treinamentos, livros, apostilas, revistas científicas, sites de entidades, manuais de equipamentos, normas técnicas, dentre outras.

Com este embasamento, desenvolveu-se então a pesquisa de campo para complementação da investigação projetada. Desta forma, este estudo de caso abrange os meios bibliográficos e pesquisa de campo.

3.2.3 Abordagem ou tratamento dos dados

Nesta etapa, abordaremos técnicas de coleta e tratamento dos dados, classificando-os de forma quantitativa, qualitativa ou mista (quantitativa e qualitativa), conforme a natureza deste estudo de caso.

Segundo Lakatos; Marconi (2009, p. 193), “A observação ajuda o pesquisador a identificar e a obter provas a respeito de objetivos sobre os quais os indivíduos não tem consciência, mas que orientam seu comportamento.”

De acordo com Sampieri; Collado; Lucio (2006, p. 15), “[...] pesquisa qualitativa dá profundidade aos dados, a dispersão, a riqueza interpretativa, a contextualização do ambiente, os detalhes e as experiências únicas.”

Ainda segundo Sampieri; Collado; Lucio (2006, p. 15), “a investigação quantitativa nos oferece a possibilidade de generalizar os resultados de maneira mais ampla, concede-nos controle sobre os fenômenos e um ponto de vista de contagem e magnitude em relação a eles.”

Ambos os modelos são empíricos, porque coletam dados do fenômeno que estudam e requerem seriedade, profissionalismo e dedicação com procedimentos distintos e possibilidade de acerto. A mistura dos dois modelos potencializa o desenvolvimento do conhecimento, a construção de teorias e a resolução de problemas.

O enfoque qualitativo está baseado na dispersão ou expansão dos dados ou da informação e no refinamento das questões e desempenha papel importante nos processos observacionais, no contexto da descoberta, e obriga o investigador a um contato mais direto com a realidade, enquanto que o quantitativo pretende intencionalmente delimitar a informação ou medir com precisão determinadas variáveis do estudo, relata Sampieri; Collado; Lucio (2006, p. 19-21).

Ambos os enfoques são valiosos e podem contribuir de forma notável ao avanço do conhecimento e da pesquisa. Nenhum é intrinsecamente melhor que outro, sendo apenas diferentes, podendo ser complementares. Neste estudo de caso, evidencia-se um forte aspecto qualitativo.

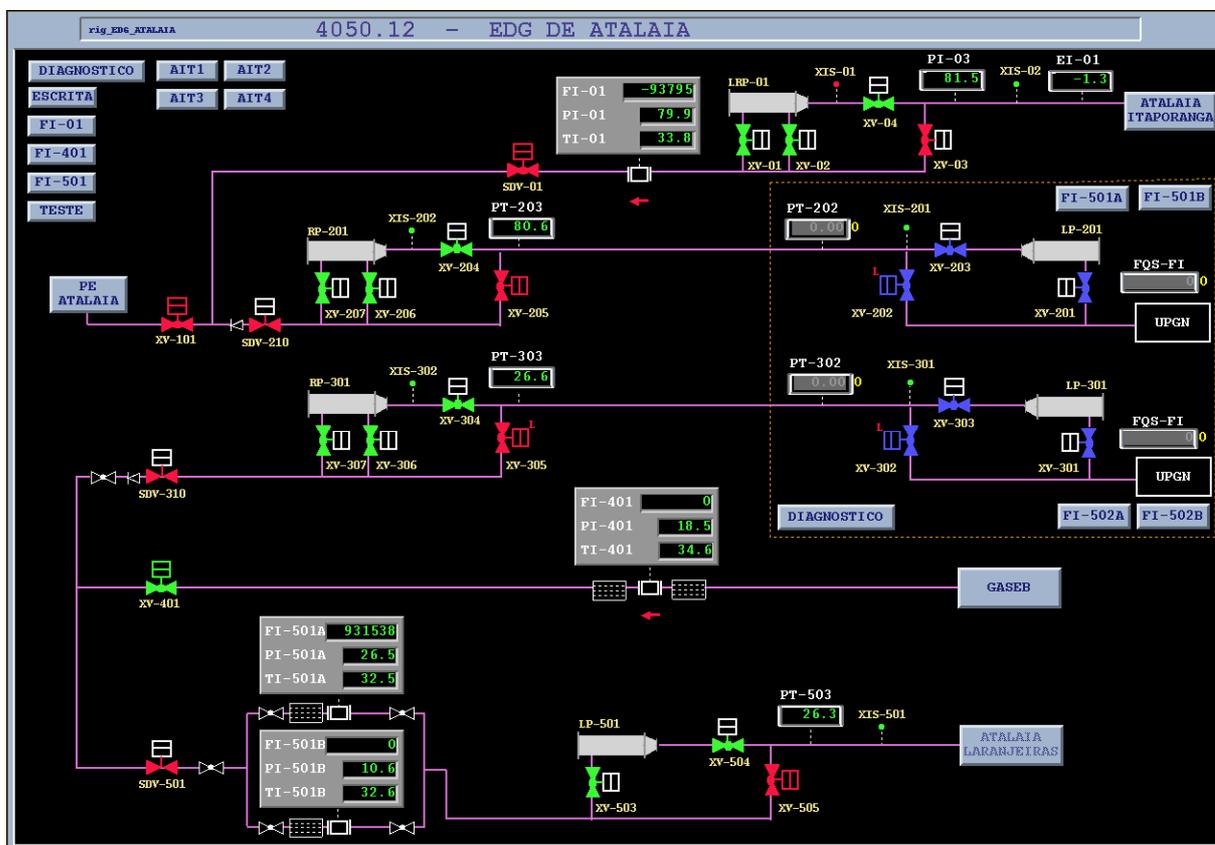
4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Nesta seção serão mostradas as análises, percepções e interpretações relacionadas ao problema e objetivos expostos no início deste estudo, ou seja, às falhas e interferências de comunicação da rede *modbus* da Estação de Distribuição de Gás de Atalaia (EDG), comprometendo desta forma a monitoração remota das variáveis de processo no CNCO no Rio de Janeiro.

A estação de distribuição de gás natural de Atalaia possui diversas variáveis de processo monitoradas no CNCO, através de diversos equipamentos citados neste estudo.

A monitoração contempla toda a instrumentação da planta, dados de energia, medição de vazão de diferentes segmentos de gasodutos e dados de análises cromatográficas. Nestes resultados, daremos ênfase aos equipamentos conectados via rede *modbus*, objeto deste estudo. A figura 24 ilustra apenas uma das diversas telas de monitoração.

Figura 24 - Tela de monitoração das variáveis



Fonte: Autor da pesquisa

4.1 Análise do Cenário Atual

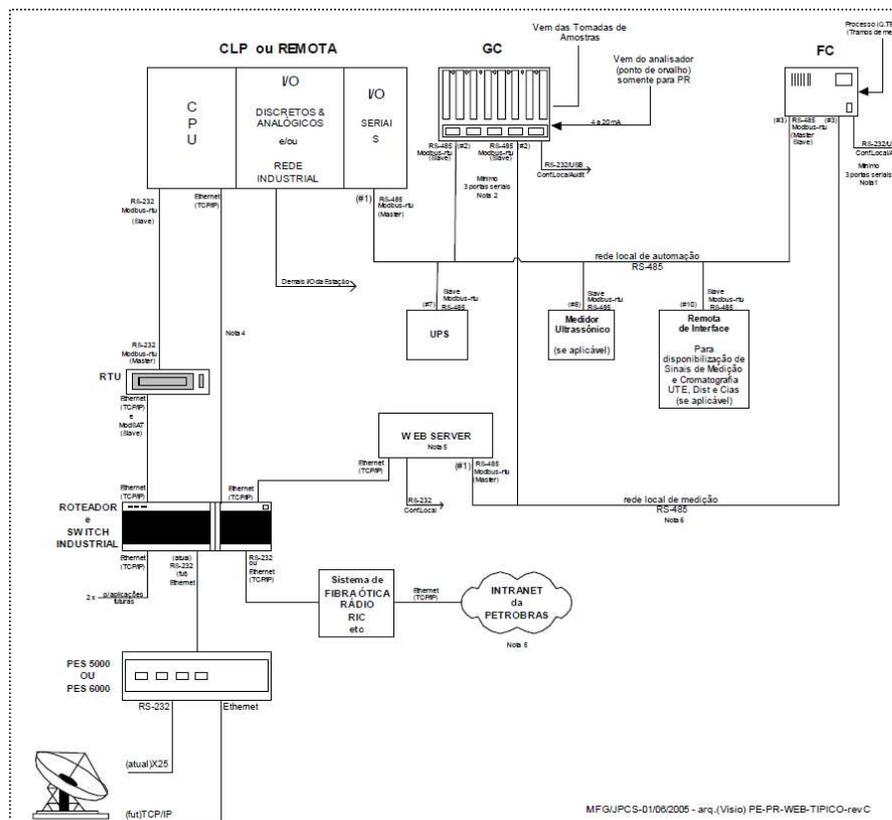
4.1.1 Estação de medição de gás natural

A transferência de custódia é uma transação comercial baseada na leitura de instrumentos, ou seja, é a caixa registradora da empresa, onde o gás natural é entregue para distribuidoras ou diretamente para fábricas e outros clientes.

Para uma correta concepção desta transação, utilizam-se Estações de Medição de Gás Natural (EMED) que devem atender aos contratos de fornecimento de gás e à Portaria Conjunta ANP/INMETRO nº 1/2000. As cláusulas técnicas destes contratos devem ter requisitos definidos em regulamentos técnicos federais em relação a especificação dos equipamentos.

Os computadores de vazão e medidores ultrassônicos, são os principais equipamentos que compõe uma EMED, além de instrumentação específica e, o CLP é o equipamento responsável por viabilizar e controlar a monitoração remota de todas as variáveis. A figura 25 mostra uma visão geral de todos os equipamentos envolvidos na monitoração.

Figura 25 - Interligação sistêmica de monitoração



Fonte: Transpetro (2013, p. 22)

4.1.2 Rede *modbus* de Atalaia

Como cenário encontrado, temos a estação de distribuição de gás natural de Atalaia, que possui duas EMED instaladas, uma fornecendo gás para a Sergipe Gás (SERGÁS) e outra para medição de saída do Gasoduto Atalaia Laranjeiras (GAL). Cada EMED possui dois computadores de vazão, um para tramo principal e outro para tramo reserva, tendo ainda outros dois medidores ultrasônicos na EMED GAL. Outros dois medidores de vazão tipo ultrasônico estão instalados, um no Gasoduto Sergipe Bahia (GASEB) e, outro no Gasoduto Atalaia Itaporanga (GAI).

Outros equipamentos instalados são o cromatógrafo (analisador de gás) e três UPS, portanto, são doze equipamentos interligados ao CLP, modelo SLC-500 do fabricante Rockwell, via rede *modbus*, para que sejam monitoradas diversas variáveis no CNCO. Todos os equipamentos são interligados ao CLP via módulo de comunicação específico (*prosoft*) que possui duas portas de comunicação, sendo o *slot 7*, ou seja, a posição vertical onde o módulo é instalado, específico para comunicação com o CNCO.

Como caso crítico, citamos a porta número 1 do módulo instalado no *slot 9*, onde estão interligados quatro computadores de vazão, três medidores ultrasônicos e, anteriormente também o cromatógrafo, cuja comunicação tinha falhas constantes. Para eliminar estas falhas, foi alterada a lógica do CLP do cromatógrafo e então transferido para outra porta ficando isolado, isto é, porta 2, *slot 8*, onde as falhas de comunicação cessaram.

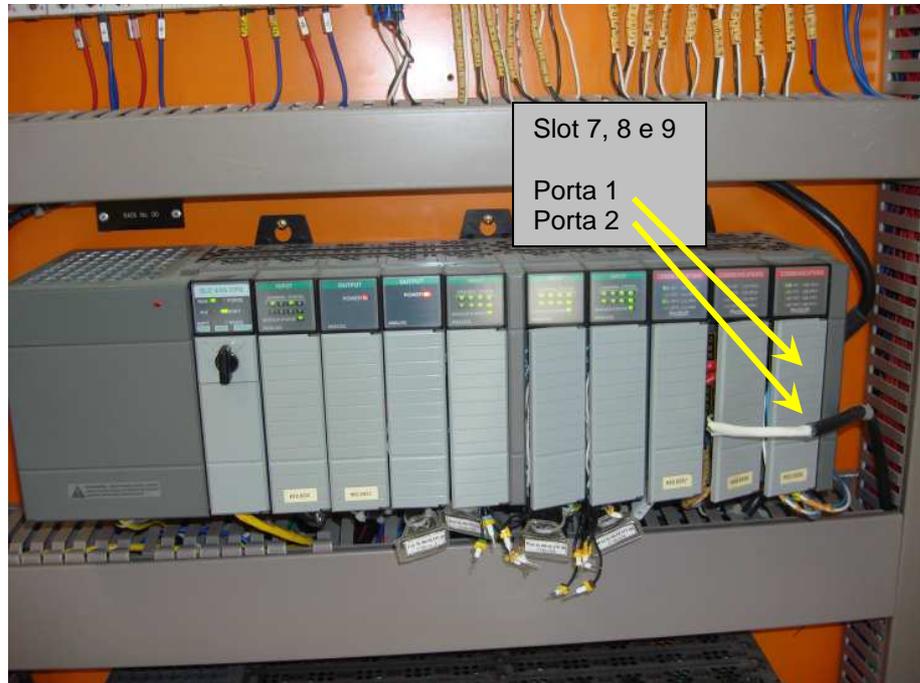
A vulnerabilidade da rede *modbus* para este caso específico, isto é, a interferência do cromatógrafo nos demais medidores de vazão e vice-versa, ocorre devido a complexidade deste equipamento que possui três sondas instaladas na planta.

Estas sondas, capturam amostras de gás para monitorar três diferentes correntes de gás do processo, sendo cada corrente composta de diversas variáveis, todas sendo lidas pelo CLP e depois de validadas via CNCO, escritas nos medidores de vazão através do CLP.

Nesta transação, há a execução de diversos comandos simultaneamente, além dos comandos dos próprios medidores de vazão, acarretando o travamento da porta de comunicação e como consequência, falhas de comunicação que

comprometiam a monitoração das variáveis no CNCO. A figura 26 mostra o rack e os módulos de comunicação modelo 3150-MCM.

Figura 26 - Rack e módulos de comunicação



Fonte: Autor da pesquisa

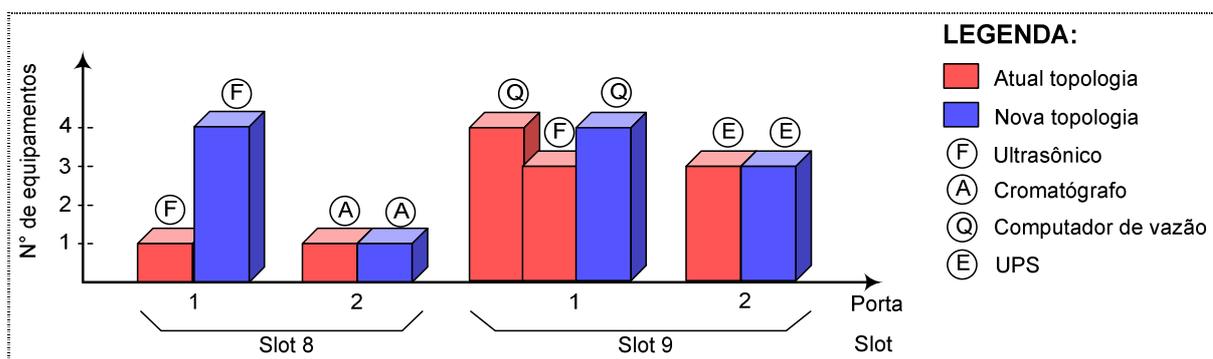
4.2 Análise do Novo Cenário

4.2.1 Segregação dos equipamentos

Além do caso crítico do cromatógrafo citado no subitem anterior, que comprometia a monitoração das variáveis no CNCO e também a operação eficaz do sistema como um todo, praticamente todos os demais equipamentos que estão inteligidos ao CLP via rede *modbus* apresentam algum tipo de falha ou interferência intermitente.

A separação dos equipamentos em diferentes módulos e em diferentes portas de comunicação conforme as características funcionais e o fabricante é uma solução proposta. Como exemplo, um modelo de topologia que poderia ser implementado é agrupar os computadores de vazão em uma porta de comunicação, os equipamentos ultrasônicos em outra e assim sucessivamente para os demais equipamentos. O gráfico 02 mostra a topologia atual da rede *modbus* e uma nova concepção da rede.

Gráfico 01 - Topologia atual e nova topologia da rede



Fonte: Autor da pesquisa

Com a sugestão proposta, acredita-se numa redução significativa de possíveis falhas e interferências de comunicação, devido aos equipamentos com as mesmas características funcionais estarem conectados em uma mesma porta de comunicação e com comandos similares para aquisição e transferência de dados, diminuindo desta forma a probabilidade de travamento da respectiva porta de comunicação ou perdas de pacotes.

A implementação desta proposta não teria maiores implicações em relação à monitoração das variáveis de processo pelo CNCO. A monitoração seria perdida apenas no período da adequação física de cabeamento e posteriores testes para verificação de alguma anormalidade. A alteração da parte lógica do CLP seria feita *offline* e posteriormente descarregado o novo programa no mesmo.

Outras melhorias poderiam ser implementadas na rede para esta situação, a primeira, seria o cabeamento físico com a utilização de cabo par trançado que minimizaria interferências de qualquer natureza e a segunda, a inserção de isolador de redes industriais.

4.2.2 Novas tecnologias

A substituição dos equipamentos ou modelos existentes por equipamentos modernos com características funcionais avançadas, possibilita o ajuste de parâmetros da rede a fim de otimizá-la, eliminando desta forma possíveis interferências e falhas de comunicação com os equipamentos denominados escravos.

A seguir será feita uma abordagem de módulo de comunicação moderno e dinâmico do mesmo fabricante *prosoft*, o modelo MVI46-MCM, e também de um novo modelo de protocolo, o *modbus TCP/IP*.

4.2.2.1 módulo de comunicação dinâmico

O cartão de comunicação *modbus* modelo 3150-MCM ilustrado anteriormente, foi concebido em 1990, através da adaptação de um *chip prosoft* incorporado ao seu *hardware*. Não possui algoritmos de correção e estabilização do sinal, nem portas de comunicação opto-isoladas que reduz ruídos modulados. As suas formas de onda são interpretadas unicamente se estiverem abaixo de um *gap* de +/- 5 Volt, conforme especificação universal do meio físico RS-485.

O cartão de comunicação *modbus* modelo MVI46-MCM foi concebido em 2001, possui *hardware prosoft* baseado no *chip intel* com memória expansível, maior velocidade, maior desempenho, menor aquecimento e maior confiabilidade devido à alta velocidade de processamento que permite a elaboração de rotinas e algoritmos de correção de problemas de comunicação.

Além disso, o módulo possui portas opto-isoladas que garantem a eliminação de ruídos modulados e suporta picos de tensão de até 100 milisegundos, após isso, se a tensão de pico for maior que o dobro do *gap* do sinal, a porta será danificada. O módulo ainda possui ferramentas de diagnósticos, conforme figura 27.

Figura 27 - Tela inicial da ferramenta de diagnósticos

```

MODBUS MASTER/SLAVE COMMUNICATION MODULE
?=Display Menu
A=Data Analyzer
B=Block Transfer Statistics
C=Module Configuration
D=Modbus Database View
Master Command Errors : E=Port 1   F=Port 2
Master Command List   : I=Port 1   J=Port 2
Slave Status List     : O=Port 1   P=Port 2
V=Version Information
W=Warm Boot Module
Y=Transfer Module Cfg to Processor
Communication Status  : 1=Port 1   2=Port 2
Port Configuration    : 6=Port 1   7=Port 2

Esc=Exit Program
  
```

Fonte: Autor da pesquisa

As ferramentas de diagnósticos permitem a análise do protocolo e tráfego, registro de erros, histórico estatístico e configuração de tempos de execução de comandos, tais como, número de tentativas em caso de erro, tempo de espera para retorno de resposta do escravo e tempo de espera para transmissão dos dados.

A substituição dos módulos de comunicação seria uma solução de custo intermediário que consiste na aquisição dos módulos, na configuração da lógica do CLP, que levaria um tempo maior e, adequações nos cabos e conectores, substituindo-os para modelo de três vias com blindagem, separando-os em eletrodutos metálicos que proporcione o isolamento dos mesmos.

Quanto à monitoração das variáveis da estação no CNCO, a indisponibilidade seria um pouco maior em relação a proposta anterior. A figura 28 ilustra os módulos de comunicação 3150-MCM e MVI46-MCM, respectivamente.

Figura 28 - Comparativo dos módulos de comunicação



Fonte: Autor da pesquisa

O módulo MVI46-MCM atende as condições da rede de comunicação atual e também é compatível a plataforma do modelo SLC-500 de CLP. Como comparativo, não há registros de erros de comunicação em outras estações onde este módulo está instalado.

Com base nos dados acima, nota-se uma evolução técnica considerável entre os módulos de comunicação, o que certamente traria benefícios no desempenho da rede, deixando-a com recursos de controle e diagnósticos e também com maior confiabilidade.

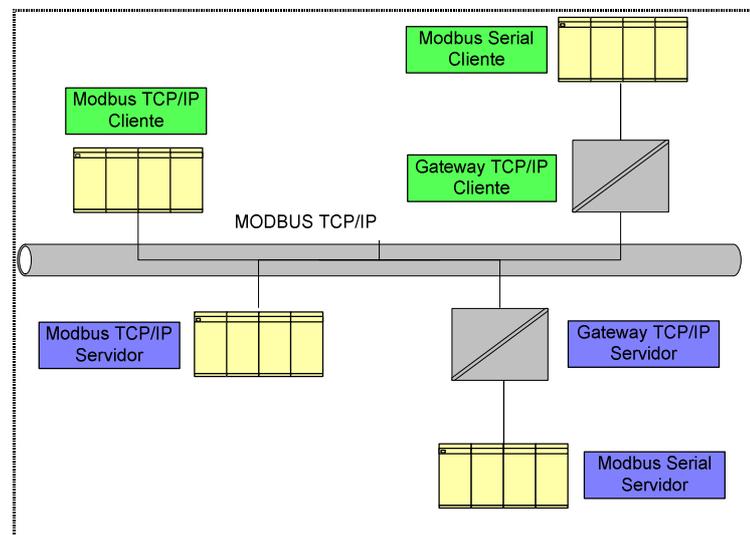
4.2.2.2 novo modelo de protocolo

Foi lançado em 1999 o primeiro protocolo aberto utilizando o *TCP/IP* sobre o meio físico ethernet. Este advento, fez com que o *modbus* ultrapassasse a fronteira da planta industrial ou das salas técnicas em edifícios.

Assim nasce uma nova variante do protocolo *modbus* que pode utilizar a ethernet como meio físico, desenvolvida de forma a aumentar a velocidade e versatilidade da rede. Desta forma, foi concebido o protocolo *modbus TCP/IP* que acrescenta à simplicidade do *modbus* serial, as vantagens do *TCP/IP* sobre ethernet.

Na configuração ethernet, a utilização de equipamentos como roteadores e *gateways* possibilitam no mesmo sistema, a conexão com equipamentos ligados em ethernet e outros ligados em série. Qualquer mestre ligado na rede pode comunicar com outro equipamento ligado em qualquer local do sistema, seja via ethernet ou ligado num barramento serial que por sua vez, estará ligado à ethernet através de um *gateway*. A figura 29 ilustra este processo, relata Modbus (2006, p. 2-32).

Figura 29 - Arquitetura de comunicação do modelo *TCP/IP*



Fonte: Autor da pesquisa

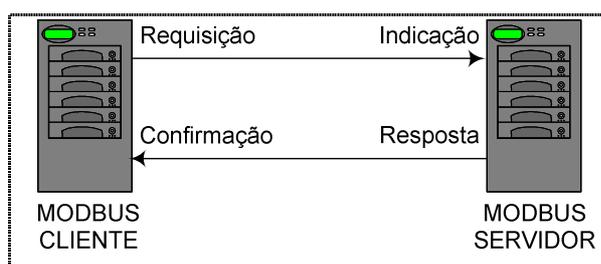
O número de clientes e servidores numa rede ethernet depende das características dos equipamentos e, no caso de dois equipamentos terem características cliente e servidor, pode haver duas comunicações em curso simultaneamente entre ambos. O equipamento terá a porta 502, reservada para comunicação *modbus TCP/IP*, para troca de mensagens no servidor e outra porta qualquer para troca de mensagens com o cliente.

No modelo *modbus TCP/IP* um cliente pode estabelecer outras comunicações sem a primeira ter finalizado. O controle do fluxo de mensagens é gerido pelos protocolos *TCP/IP* e *ethernet* que transportam um quadro por vez, relata Modbus (2006, p. 2-32).

No modelo *modbus* serial, quando um escravo tem informações para disponibilizar a outros, precisa esperar que o mestre o questione e este mesmo disponibilizará os dados para outros escravos. Com a variante *modbus TCP/IP*, esta limitação está ultrapassada uma vez que todo o equipamento pode ter capacidade de requisitar e responder simultaneamente.

Neste novo modelo, o protocolo *modbus* serial, descrito anteriormente, é encapsulado em quadros numa trama *TCP/IP* que utiliza o próprio mecanismo de controle de acesso da rede *ethernet* e as estações, utilizam o modelo cliente-servidor. A figura 30 ilustra a transação entre cliente e servidor.

Figura 30 - Transação cliente servidor



Fonte: Autor da pesquisa

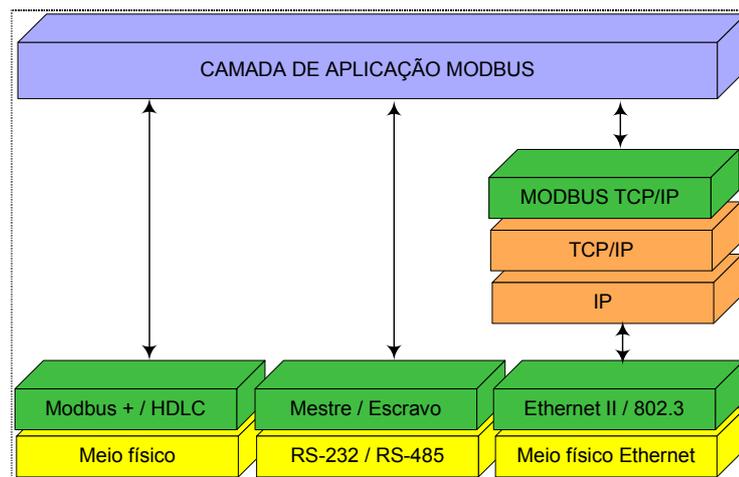
Para iniciar uma transação, a mensagem é transmitida pelo cliente para a rede e em seguida o servidor é avisado sobre a mensagem, então uma mensagem de resposta é enviada pelo servidor e, finaliza com a confirmação da mensagem pelo cliente.

Se o número de conexões estabelecidas for maior do que as autorizadas ou múltiplas conexões ocorrerem para uma mesma estação, torna-se necessário criar critérios para gerenciamento de qual conexão será fechada e o mecanismo de controle de acesso pode ser ativado para verificação do endereço *IP*, que é utilizado para estabelecer as conexões, relata Modbus (2006, p. 2-32).

Durante uma requisição de mensagem iniciada pelo cliente, o servidor constrói uma resposta que pode ser processada de dois modos: resposta positiva e resposta de exceção. No primeiro caso, o código de função respondido é igual ao requisitado e no segundo caso, tem o objetivo de fornecer ao cliente informações relevantes acerca da razão de ocorrência do erro durante o processamento.

No modelo *modbus* serial, não é necessário roteamento e os dados são diretamente aplicados aos controladores do meio físico, entretanto, quando é necessário que os dados trafeguem em redes cuja topologia demande roteamento, é necessário encapsular estes dados e pacotes, a fim de que cheguem ao destino correto dentro desta nova topologia. A figura 31 ilustra as camadas do tráfego de dados no formato *modbus* serial e *TCP/IP*.

Figura 31 - Pilha de comunicação *modbus*



Fonte: Autor da pesquisa

A oferta de acessórios e recursos do meio físico ethernet é ampla e está em franco desenvolvimento. Há facilidade de expansão da rede através de equipamentos, seja via cabo ou mesmo via rádio frequência, além da possibilidade de implementação de políticas de segurança. Todas as vantagens são úteis para o protocolo *modbus*, sem a necessidade de desenvolver equipamentos próprios para a construção e manutenção da rede.

Desta forma, para uma diversidade de serviços adicionais, basta uma conexão a uma rede ethernet. Dentre estes serviços podemos citar:

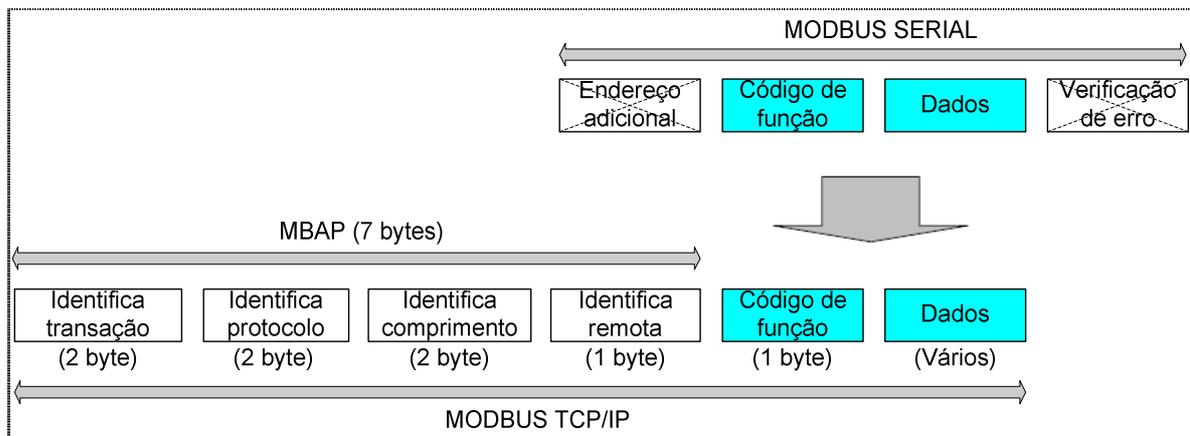
- Serviço de email: informações de eventos, falhas de comunicação, alarmes, variáveis incoerentes, dentre outros, podem ser enviados para uma lista de email's periodicamente. Desta forma, muitos problemas podem ser resolvidos remotamente, se a respectiva rede tiver conexão com a internet então e, a necessidade de qualquer intervenção técnica será rápida.
- Utilização de uma base de dados e equipamentos adicionais com maior capacidade de armazenamento, a fim de que os históricos citados anteriormente não fiquem limitados à capacidade de um equipamento local.

- Implementação de vários pontos de monitorização através de computadores com sistema supervísório (*SCADA*), já descrito anteriormente.

No contexto do protocolo *modbus TCP*, deve haver capacidade de trafegar dados em redes cuja estrutura é mais complexa onde àquelas informações contidas no pacote *modbus* serial, descrito anteriormente, serão adicionadas outras informações que possibilitem o chaveamento, o roteamento e a transparência de dados entre os sistemas.

A construção da mensagem do protocolo *modbus* em determinado meio físico é realizada com a introdução de campos adicionais a unidade de dados. O cliente que inicia a comunicação constrói a unidade de dados e adiciona os campos necessários à transmissão da mensagem no meio em questão. No contexto *modbus TCP/IP*, este campo tem o nome de *Modbus Application Protocol Header (MBAP)*. relata Modbus (2006, p. 2-32). A figura 32 faz um comparativo dos modelos.

Figura 32 - Comparativo dos modelos serial e *TCP/IP*



Fonte: Autor da pesquisa

Neste caso, verifica-se que no protocolo *TCP/IP*, a detecção de erros fica a cargo dos protocolos *TCP/IP* e ethernet e não existe o denominado CRC do modelo *modbus* serial. A estrutura básica da mensagem original não se modifica sendo que as diferenças estão na interpretação do endereço e verificação de erros.

O *MBAP* está agora extraficado do chamado preâmbulo, citado anteriormente e, contém informações diferentes quando comparadas com o *modbus* serial, conforme descrito abaixo:

- A identificação da transação é criada pelo cliente quando envia uma requisição e o servidor utiliza a mesma identificação para responder.

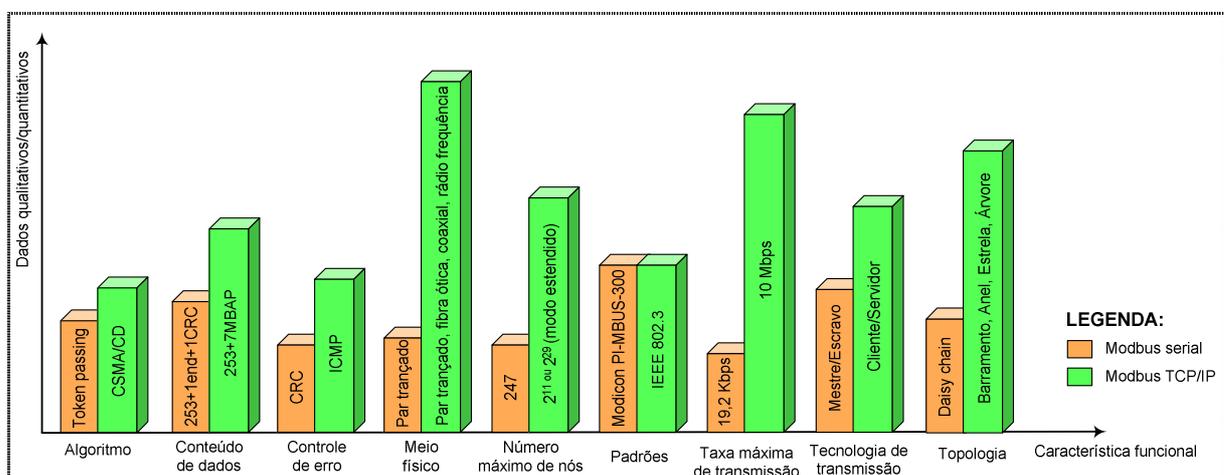
- A identificação do protocolo é utilizada para sistemas mais complexos, no caso do *modbus*, utiliza-se o zero.
- A identificação do comprimento é uma quantidade de *bytes* que complementa os anteriores e inclui identificação, função e dados e, permitem que o receptor reconheça os limites das mensagens mesmo que tenham sido divididas em múltiplos pacotes de transmissão.
- A identificação da remota identifica o cliente ao qual se destina a mensagem caso esteja conectado à rede.

Os dados são identificados pelo seu conteúdo e não existe o conceito de mestre/escravo e sim o cliente-servidor. Qualquer nó pode iniciar o processo de transmissão, isto é, pode haver mais de uma requisição em simultâneo. Todas as requisições e respostas são construídas de tal forma que o receptor consiga verificar que a mensagem foi concluída, relata Modbus (2006, p. 2-32).

O código de função tem comprimento fixo e, havendo a necessidade de enviar dados adicionais na requisição ou resposta, um *byte* de contagem é adicionado aos dados.

A característica fundamental do *TCP/IP* é a orientação a conexão, isto é, um pedido de conexão para o destino é quase uma ordem para transferência de dados. O *TCP* permite também a recuperação de pacotes perdidos, a eliminação de pacotes duplicados, a recuperação de dados corrompidos e a recuperação de uma ligação em caso de problemas na rede. Quanto à comunicação, é simultânea em ambas as direções (cliente-servidor) durante toda a sessão. O gráfico 02, de modo ilustrativo, apresenta as principais características funcionais de ambos os protocolos.

Gráfico 02 - Características funcionais dos modelos serial e *TCP/IP*



Fonte: Autor da pesquisa

As principais vantagens para utilização do modelo *TCP/IP* na camada física ethernet é a facilidade de configuração para adicionar uma nova estação na rede, o protocolo não é fechado em *hardware*, isto é, qualquer computador ou sistema microprocessado pode utilizar a rede *modbus*, pode ser acessada via *web*, tem alta performance, altas taxas de transmissão, limitado apenas pela capacidade do computador em manipular as informações da rede.

Como desvantagem, o acesso remoto via estrutura de rede corporativa e mesmo a internet, pode ser um risco, sendo necessárias políticas de segurança para salvaguardar o acesso não autorizado. Outras questões são as intermináveis confirmações para iniciar uma sessão e verificar a integridade dos pacotes enviados, a impossibilidade de priorização de mensagens e o excesso de tráfego.

A solução *modbus* serial atualmente implantada na estação de distribuição de gás natural de Atalaia, mostra pontos de vulnerabilidade na rede de comunicação e não atende a alguns requisitos. Ruídos, induções e flutuação são frequentes na comunicação e, só podem ser tratados com a utilização de equipamentos extra-vinculados à rede, como por exemplo, filtros, isoladores ou conversores.

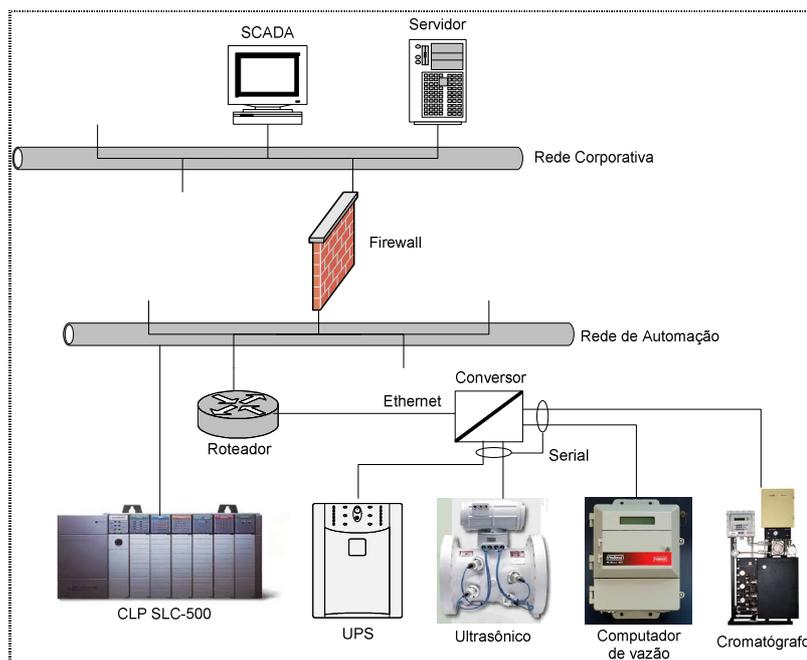
A solução *modbus TCP/IP*, suportada em suas propriedades e funções descritas anteriormente, mostra ser uma excelente alternativa para melhorar o desempenho da rede de comunicação de Atalaia e conseqüentemente da monitoração das variáveis de processo no CNCO. Altas taxas de transmissão podem ser facilmente configuradas e tratadas por uma estação e com isso, as redes podem ser facilmente projetadas para garantir tempos de atualização muito baixos.

A solução *modbus TCP/IP* mudaria drasticamente a performance da rede e a monitoração teria mais confiabilidade, entretanto, o custo seria relativamente alto devido à aquisição de novos equipamentos e mudança de configuração local e remota, além da alteração do padrão já estabelecido há muito tempo.

Outrosim, a rede atualmente existente pode ser adequada para este novo modelo de aplicação, ou seja, o amplo número de equipamentos interligados através do protocolo *modbus* serial pode ser incorporado no novo modelo.

Neste caso, seria necessária a interligação do conversor serial para ethernet, já existente, a um roteador e desta forma, disponibilizar os dados das variáveis de processo no *SCADA* do CNCO, além de outras adequações necessárias para compatibilizar os dados ao sistema supervisorio. A figura 33 é um modelo ilustrativo do exposto.

Figura 33 - Proposta alternativa de monitoração



Fonte: Autor da pesquisa

4.3 Acatamento das Sugestões

Num modo geral, as empresas que atuam na área de automação, defendem que não se pode fazer uma revolução e trocar todos os padrões de uma só vez. O que se deve fazer é procurar uma evolução gradativa do que é usado de fato em direção a padrões mais abrangentes e de melhor desempenho.

Automatizar processos, concentrar e controlar suas informações em tempo real são fundamentais para empresas que prezam por segurança, praticidade e confiabilidade. Evita-se desperdícios de tempo, mão-de-obra, matéria-prima e, a margem de erro dos dados e informações que chegam a um centro de controle, é muito pequena.

Não existe uma solução única que atenda a todas as necessidades de um processo de comunicação de dados em aplicações industriais, onde são transmitidos muitos códigos de comando, leitura e escrita. Nos dias de hoje, uma das certezas com a tecnologia disponível é a existência de ruídos ou falhas na comunicação de dados, que pode ocasionar eventualmente uma sequência de erros de transmissão do sinal.

Os erros são inevitáveis em qualquer sistema de comunicação real e sua distribuição não é homogênea. O alerta que se deve ter em se tratando de

ambientes industriais é levar em consideração o meio físico de transmissão de dados para incluir maior ou menor redundância na transmissão, a fim de garantir que a informação recebida seja confiável.

Torna-se fundamental que o cabeamento seja isolado de condutores elétricos e de máquinas elétricas além de ruídos extremos. Outra questão associada, é o fato de que o formato dos dados não é padronizado, ou seja, muitas vezes os dados são lidos e deverão ser convertidos antes de se obter a leitura correta.

No que tange as sugestões propostas, ou seja, a segregação dos equipamentos, a instalação de novos módulos de comunicação e, a aplicação de novo modelo de protocolo, constata-se de uma forma geral que todas são viáveis do ponto de vista técnico e financeiro. A sugestão de substituição do controlador atual não foi explorada neste relatório por se tratar de mudança radical no sistema e o investimento de altíssimos custos.

Diante do exposto, a empresa Petrobrás Transportes através do setor de empreendimentos está avaliando-as em todas as suas dimensões, entretanto, por se tratar de empresa estatal onde há muitas hierarquias que devem ser respeitadas, o aspecto financeiro necessita de aprovação prévia da diretoria e, no caso da terceira sugestão para alteração do modelo de protocolo, há de se considerar a quebra de um paradigma já estabelecido há muitos anos. Desta forma, cumpre aguardar um tempo maior para que as sugestões sejam avaliadas.

5 CONCLUSÕES

O objetivo geral deste estudo foi avaliar a rede industrial de comunicação que utiliza padrão serial RS-485 e protocolo de comunicação *modbus* da estação de distribuição de gás natural de Atalaia da empresa Transpetro.

Neste estudo, a avaliação da rede demonstrou que o protocolo *modbus* serial pode ser uma poderosa ferramenta de comunicação de dados, podendo ser um mecanismo de controle eficaz para monitoração de variáveis de processo em tempo real. Há simplicidade na sua implementação, entretanto, a rede possui sua vulnerabilidade se não for implementada e configurada de forma correta.

Este estudo contempla uma coletânea de informações técnicas elaboradas com objetivos principais e secundários, incluindo a ampliação e multiplicação do conhecimento adquirido. O assunto está longe de esgotar-se e, que o estudo dessa área não pare por aqui. O aperfeiçoamento contínuo é fundamental para que possamos acompanhar o acelerado desenvolvimento tecnológico.

A partir do contexto deste relatório, pode-se constatar que o principal objetivo foi alcançado, isto é, a avaliação da rede permitiu a absorção de um consistente aprendizado sobre sua funcionalidade e de todos os equipamentos interligados e também aborda alternativas e soluções para melhorar o desempenho e confiabilidade da monitoração remota.

Esta pesquisa foi conduzida de forma espontânea e inspirada pela identificação e afinidade do autor com a área estudada. A ampliação da visão da área de conhecimento e o aprimoramento dos caminhos que a rodeiam, conduz a resultados teóricos e práticos valorosos. A visão circunstancial, as impressões iniciais de dificuldade e tribulações são diluídas com o avanço da pesquisa e substituídas gradualmente por novas possibilidades e no final, a materialização e satisfação de cumprimento da jornada.

REFERÊNCIAS

ABRAMAN. Associação brasileira de manutenção. **Instrumentação básica**. Curitiba: T4M. 2008. (Apostila)

ALBUQUERQUE, Pedro U. B.; ALEXANDRIA, Auzuir R. **Redes industriais: aplicações em sistemas digitais de controle distribuído**. 2. ed. São Paulo: Ensino profissional. 2009.

BEGA, Alberto E. (Org). **Instrumentação industrial**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência. 2006.

MODBUS-IDA. **MODBUS Application Protocol Specification V1.1b**. 2006. 51 p. Disponível em: <http://www.modbus.org/docs/Modbus_Application_Protocol_V1_1b.pdf>. Acesso em: 10 out. 2013.

_____. **MODBUS Over Serial Line Specification and Implementation Guide**.

V1.02. 2006. 44 p. Disponível em:

<http://www.modbus.org/docs/Modbus_over_serial_line_V1_02.pdf>. Acesso em: 11 out. 2013.

_____. **MODBUS. Messaging on TCP/IP Implementation Guide**. V1.0b. 2006. 46 p. Disponível em:

<www.modbus.org/docs/Modbus_Messaging_Implementation_Guide_V1_0a.pdf>. Acesso em: 09 out. 2013.

MARCONI, Maria de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica**. 6. ed. São Paulo: Atlas. 2009.

MORAES, Cícero C.; CASTRUCI, Plínio L. **Engenharia de automação industrial**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC. 2007.

ROCKWELL, Automation. **Rede ethernet: Configuração e manutenção**. São Paulo: 2009. (Manual).

SAMPIERI, Roberto H.; COLLADO, Carlos F.; LUCIO, Pilar B. **Metodologia de pesquisa**. 3. ed. São Paulo: McGraw-Hill. 2006.

SILVEIRA, Paulo R.; SANTOS, Winderson E. **Automação e controle discreto**. 8. ed. São Paulo: Érica. 2007.

TRANSPETRO. **Curso de formação em técnicos de automação e instrumentação**. Rio de Janeiro: Universidade Petrobrás. 2010. (Apostila).

_____. **Portal da automação da Transpetro**. Disponível em:

<<http://autotranspetro.petrobras.biz>>. Acesso em: 13 out. 2013.

UBIRAJARA, Eduardo. **Guia de orientação para trabalhos de conclusão de curso: relatórios, artigos e monografias**. Aracaju: FANESE, 2013. (caderno).

VERGARA, Sylvia Constant. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração.** 9. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

GLOSSÁRIO

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ARP	Address Resolution Protocol
ASCII	American Standard Code for Information Interchange
Bps	Bits por segundo
CLP	Controlador Lógico Programável
CNCO	Centro Nacional de Controle Operacional
CRC	Cycling Redundancy Check
CSMA/CA	Carrier Sense Multiple Access Collision Avoidance
CSMA/CD	Carrier Sense Multiple Access Collision Detection
DDE	Dinamic Data Exchange
DNS	Domain Name System
DTE	Data Terminal Equipment
DTR	Data Terminal Ready
DST	Data Set Ready
EDG	Estação de Distribuição de Gás
EIA	Electronic Industries Alliance
EMED	Estação de Medição de Gás Natural
ERP	Enterprise Resource Planning
FMS	Fieldbus Message Specification
GAI	Gasoduto Atalaia Itaporanga
GAL	Gasoduto Atalaia Laranjeiras
GASEB	Gasoduto Sergipe Bahia
HDLC	High level Data Link Control
HMI	Human Machine Interface
HSE	High Speed Equipment
I/O	Input/Output
ICMP	Internet Control Message Protocol
IEC	International Electrotechnical Commission
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IEM	Interferência eletromagnética
IHM	Interface Homem-Máquina
IP	Internet Protocol

IS	Integrated System
ISA	Instrumentation Society of America
ISO	International Standard Organization
MAC	Medium Access Control
MB	Modbus Protocol
MBAP	Modbus Application Protocol
MCM	Módulo de comunicação modbus
MVI	Multi Vendor Interface
NBR	Norma Brasileira
OASYS	Open Architecture System
OLE	Object Link Embedding
OPC	OLE for Process Control
OSI	Open System Interconnection
PDU	Protocol Data Unit
PID	Proportional Integrate Derivated
RAM	Random Access Memory
RARP	Reverse Address Resolution Protocol
RJ	Registered Jack
RS	Recommended Standard
RTS	Request to Send
RTU	Remote Terminal Unit
Rxd	Request data
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition
SDCD	Sistema Digital de Controle Distribuído
SIGE	Sistema Integrado de Gestão Empresarial
SLC	Single-Loop Controllers
SPC	Statistical Process Control
TCP	Transmission Control Protocol
TIA	Telecommunication Industry Association
Txd	Transmitted data
UIP	Unidade de Interface com o Processo
UPS	Uninterrupted Power System
USB	Universal Serial Bus
VSAT	Very Small Aperture Terminal