

ESTUDO DE CASO EM UM SISTEMA DE MEDIÇÃO APLICADO A UMA ESTAÇÃO GÁS NATURAL

OLIVEIRA JUNIOR, Wilson Willian de¹
Centro Universitário Academia - UniAcademia
ABRITTA, Camila do Carmo Almeida²
Centro Universitário Academia – UniAcademia
SILVA JÚNIOR, Dalmo Cardoso da³
Centro Universitário Academia – UniAcademia

Linha de pesquisa: Sistemas de Energia Elétrica

RESUMO

O Gás Natural (GN) vem se destacando como uma alternativa na matriz energética brasileira, principalmente por suas diversas aplicações em vários setores. Segundo projeções da Empresa de Pesquisa Energética - EPE (2020) para os próximos anos, a produção de GN no Brasil terá um salto de 60 milhões de m³/dia para 147 milhões de m³/dia entre os anos de 2020 e 2030. Devido a esse aumento de produção, é necessário um sistema de medição confiável para monitorar as estações de fornecimento de GN instalados nos clientes. O presente trabalho se divide em: definição e conceitos do Gás Natural, englobando sua cadeia produtiva da exploração até o fornecimento; a contextualização desse recurso energético em escala global, com foco no cenário nacional; a Montagem/ Instalação/Monitoramento de um sistema de medição em condições reais de funcionamento em um posto de combustíveis que abastece Gás Natural Veicular (GNV) e uma análise do perfil de consumo do cliente no período de dois meses após a implementação desse sistema.

Palavras-chave: Instrumentação. Medição. Sistemas Energéticos.

¹ Graduando em Engenharia Elétrica pelo Centro Universitário Academia – UniAcademia.

² Professora Mestra do curso de Engenharia Elétrica do Centro Universitário Academia – UniAcademia.

³ Professor Mestre do curso de Engenharia Elétrica do Centro Universitário Academia – UniAcademia.

1 INTRODUÇÃO

Historicamente, a maior parte do consumo energético global é proveniente de derivados do petróleo, ou seja, combustíveis fósseis (ISTO É DINHEIRO, 2021). Um derivado em especial, objeto de estudo deste trabalho, tem chamado a atenção e ganhando diversas aplicações nas últimas décadas por ser menos poluente e mais barato.

O gás natural, de acordo com a Lei n. 9.478, de 6 de agosto de 1997 – conhecida como Lei do Petróleo, tem como definição: “todo hidrocarboneto que permaneça em estado gasoso nas condições atmosféricas normais, extraído diretamente a partir de reservatórios petrolíferos ou gaseíferos, incluindo gases úmidos, secos, residuais e gases raros” (BRASIL, 1997, p. 16926).

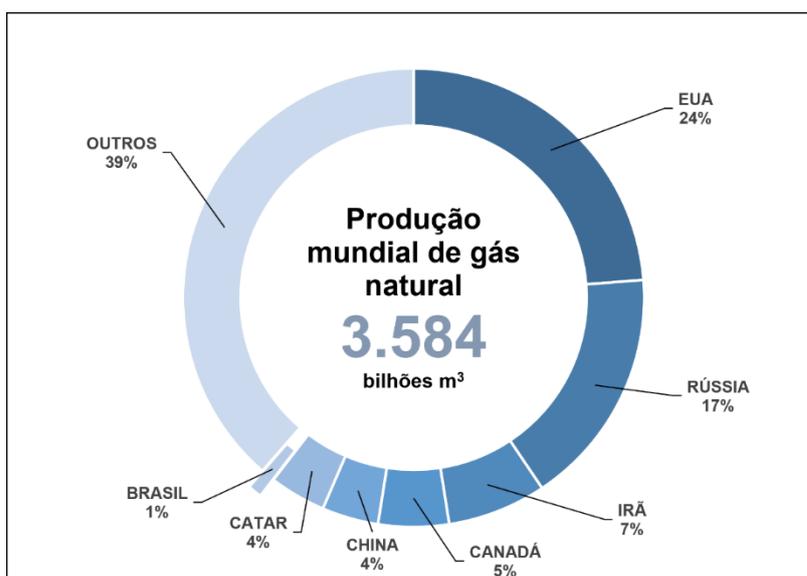
Com os estudos desenvolvidos e aplicados, a partir do início do século XX, a tecnologia de transporte do gás desde os pontos de extração permitiu que essa fonte energética fosse aplicada para complementar outras fontes geradoras, visto que a demanda crescente de consumo tem atingido novos níveis a cada ano. Sistemas de automação e instrumentação aplicados a esse sistema permitem que o transporte seja monitorado e seguro (MONTEIRO; SILVA, 2010).

Atualmente, o Brasil possui uma demanda considerável de gás natural, visto que, após a construção do GASBOL – Gasoduto Brasil-Bolívia e a descoberta do Pré-Sal, o governo vem implementando novos meios para sua utilização. Além disso, o governo incentiva o acesso do consumidor ao Gás Natural por meio de consumo não-termelétrico ou consumo termelétrico. O consumo não-termelétrico é aquele em que o gás é entregue dentro das residências e/ou dos estabelecimentos comerciais ou, ainda, é utilizado como combustível veicular. O consumo termelétrico é obtido a partir da geração de energia elétrica em usinas termoelétricas ou a partir de geradores a gás natural (BARROSO; KELMAN; GASPAR, 2020).

Com base nos dados do Balanço Energético Nacional de 2021 (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2021), a produção média diária foi de 127,8 milhões de m³/dia e o volume de gás natural importado atingiu 26,3 milhões de m³/dia, o que coloca o gás natural com participação de 11,8% na matriz energética nacional, mesmo durante a Pandemia de Covid-19.

No cenário mundial, os Estados Unidos e a Rússia são os maiores produtores de gás natural, como podemos ver no Gráfico 1. Além de consumirem o que é produzido eles também exportam em grande escala para outros países. Como a economia da maioria dos países depende do mercado de petróleo e gás, em vários níveis e diversas finalidades, esses países interferem diretamente no mercado, tornando-os poderosos influenciadores.

Gráfico 1 – Produção mundial de gás natural em 2020.



Fonte: Adaptado de Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás (2021).

Vale destacar que, durante a elaboração deste trabalho, estava em curso o conflito entre a Rússia e a Ucrânia. Analisando apenas o contexto energético, a Rússia fornece cerca de 33% do total de gás natural utilizado pela Europa e participa com mais de $\frac{1}{4}$ das importações de petróleo bruto do continente (THE NEWS, 2022). Portanto, o controle da Rússia sobre os países europeus, no fornecimento de gás natural, é extremamente relevante, o que torna o conflito bastante preocupante visto a dependência desse recurso energético.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo do presente trabalho é apresentar o estudo de caso de monitoramento de gás natural dentro de uma central de medição presente em um posto de combustíveis, onde foi realizada a instalação do novo sistema de medição.

Serão identificados os principais equipamentos utilizados nesse projeto, que são responsáveis pela aquisição e transmissão dos dados de medição das variáveis do processo (volume mecânico, pressão e temperatura). E a partir dos dados coletados, será apresentado o perfil de consumo da estação e a quantidade de energia gerada no sistema em estudo.

2 REFERENCIAL TEORICO

O Gás Natural é uma mistura gasosa de diversos hidrocarbonetos leves em condições atmosféricas de temperatura e pressão. É um combustível fóssil que pode ou não estar associado ao petróleo. A origem dos hidrocarbonetos se dá a partir dos átomos de carbono e hidrogênio presentes no subsolo em reservatórios naturais, pela degradação anaeróbica de matéria orgânica. Sua composição química é altamente combustível e sua queima, diferentemente de outros combustíveis fósseis, possui uma combustão limpa e com reduzida emissão de partículas contaminantes no ar. Isso torna o gás natural atrativo e competitivo para ser utilizado como fonte energética alternativa. (MONTEIRO; SILVA, 2010; TEIXEIRA, 2015).

2.1 COMPOSIÇÃO E PROPRIEDADES

A mistura de hidrocarbonetos que integram o gás natural possui como principal componente o metano (CH_4) que representa mais de 85% do volume do gás, em média, de acordo com o ponto de extração. Quanto mais rico em metano, melhor a queima do gás e, por consequência, mais energia pode ser gerada. Também fazem parte da sua composição o etano (C_2H_6), propano (C_3H_8), butano (C_4H_{10}), e pequenas quantidades de dióxido de carbono (CO_2) e nitrogênio (N_2). O percentual de composição referente a cada um dos elementos, baseado em análises cromatográficas⁴, apresentado na Tabela 1 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014).

⁴ Cromatografia é um termo genérico, aplicado a um processo de separação físicoquímico, o qual é baseado principalmente nos fenômenos de adsorção e partição. Este termo foi escolhido porque as primeiras separações foram realizadas com substâncias coloridas. Entretanto, o processo cromatográfico não é restrito a essa classe de substâncias, constituindo-se na atualidade no método mais eficiente de separação, com aplicações na Química Analítica Qualitativa e Quantitativa, para compostos orgânicos e inorgânicos, independentemente de seu estado físico (SCHULER, 2009).

Tabela 1 – Elementos da composição típica do gás natural.

Elemento	Percentual (%)
Metano	88,5
Etano	6,2
Propano	2,2
Butano	0,8
Dióxido de carbono	1,8
Nitrogênio	0,5

Fonte: Adaptado de Gasmig ([2018])⁵.

Dentro das características do gás natural, pode-se destacar que sua composição é mais leve que o ar, ou seja, uma vez que ele esteja exposto ao ambiente, em vazamentos acidentais, ele dispersa com facilidade, dissipando em direção a atmosfera, o que reduz os riscos de acidentes graves. É, portanto, diferente do Gás Liquefeito de Petróleo (GLP), que é um gás mais denso e que apresenta dificuldade de dispersão. Além disso, o gás natural também possui baixo ponto de vaporização, altos limites de inflamabilidade e difícil explosividade (MONTEIRO; SILVA, 2010).

A NBR 15213 (Gás Natural e outros combustíveis gasosos – Cálculo do poder calorífico, densidade absoluta, densidade relativa e índice de Wobbe a partir da composição. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008) destaca o poder calorífico superior (PCS) e o poder calorífico inferior (PCI), também como propriedades importantes na qualidade de geração de energia do gás. Em ambos, a quantidade de energia é liberada na forma de calor, na combustão completa de uma quantidade definida de gás com ar, à pressão constante e com todos os produtos de combustão retornando à temperatura e pressão dos reagentes. A diferença é que no PCS toda a água formada pela reação encontra-se na forma líquida, já no PCI toda água formada encontra-se na forma gasosa. O PCS a 20°C pode variar entre 9.000 kcal/m³ a 10.200 kcal/m³, já o PCI a 20°C pode variar entre 8.364 kcal/m³ a 9.160 kcal/m³. Com base na referida norma, tem-se a densidade absoluta – quantidade de massa por unidade de volume do gás a uma dada pressão e temperatura – e a densidade relativa (ρ_r) que é a relação entre a densidade absoluta de um gás e a

⁵ Disponível em: <http://www.gasmig.com.br/GasNatural/Paginas/Composicao.aspx>.

densidade absoluta do ar seco com composição padronizada, nas mesmas condições de temperatura e pressão (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008).

A partir desses conceitos pode-se definir o índice de Wobbe, que é muito utilizado em cálculos envolvendo combustíveis gasosos durante estudos de intercambialidade de gases combustíveis. Esse índice, como visto na expressão (1), pode ser obtido pelo quociente entre o poder calorífico (superior ou inferior) e a raiz quadrada da densidade relativa, sob as mesmas condições de temperatura e pressão (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008):

$$W = \frac{PC}{\sqrt{d_r}} \quad (1)$$

Como característica comum dos gases, com exceção do oxigênio, o gás natural também é asfixiante e pode sufocar caso ocorra a exposição em longos períodos. Em condições naturais (em sua extração) e em transporte o gás natural é incolor e inodoro, o que significa que não é perceptível em condições normais. A Agência Nacional de Petróleo (ANP) definiu a partir da Resolução nº 16, de 17 de junho de 2008 (BRASIL, 2008):

Art.10: A odoração do gás natural deverá ser realizada no transporte de acordo com as exigências previstas durante o processo de licenciamento ambiental.

Art. 11: O gás natural deverá ser odorado na distribuição, atendendo às exigências específicas de cada agência reguladora estadual.

Parágrafo único. A dispensa de odoração do gás natural em dutos de distribuição cujo destino não recomende a utilização de odorante e passe somente por área não urbanizada deve ser solicitada ao órgão estadual competente para sua análise e autorização. (BRASIL, 2008, p. 70).

Portanto, o gás natural é odorizado de forma artificial nas ERGNs (Figura 1), a partir da injeção de mercaptano, cheiro característico do GLP, o que facilita a detecção de vazamentos e aumenta a segurança nas redes de distribuição.

Figura 1 – Foto do sistema de odoração da estação de recebimento de gás natural Chapéu D’uvas.

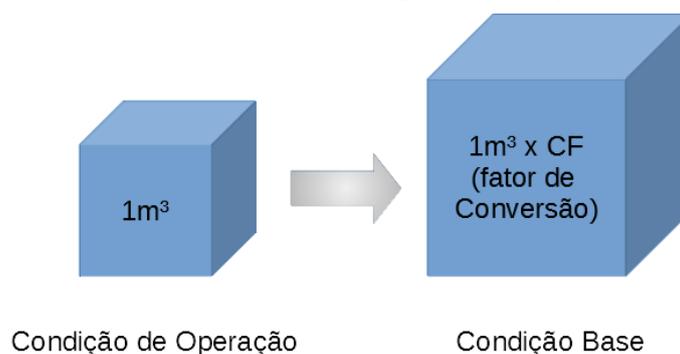


Fonte: Elaborada pelo autor (2022). Arquivo pessoal.

2.1.1 Conversão de volume do gás natural

Para poder ser regulamentado e comercializado, o gás natural é quantificado em uma unidade de volume em sua condição base de compressibilidade, temperatura, pressão e a condição de referência do poder calorífico. Com isso, é estabelecida uma referência de valor energético para o metro cúbico do gás em sua condição base. Contudo, o medidor de gás não possui meios de calcular o volume em condição base, mas em condição de operação. Pelo fato de o gás natural ser um fluido compressível, é necessário que seja utilizado em dispositivos que realizem a conversão do volume da condição de operação para a condição base (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2021), como pode ser visto na Figura 2, a seguir.

Figura 2 – Conversão do volume da condição de operação para a condição base.



Fonte: Elaborada pelo autor (2022). Adaptada de Associação Brasileira de Normas Técnicas (2021).

Tem-se, então, que a relação do volume do gás totalizado pelo medidor nas condições de operação e do volume de gás na condição base pode ser obtido por meio da expressão (2):

$$V_{base} = V_{op} * CF \quad (2)$$

Sendo que:

V_{base} = volume nas condições base convertido a partir das condições de operação;

V_{op} = volume nas condições de operação;

CF = fator de conversão.

O fator de conversão pode ser um valor fixo calculado, como pode ser conseguido, também, a partir da aquisição das variáveis de processo obtidas por uma unidade conversora de volume (ou computador de vazão). Nos dois casos, é feita a aplicação das leis de Boyle e Gay-Lussac, além das metodologias para determinação do fator de compressibilidade que pode ser expresso a partir da expressão (3) (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008):

$$CF = \frac{V_{base}}{V_{op}} = \frac{P}{P_b} * \frac{T_b}{T} * \frac{Z_b}{Z} \quad (3)$$

onde:

P_b = pressão absoluta na condição base;

P = pressão absoluta nas condições de operação;

T_b = temperatura absoluta na condição base;

T = temperatura absoluta nas condições de operação;

Z_b = fator de compressibilidade na condição base;

Z = fator de compressibilidade nas condições de operação.

Para calcular a energia do sistema, pode-se realizar um cálculo simples que utiliza o volume na condição base e o poder calorífico superior do sistema, a partir da expressão (4):

$$E = V_{base} * PCS \quad (4)$$

Sendo que:

E = Energia total;

V_{base} = volume na condição base;

PCS = poder calorífico (superior).

2.2 APLICAÇÕES

Devido às propriedades caloríficas e na viabilidade de conversão em outras formas de energia, o gás natural possui diversas aplicações que podem ser divididas em quatro principais segmentos: geração de energia, segmento industrial e comercial, segmento residencial e aplicação veicular. Essas funcionalidades podem ser realizadas de forma integral ou a partir da cogeração, isto é, da utilização de mais de uma fonte de energia somada ao gás natural (MONTEIRO; SILVA, 2010).

2.2.1 Geração de energia

A utilização de gás natural para geração de energia tem como principal propósito a aplicação em usinas termelétricas. Com a crescente demanda de consumo de energia elétrica, a implementação de termelétricas é algo viável, pelo fato de as usinas ficarem mais próximas do consumidor final. Muitos países adotaram a utilização do gás natural como fonte geradora, em substituição ao diesel, aos óleos combustíveis e ao carvão, por questões ambientais. Além das usinas, é possível utilizar o gás natural em geradores elétricos nas estações ou locais em que ele se apresente como fonte de energia, como em estações de compressão de gás (MONTEIRO; SILVA, 2010).

2.2.2 Segmento industrial e comercial

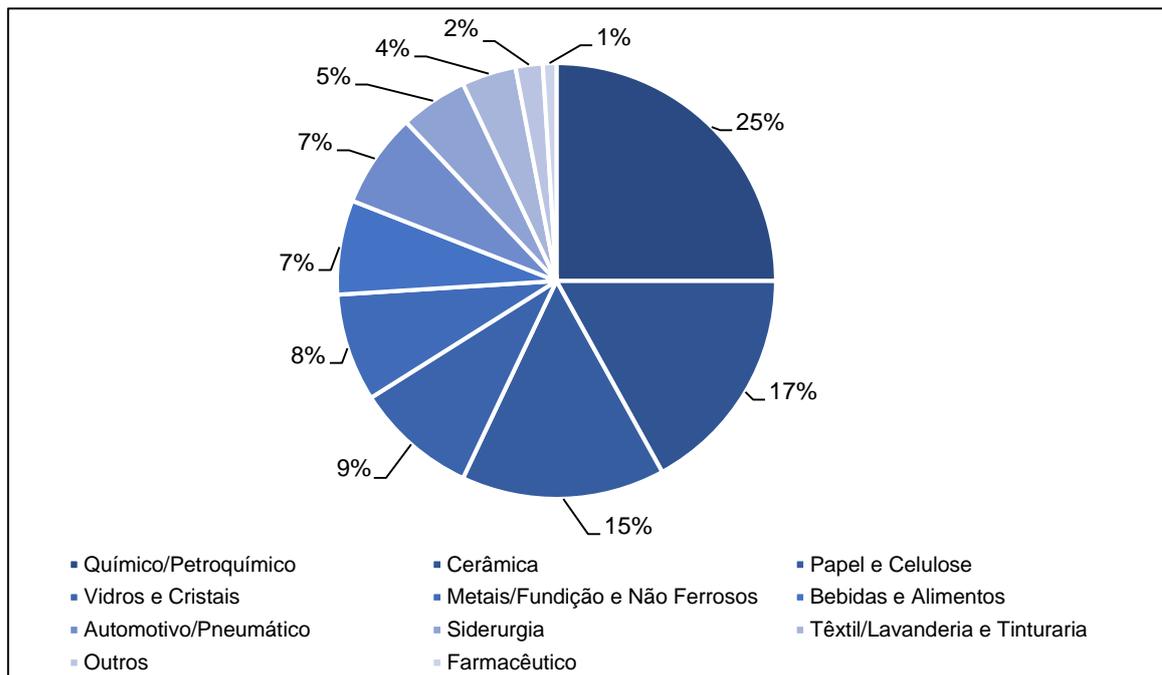
É nesse segmento que se pode encontrar a maior variedade de utilização do gás natural. Dentro das possibilidades de utilização na indústria, o perfil de consumo e utilização do cliente deve ser analisado de antemão, pois cada um possui um equipamento específico para seus processos de produção. Em sua grande maioria, são processos que envolvem sistemas de aquecimento, sistemas de refrigeração, geração de vapor, fornos e estufas, incineradores, processos de secagem e, ainda, pode ser utilizado como matéria prima, dependendo da aplicação (MONTEIRO; SILVA, 2010).

Já no comércio, o panorama é semelhante, mas com sua presença mais próxima do cliente final. É possível encontrar a utilização do gás natural para aquecimento de água, fornos e equipamentos de uso em cozinhas voltadas para o

comércio, sistemas de climatização e secadores em clientes como *shopping centers*, escolas, hotéis, restaurantes, lavanderias e hospitais (GASBRASILIANO, 2014).

A aplicação do gás natural em segmentos da indústria e do grande comércio, de acordo com a Comgás (MONTEIRO; SILVA, 2010), pode ser verificada no Gráfico 2.

Gráfico 2 – Distribuição percentual do gás natural aplicado aos segmentos da indústria e grande comércio.



Fonte: Elaborado pelo autor. Adaptado de Monteiro e Silva (2010).

2.2.3 Segmento residencial

O segmento residencial é o mais próximo do cliente final. A utilização do gás natural em residências tem se tornado frequente em condomínios e conjuntos habitacionais. Sua utilização, além de trazer conforto, é mais segura do que a utilização de cilindros de gás liquefeito pressurizado (GLP). É muito comum ver os clientes residenciais utilizando o gás natural em fogões (que devem ser convertidos para a utilização de GN), em aquecedores de água e em sistemas de climatização (GASBRASILIANO, 2014).

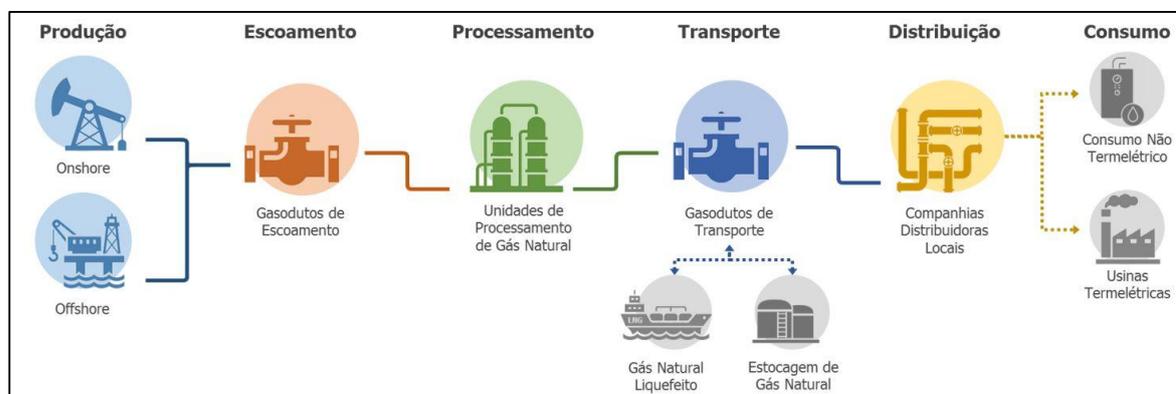
2.2.4 Aplicação veicular

Originário da Itália, nos anos 30, o gás natural veicular (GNV) ficou conhecido a partir dos anos 90, no Brasil, como alternativa aos outros combustíveis veiculares. Sua utilização é feita a partir da instalação de um cilindro para armazenamento do gás e um kit de conversão para que o motor realize sua queima. O investimento para utilização do GNV tem se tornado um diferencial, já que os outros combustíveis veiculares têm sofrido constantes variações de preço ao longo dos anos, atraindo novos consumidores (PACHECO; CASTRO, 2004).

2.3 CADEIA PRODUTIVA DO GÁS NATURAL

Existe um processo para explicar a cadeia produtiva do gás natural (Figura 3), que pode ser dividido nas seguintes etapas: exploração, produção, processamento, transporte e distribuição (ALFRADIQUE, 2019).

Figura 3 – Cadeia produtiva de gás natural no Brasil.



Fonte: Alfradique (2019, slide 5)⁶

2.3.1 Exploração

Considerado o início da cadeia de produção, a exploração do gás natural pode ser dividida em duas partes. A primeira parte é a pesquisa de campo onde são realizados testes sísmicos para verificar a presença de estruturas propícias ao acúmulo de hidrocarbonetos (como bacias sedimentares e rochas reservatórias). A

⁶ Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-442/05%20-20Estudos%20sobre%20a%20Infraestrutura%20de%20G%C3%A1s%20Natural.pdf>>.

segunda parte é, caso a primeira tenha sido bem-sucedida, a perfuração do poço analisado para verificar sua viabilidade e prepará-lo para a extração de gás natural ou petróleo (e derivados) de forma comercial, concluindo com o mapeamento de um reservatório de extração (GOMES, HOLLANDA, MUÑOZ 2014; SMIL, 2015).

2.3.2 Produção e escoamento

Durante a produção é realizada a elevação do gás natural bruto do poço de extração até a superfície. O gás, que é extraído de poços *on-shore* (em terra) ou *off-shore* (na costa marítima), é escoado até as estações de processamento através de gasodutos de escoamento (GOMES, HOLLANDA, MUÑOZ 2014; SMIL, 2015).

2.3.3 Processamento

O processamento é a etapa onde será realizado o tratamento do gás natural extraído e ocorre em instalações chamadas de unidades de processamento de gás natural (UPGN). Nessa etapa, é realizada a retirada de vapor d'água e a separação de uma mistura composta pelo metano e etano, chamada de gás natural seco, além da mistura de hidrocarbonetos mais pesados chamada de líquido de gás natural (LGN). Após o tratamento do LGN, pode se obter o GLP e a gasolina (GOMES, HOLLANDA, MUÑOZ 2014; SMIL, 2015).

Basicamente, o processamento pode ser considerado uma sequência de operações como tratamento, separação, compressão, absorção e resfriamento do gás dependendo do processo que a instalação da UPGN venha a assumir. Pode, também, atuar como unidade de fracionamento de líquidos (UFL) e unidades de processamento de condensado de gás natural (UPCGN) (GOMES, HOLLANDA, MUÑOZ 2014; SMIL, 2015).

2.3.4 Transporte

Uma vez realizado o processamento do gás natural, passa-se para a etapa de transporte. Para isso, o gás é injetado em dutos que percorrem grandes distâncias, saindo das UPGN e chegando até as estações de recebimento de gás natural (ERGN). Esses dutos, também chamados de gasodutos, transportam grandes volumes de gás

e operam em alta pressão (em torno de 35 bar) e realizam a entrega às concessionárias, para a distribuição nas cidades. Em alguns casos, onde não existe a presença de gasodutos de distribuição, o gás é comprimido, injetado em cilindros de alta pressão (podendo atingir até 250 bar), para que seja transportado em carretas. Durante esse método de transporte o gás natural é chamado de gás natural comprimido (GNC) (GOMES, HOLLANDA, MUÑOZ 2014; SMIL, 2015).

Além desses métodos, o transporte pode ser realizado com gás em estado líquido, chamado de gás natural liquefeito (GNL), com temperatura de, aproximadamente, -160°C e reduzindo seu volume em aproximadamente 600 vezes. Esse processo é realizado sequencialmente, iniciando com a extração do gás em algum ponto do gasoduto, realizando sua purificação e, em seguida processando sua liquefação. Após esse processo, o gás é transportado para os reservatórios por meio de uma bomba criogênica e enviado para o transporte por caminhões ou navios (GOMES, HOLLANDA, MUÑOZ 2014; SMIL, 2015).

2.3.5 Distribuição

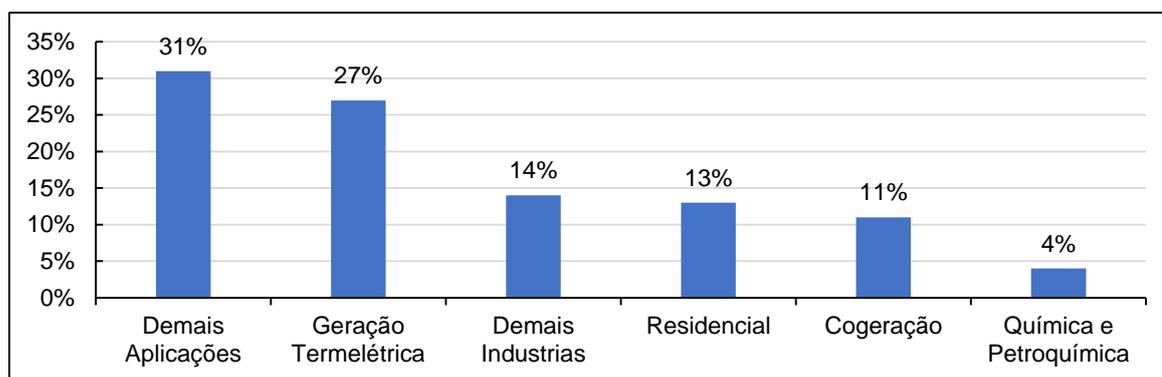
Concluindo a cadeia produtiva, a distribuição do gás natural é realizada por meio de concessionárias detentoras da distribuição em suas respectivas regiões, onde a transportadora passa a responsabilidade da entrega para a companhia de distribuição em ERGN, também conhecidas como *city gates*. Nessas instalações são realizadas algumas operações com o gás, como a odorização, análise cromatográfica, medição de ponto de orvalho, regulagem e monitoramento de pressão, além da medição de volume. A partir desse ponto o gás passa por redes de transporte, chegando até às estações de regulagem de pressão (ERP), onde a pressão é reduzida para o transporte em área urbana, através das redes de distribuição, e é entregue às centrais de medição (CM) e às centrais de medição e regulagem de pressão (CMRP), onde é realizada a medição do consumo dos clientes (GOMES, HOLLANDA, MUÑOZ 2014; SMIL, 2015).

2.4 MERCADO DE GÁS NATURAL E CONTEXTO NACIONAL

Como visto no levantamento realizado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), cerca de 90% da demanda global de gás natural está localizada nos países da

América do Norte, Europa e Ásia. A estrutura de demanda global é influenciada fortemente pelas especificidades dos países de maior consumo e seus principais segmentos demandantes (BRASIL, 2020a). Essa demanda global, dividida por perfis de consumo, pode ser representada no gráfico apresentado no Gráfico 3.

Gráfico 3 – Gráfico da demanda mundial por gás natural (%).



Fonte: Elaborado pelo autor (2022). Adaptado de Brasil (2020a).

2.4.1 Mercado de gás natural no Brasil

O mercado de gás natural no Brasil tem origem a partir dos anos 30, na Bahia, quando atendia apenas algumas poucas indústrias no Recôncavo Baiano. Até os anos 50, houve um desenvolvimento satisfatório para a economia nacional da época, contudo entre 1950 e 1990 ocorreu uma estagnação do setor e apenas alguns estados do litoral do nordeste, Rio de Janeiro e São Paulo faziam uso desse recurso energético (BRASIL, 2020a; MONTEIRO; SILVA, 2010; TEIXEIRA, 2015).

A partir dos anos 2000, com a construção do Gasoduto Bolívia-Brasil (GASBOL), ocorreu uma mudança no cenário, devido a iniciativas como o Programa Prioritário de Termelétricidade (PPT). Assim, o mercado de gás natural voltou a ser atrativo para indústria e geração de energia recebendo também novas aplicações, como por exemplo o consumo residencial e comercial (BRASIL, 2020a; MONTEIRO; SILVA, 2010; TEIXEIRA, 2015).

Atualmente o Brasil possui 110 gasodutos, com extensão de 11,7 mil km de malha dutoviária. A responsabilidade pelo transporte do gás natural no Brasil passou por uma mudança, já que a transportadora Petrobras Transporte S.A. (Transpetro) não é mais a proprietária dos gasodutos. Assim, as atividades de transporte foram divididas para cinco empresas:

- a) Transportadora Associada de Gás S.A. (TAG): presente nas regiões Norte, Nordeste e Sudeste;
- b) Transportadora Brasileira Gasoduto Bolívia-Brasil S.A (TBG): responsável pelo transporte Bolívia-Brasil nas regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul;
- c) Transportadora Sulbrasileira de Gás (TSB): atua no transporte no Sul do Brasil;
- d) Gás Ocidente do Mato Grosso Ltda. (GOM): é a proprietária pelo trecho de transporte que sai da Bolívia até o Mato Grosso;
- e) Nova Transportadora Sudeste S/A (NTS): proprietária dos gasodutos que ligam os estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo (BRASIL, 2020a; MONTEIRO; SILVA, 2010; TEIXEIRA, 2015).

Já a distribuição é realizada por 27 empresas, distribuídas ao longo do território nacional, com alguns estados possuindo mais de uma empresa de distribuição (BRASIL, 2020a; MONTEIRO; SILVA, 2010; TEIXEIRA, 2015), como se pode ver na Figura 4.

Figura 4 – Localização das concessionárias distribuidoras de gás natural no Brasil



Fonte: Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Gás Canalizado (c2019).

O Ministério de Minas e Energia tem interesse em ampliar a participação do gás natural na matriz energética brasileira a partir do Programa Novo Mercado de Gás. Esse programa, presente no Plano Decenal de Expansão de Energia 2029, prevê um aumento na demanda de gás natural utilizado na geração termelétrica e em outras aplicações, durante o período de 2019 a 2029. Para a implantação do programa serão necessários investimentos que implementem a expansão do setor, como a criação e a ampliação dos gasodutos, para que se estenda a cobertura no território nacional e, conseqüentemente, se aproxime e se torne mais acessível aos consumidores (BRASIL, 2020b).

2.4.2 Vantagens e desvantagens na utilização do gás natural

Ainda que seja um combustível fóssil, o gás natural possui vantagens consideráveis se compararmos com outras fontes de energia. Como levantado anteriormente, todo o processo de transporte, distribuição e consumo torna o gás natural uma fonte de energia segura, pois sua composição se dispersa rapidamente no ar caso ocorra algum acidente com vazamento. Também, pode-se considerar o alto potencial energético, devido ao seu poder calorífico, o que torna possível um processo de geração de muita energia com perda reduzida. Seus custos de armazenamento são menores, pois não existe a necessidade de se estocar o gás. Além disso, o ponto principal é o fornecimento contínuo para utilização em usinas termelétricas, o que traz uma estabilidade na matriz energética (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA et al., 2020).

Embora todas essas vantagens sejam relevantes, o gás natural é uma fonte de energia não renovável, ou seja, ela é finita. As jazidas estão em pontos específicos e não é possível extrair o gás natural em qualquer lugar. Os custos de instalação dos gasodutos de transporte são elevados devido a sua infraestrutura robusta e extensa. Embora sua queima gere menos poluentes que o petróleo e o carvão mineral, o gás natural, durante o processo de combustão, emite gases poluentes como o dióxido de carbono, contribuindo para o efeito estufa (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA et al., 2020).

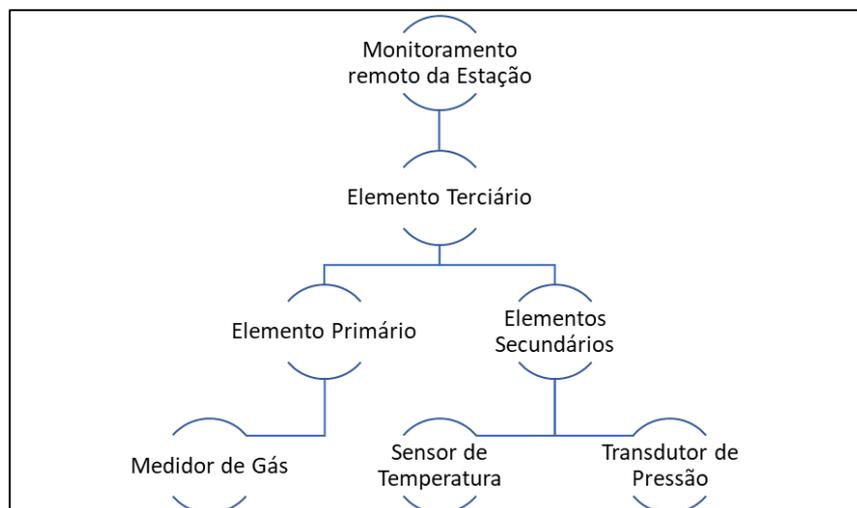
3 METODOLOGIA

O estudo de caso deste trabalho consiste na implementação de um sistema de medição aplicado a uma Estação de Gás Natural aplicada a um posto de combustíveis que realiza abastecimento de GNV. Nessa estação foi instalado um medidor do tipo rotativo e um computador de vazão do tipo PTZ, configurado pelo software TELVES, para a aquisição de dados de consumo e um sistema de comunicação remoto para monitoramento do cliente (Telemetria), que enviará os dados instantâneos para o sistema SCADA Proficy iFIX armazenado essas informações em um banco de dados, possibilitando gerar um relatório na aplicação Dream Report. A seguir será apresentado o funcionamento desses equipamentos, o comissionamento e startup do sistema e os dados coletados desse cliente via comunicação remota.

3.1 ELEMENTOS DO SISTEMA DE MEDIÇÃO

Durante a etapa de distribuição do gás natural, é necessária a realização da medição do consumo realizado pelo cliente. Isso possibilita o monitoramento do perfil de consumo, das variáveis de processo e o cálculo para o faturamento periódico previsto em contrato. Toda essa instrumentação é instalada em conjunto de medição (CM), conjunto de medição e regulação de pressão (CMRP) e estações de recebimento de gás natural (ERGN). Ela é composta por medidores, sensores de temperatura e transdutores de pressão (Fluxograma 1).

Fluxograma 1 – Sistema de medição na distribuição do gás natural



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

A seguir, será mostrado um pouco sobre o perfil desses equipamentos e o tratamento desses dados.

3.1.1 Elementos primários

Os medidores de gás são considerados os elementos primários no sistema de medição. Para cada perfil de cliente, existe um medidor que se encaixa melhor em sua aplicação de consumo e podemos classificar esse equipamento de duas formas:

- a) *Medidores volumétricos*: são aqueles nos quais é alocada algum tipo de restrição no fluxo de gás, de maneira a propiciar que volumes predeterminados de gás sejam inseridos durante cada ciclo de trabalho do elemento de medição, possibilitando, assim, a totalização do volume como, por exemplo, os medidores do tipo rotativo e diafragma;
- b) *Medidores inferenciais*: são aqueles nos quais a totalização do volume é obtida por meio de uma grandeza inferenciada (conclusão obtida por meio de alguma evidência) como, por exemplo, velocidade do volume através de uma área conhecida, perda de pressão, velocidade de propagação de uma onda sonora etc. As placas de orifício, os medidores ultrassônicos, os medidores tipo turbina, dentre outros, são exemplos de medidores inferenciais.

3.1.2 Elementos secundários

Os clientes industriais, postos de GNV e ERGN possuem elementos secundários para a aquisição de dados sobre o comportamento do gás presente na tubulação. Isso permite que os dados sejam monitorados a partir de um elemento terciário. Esses elementos são o sensor de temperatura e o transdutor de pressão.

- a) *Sensor de temperatura*: os sensores de temperatura têm como função verificar o comportamento da temperatura durante um processo e têm várias aplicações na indústria. A indústria do gás natural utiliza o modelo PT100, que é um sensor constituído por uma espiral de platina encapsulada. De acordo com a temperatura do sistema, ocorre uma variação na corrente elétrica que produz uma queda de tensão que será

lida pelo dispositivo de monitoramento calibrado, coletando os dados do processo. Normalmente esse equipamento é posicionado após o medidor;

- b) *Transdutor de pressão*: os transdutores são equipamentos que coletam sinais mecânicos e os converte em sinais elétricos, que podem ser enviados para tratamento em um dispositivo de monitoramento que esteja calibrado. No caso do transdutor de pressão, ele será um dispositivo piezoelétrico que, submetido a uma tensão mecânica, sofre excitação e, por consequência, gera uma corrente elétrica. Normalmente esse equipamento é posicionado no corpo do medidor.

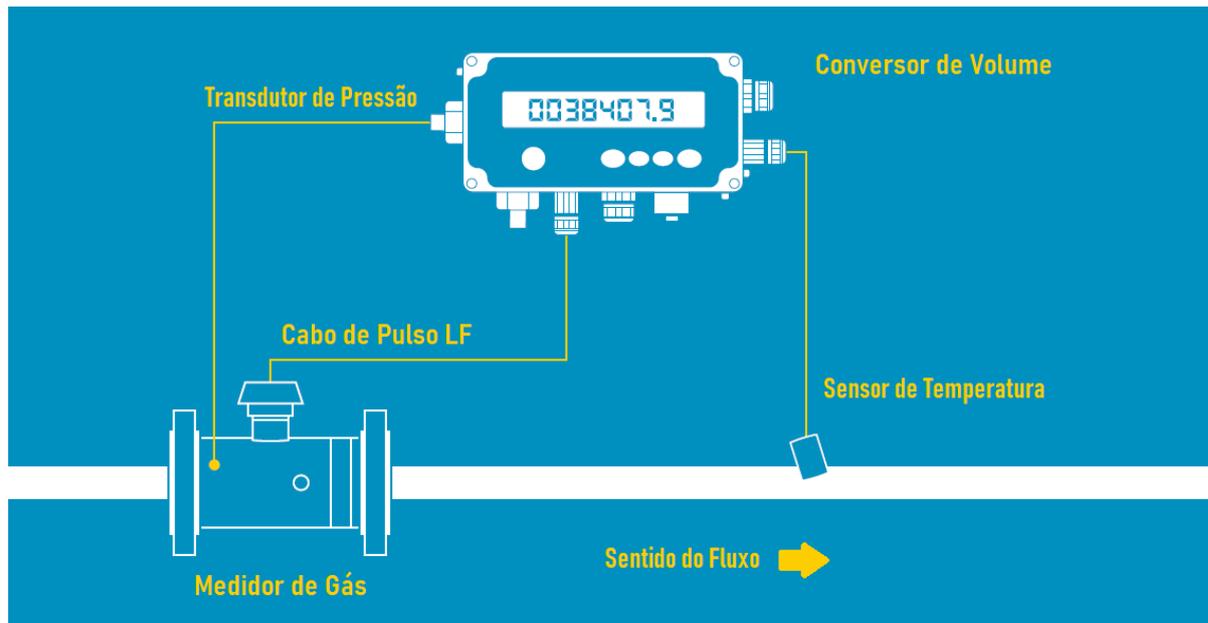
3.1.3 Elemento terciário

São considerados como elementos terciários os dispositivos que realizam o processamento de dados gerados pela aquisição de informações realizadas pelo elemento primário (medidor) e pelos elementos secundários (sensor de temperatura e transdutor de pressão). Com isso, é possível quantificar o consumo do cliente, em tempo real, levando em consideração as variáveis presentes no processo, pois elas interferem diretamente no volume corrigido que será faturado pela concessionária de gás natural, ou podem ser utilizadas em análises para auditoria de medição. Existem dois tipos de conversores de volume aplicados na medição de gás. São eles: o *conversor de volume do tipo PTZ* e o *conversor de volume do tipo computador de vazão*. Os conversores PTZ indicam e acumulam os incrementos de volume medidos por um medidor de gás, como se estivesse operando nas condições de base, utilizando os sinais de pulso gerados pelo medidor e os parâmetros de temperatura e pressão. Além disso, podem ser utilizados dentro de áreas classificadas⁷. Já os conversores de vazão, computam, integram e armazenam os parâmetros gerados pelos elementos de medição, processando essas informações e totalizando os dados de vazão do sistema. Devido à complexidade desses equipamentos (e seus dispositivos periféricos) eles devem ser instalados fora de áreas classificadas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2020).

⁷ Área classificada é um local sujeito a probabilidade de formação de atmosfera explosiva, justamente por conter substâncias consideradas como “explosivas”, como gases/líquidos inflamáveis e poeiras/fibras combustíveis. (BEGA, 2011).

Na Figura 5 pode se observar o esquemático de um sistema de medição composto por um medidor do tipo turbina (elemento primário), os sensores de temperatura e pressão (elementos secundários) e um conversor de volume (elemento terciário).

Figura 5 – Esquemático de um sistema de medição



Fonte: Elaborado pelo autor (2022). Adaptado de Shell Energy.

3.1.4 Monitoramento remoto da estação

Além do elemento terciário, em estações de clientes de médio e grande porte, é instalado um sistema de telemedição que é, apenas, uma forma remota de aquisição de dados de um determinado processo, em tempo real e de forma contínua. Esses dados são obtidos na estação e são enviados para o SCADA (Sistema de Supervisão e Aquisição de Dados – *Supervisory Control And Data Acquisition*), via modem GPRS (Serviço de Rádio de Pacote Geral – *General Packet Radio Service*). Com isso, é possível realizar um monitoramento do cliente via supervisor, detectar o consumo diário e as possíveis falhas que ocorram no sistema de distribuição (SOUSA, 2020).

3.2 INSTALAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS

O projeto será realizado em um Conjunto de Medição (CM), localizado em um posto de combustíveis, na cidade de Juiz de Fora/MG. Periodicamente, é realizada a

troca dos equipamentos de medição da estação, recolhendo os medidores e enviando-os para o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro) para que sejam realizados a calibração e os testes de funcionamento. Um outro medidor é instalado na estação. Quanto aos conversores de volume, eles são substituídos por modelos atualizados.

O CM é uma montagem composta por equipamentos instalados entre a rede de distribuição da concessionária e a rede interna de distribuição de gás natural do consumidor. Sua função é a de filtrar e medir o volume de gás natural consumido. Como pode ser visto na Figura 6, a seguir, os elementos necessários para a medição do cliente estão presentes nessa estação.

Figura 6 – Conjunto de medição utilizado na distribuição do gás natural



Fonte: Elaborada pelo autor (2022). Acervo pessoal.

O medidor utilizado é da marca iMeter B.V. (que hoje faz parte do grupo Dresser Measurement), do tipo rotativo, modelo iMRM-G65 (Figura 7).

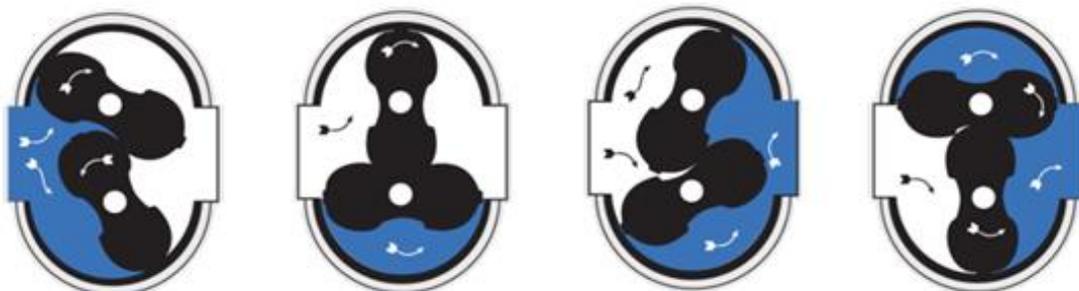
Figura 7 – Medidor tipo rotativo instalado no conjunto de medição



Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

Os medidores do tipo rotativo são utilizados em clientes de médio e grande porte. Eles são instalados após o elemento de filtragem e possuem um *by-pass* que permite realizar ações no medidor, como a substituição do equipamento ou a troca de óleo. Em sua construção existem câmaras delimitadas por elementos rotativos que realizam movimentos durante a passagem de fluxo e contabilizam o volume em metros cúbicos (m³), como visto na Figura 8.

Figura 8 – Funcionamento do medidor tipo rotativo



Fonte: PDBL Wers Inc. ([2017]).⁸

⁸ Disponível em: <<https://www.pdblowers.com/products/dresser-meters-and-instruments/>>.

Além disso, possuem um *display* mecânico que apresenta o consumo total (totalizador) e uma saída geradora de sinal de pulso que comunica com o conversor de volume e, assim, realizando a aquisição dos dados do volume consumido pelo cliente. Este sinal pode ser em alta frequência (HF – *high frequency*) ou baixa frequência (LF – *low frequency*). Neste caso operando com relação de 1:0,1 – a cada 0,1 m³ a saída gera 1 pulso de sinal (IMETER, [2017]).

O conversor de volume é da marca Elgás, o MaxiElcor, (Figura 9) do tipo conversor PTZ (ELGAS, [2014]). Esse modelo possui os elementos secundários acoplados na sua construção, ou seja, o sensor de temperatura e o transdutor de pressão fazem parte do conjunto do equipamento. Em sua parte interna, existe entradas e saídas analógicas e entradas e saídas digitais, além de comunicação RS232/RS485 e uma interface óptica de comunicação infravermelho para realizar configurações no local da instalação.

Figura 9 – Conversor de volume tipo PTZ



Fonte: Elaborada pelo autor (2022). Acervo pessoal.

Na Figura 10, observa-se que o sensor de temperatura, em vermelho, é instalado após o medidor, para que não ocorra interrupção e se torne um obstáculo na entrada do fluxo do gás que será medido. Já o transdutor de pressão, em verde, é instalado em uma entrada presente no corpo do medidor, o que permite que ele realize a medição da pressão no mesmo ponto em que ela está entrando no medidor.

Figura 10 – Sensor de temperatura e transdutor de pressão instalados no conjunto de medição



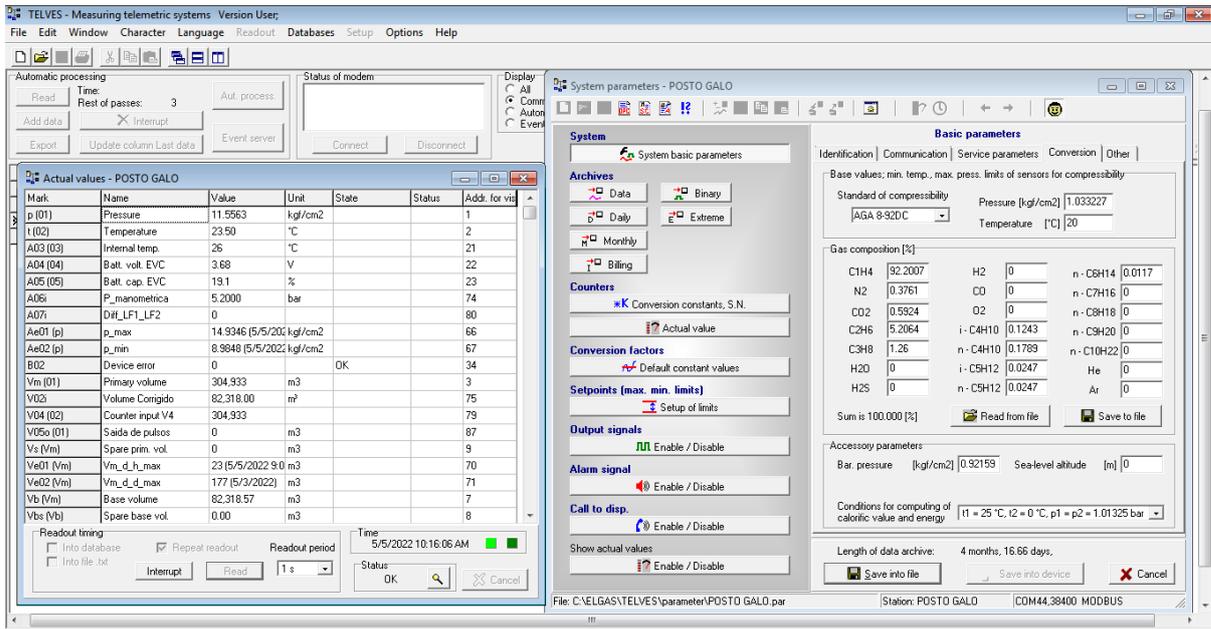
Legenda:  Sensor de temperatura
 Transdutor de pressão

Fonte: Elaborada pelo autor (2022). Acervo pessoal.

Com o medidor devidamente posicionado e com a fixação do conversor de volume e seus elementos secundários, utiliza-se um cabo de pulso que possui seis vias. Para essa aplicação será utilizado dois cabos com duas vias (fios 2 e 5), que enviam a LF do medidor para uma das entradas de baixa frequência do conversor de volume. Após essa configuração física, podemos realizar a configuração de parâmetros no *software* do equipamento.

Para essa aplicação é utilizado o *software Telves* (ELGAS, c2022). Como se vê na Figura 11, com ele pode-se inserir os parâmetros de composição do gás, verificar os valores medidos pelos elementos secundários, selecionar o valor lido a partir dos pulsos gerados pelo medidor e o padrão de compressibilidade AGA8-92DC (STARLING, 2019) que vai tratar os valores e calcular a conversão de volume de acordo com a norma ISO 12213-2:2006 (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2006).

Figura 11 – Tela de dados do software Telves



Fonte: Elaborada pelo autor (2022). Acervo pessoal.

Para tratar a conversão do volume e o sincronismo de pulsos entre o medidor rotativo e o conversor do tipo PTZ, deve-se inserir os dados no campo “*Actual values*”, a leitura mecânica presente no totalizador do medidor no campo “*Primary volume*” e repetir o mesmo valor no “*Counter input V4*”. Dessa forma o equipamento vai começar a calcular o volume corrigido (volume base), considerando o valor do totalizador o início da leitura, ou seja, associando que o valor presente no medidor é o zero e a partir dele começar a contagem de leitura. Como esse é o *startup* desse equipamento na estação, os campos de “*Spare prim. vol.*”, “*Base volume*” e “*Spare base vol.*” serão preenchidos com valor 0 (Figura 12). Dessa forma o volume estará atualizado de acordo com os parâmetros e pronto para realizar a medição.

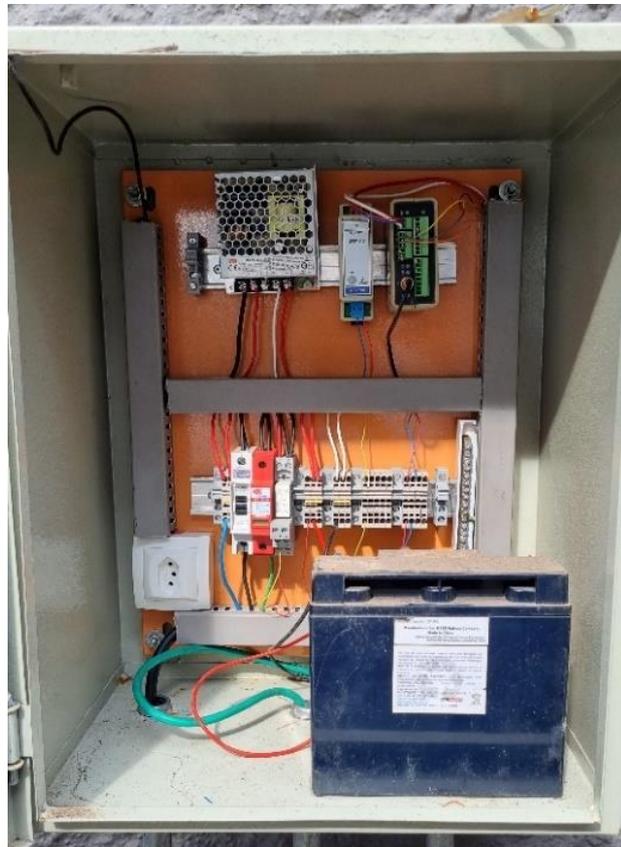
Figura 12 – Tela de configuração dos dados de volume

Actual values of counters			
Mark	Name	Unit	Value
V04 (02)	Counter input V4		
Vm (01)	Primary volume	m3	
Vs (Vm)	Spare prim. vol.	m3	
Vb (Vm)	Base volume	m3	
Vbs (Vb)	Spare base vol.	m3	

Fonte: Elaborada pelo autor (2022). Acervo pessoal.

A comunicação dessa estação é feita a partir da comunicação do conversor de volume com o painel de telemetria (Figura 13). Esse painel é composto por uma fonte de alimentação 12VDC, um modem de comunicação 3G (que envia os dados para o SCADA), um dispositivo de proteção intrínseca (que reduz a tensão da fonte para 8VDC e alimenta o conversor de volume, além de proteger o equipamento contra distúrbios na rede), relé para verificação de ausência de tensão da concessionária e uma bateria 12VDC/18AH para suprir a energia do painel, caso ocorra falta de alimentação da concessionária.

Figura 13 – Painel de Telemetria



Fonte: Elaborada pelo autor (2022). Acervo pessoal.

Os dados coletados pelo SCADA ficam disponíveis na aplicação do *Proficy iFIX* (AQUARIUS SOFTWARE, c2017). Com ele, é possível visualizar o comportamento do sistema e as condições de operação e consumo da estação instantaneamente (Figura 14).

Figura 14 – Captura de tela do iFIX



Fonte: Elaborada pelo autor (2022). Acervo pessoal.

Como esses dados são coletados de forma instantânea, todas as informações são enviadas para um banco de dados e, a partir desse registro, é gerado um relatório com o auxílio da ferramenta *Dream Report* (AQUARIUS SOFTWARE, c2017). O *Dream Report* permite a apresentação de dados mostrando o consumo minuto a minuto ou hora em hora, durante o período do qual o usuário deseja realizar uma consulta (Figura 15).

Figura 15 – Captura de tela do Dream Report



Fonte: Elaborada pelo autor (2022). Acervo pessoal.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conhecendo os equipamentos presentes na estação e a partir dos dados de medição e do sistema de monitoramento, é possível utilizar essas ferramentas para mapear o consumo do cliente dentro das condições de operação durante um determinado período.

Para estudarmos o perfil de consumo do posto selecionado, serão realizadas quatro análises:

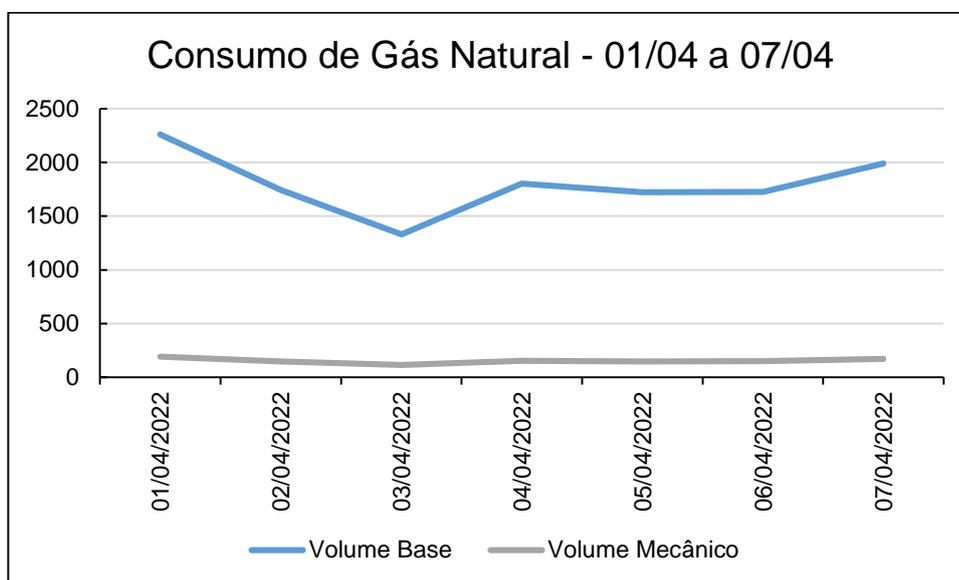
- a) a verificação do consumo em uma semana;
- b) a verificação do consumo em quinze dias;
- c) a verificação do consumo em um mês;
- d) o comparativo entre dois meses após a instalação.

Pelo cálculo de conversão de volume, utilizando o PTZ, será possível saber quantos metros cúbicos foi gasto nesse período, quantas quilocalorias o sistema consumiu e qual seria o equivalente de energia, em watts, se fosse o consumo de um sistema elétrico.

4.1. ANÁLISE DURANTE UMA SEMANA

Iniciando a análise na primeira semana do mês, após a instalação do equipamento, fez-se uma comparação utilizando o volume de operação/volume mecânico (totalizador do medidor) e o volume corrigido (calculado no equipamento utilizando os parâmetros PTZ). Utilizando os dados obtidos a partir do sistema de telemetria, tratando e simplificando os dados durante esse período, chega-se ao Gráfico 4:

Gráfico 4 – Consumo de gás natural durante uma semana



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

É necessário analisar esses dados tendo em mente que o volume base é o volume de operação multiplicado pelo fator de conversão PTZ. Esse é o valor real consumido pelo cliente e é, a partir dele, que podemos saber o quanto de energia foi gerado pelo gás natural nesse sistema. O fator de conversão PTZ pode ser obtido através do cálculo que utiliza as variáveis de temperatura, pressão e fator de compressibilidade. Ele é calculado, instantaneamente, pelo elemento terciário do sistema de medição. Fazendo a análise de consumo apenas do dia 4 de abril de 2022 (segunda-feira), chegamos ao valor de volume corrigido com os dados:

- o volume não corrigido no dia é de 154,09 m³;
- a pressão média de consumo é de 11,23 kgf/cm²;
- a temperatura média é 23,68 °C.

Utilizando da fórmula de cálculo de volume base e da fórmula de fator de conversão PTZ, tem-se (5):

$$V_{base} = V_{op} * CF \quad (5)$$

Para o fator de conversão, deve-se tratar a temperatura base como como 20 °C = 293,15 K, a pressão base como 1 ATM = 1,033 kgf/cm² e o fator de compressibilidade é obtido a partir da composição do gás, da temperatura e da pressão. Tal valor é apresentado no *display* do conversor de volume.

Tem-se então o seguinte cálculo mostrado em (6):

$$CF = \frac{P}{P_b} * \frac{T_b}{T} * \frac{Z_b}{Z} = \frac{11,23 + 1,033}{1,033} * \frac{293,15}{23,68 + 273,15} * \frac{0,9975}{1} = 11,694 \quad (6)$$

A partir desse valor, tem-se que o fator de conversão transforma o volume de operação em um valor aproximadamente 11 vezes maior, para obter o volume base, como visto em (7):

$$V_{base} = 154,09 * 11,694 = 1801,9 \text{ m}^3 \quad (7)$$

O valor de 1801,9 m³ foi obtido utilizando a média dos valores aparentes em um determinado instante no sistema, mas não é tão preciso quanto o valor calculado pelo conversor de volume, além de ser aproximadamente o valor consumido de gás natural no sistema.

É possível perceber que houve uma queda de consumo a partir da contagem no dia 1º de abril de 2022 (sexta-feira), pois o abastecimento de GNV, no posto estudado, foi baixo nos dias que seguiram (sábado e domingo), retomando gradativamente o consumo ao longo da semana.

Para verificarmos o quanto de energia foi gerada por esse sistema durante essa semana, deve-se utilizar o somatório de consumo total do volume base (12570 m³) e multiplicar pelo poder calorífico superior. O valor de referência do gás natural adotado pela NBR15213 é de 9400 kcal/m³ (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008). Portanto tem-se (8):

$$E = V_{base} * PCS = 12570 * 9400 = 118158000 \text{ kcal} = 137417,75 \text{ kWh} \quad (8)$$

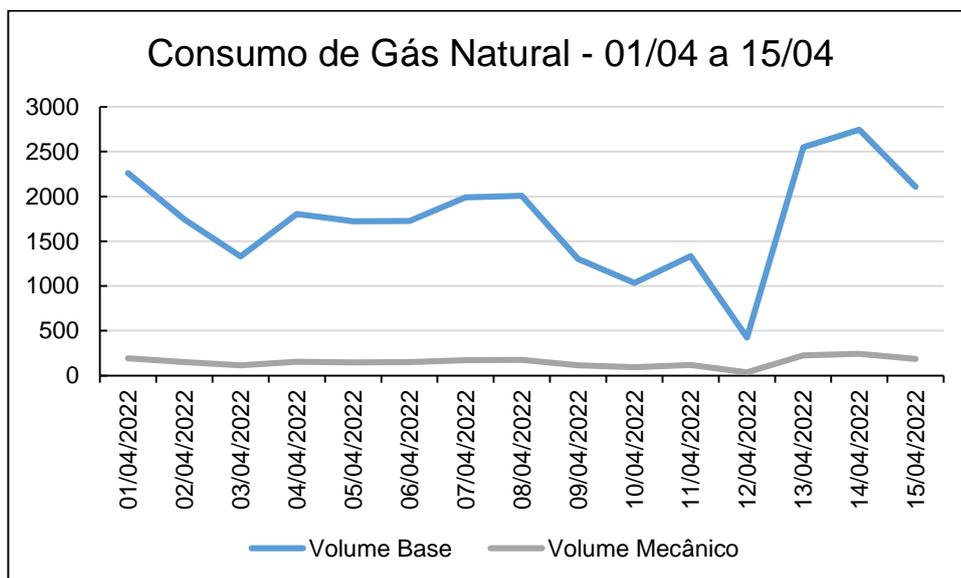
Pelo Sistema Internacional Unidades, a unidade de energia é medida em Joules (J). Entretanto, pelo princípio de conservação de energia, utiliza-se outras unidades para poder representar essa grandeza física. Sabe-se que 1 kcal equivale a 4186,8 J

e que 1kWh equivale a $3,6 \cdot 10^6$ J. Realizando a conversão, tem-se que 494703907414,78 J ou 137417,75 kWh. Ou seja, esse posto de combustíveis consumiu 137417,75 kWh de energia, durante uma semana, utilizando gás natural.

4.2. ANÁLISE DURANTE QUINZE DIAS

Essa análise irá utilizar dos dados da primeira semana até completar uma quinzena de funcionamento. É perceptível, a partir dos dados do Gráfico 5, uma mudança no perfil, devido à queda de consumo próximo ao final da quinzena e à alta de consumo a partir do dia 12 de abril de 2022 (quarta-feira), visto que estava próximo a um final de semana prolongado e, portanto, mais veículos foram abastecer. Como é característico de um período de feriado, houve uma queda no consumo de gás natural durante o fim da semana do feriado prolongado, uma vez que um número menor veículos estão circulando na cidade.

Gráfico 5 – Consumo de gás natural durante quinze dias



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

O montante de volume base, em metros cúbicos, consumido durante esse período é de 26071 m^3 e com ele pode-se obter o novo consumo de energia referente a esse período, como visto em (9).

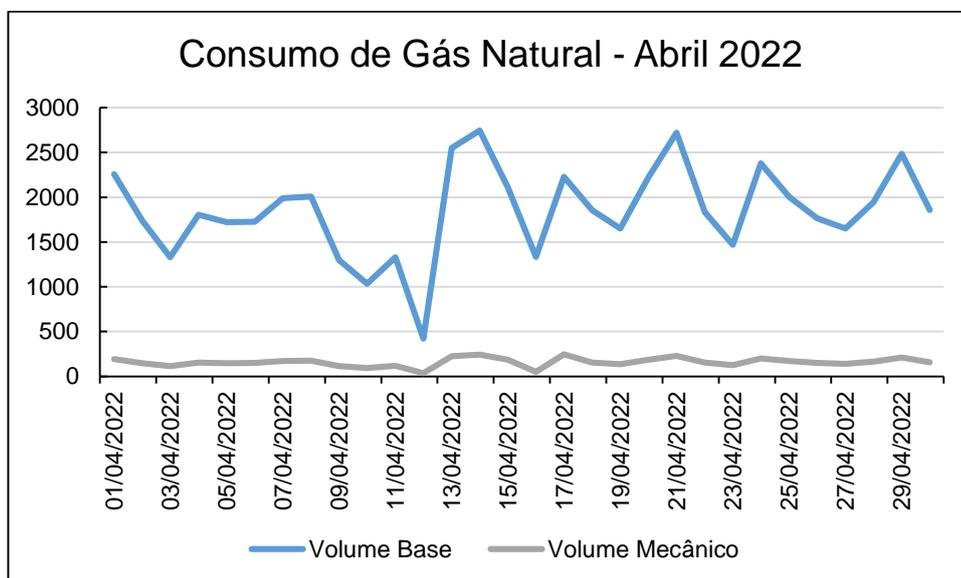
$$E = V_{base} * PCS = 26071 * 9400 = 245067400 \text{ kcal} = 285013,38 \text{ kWh} \quad (9)$$

Ou seja, em quinze dias, o posto de combustíveis consumiu 285013,38 kWh de energia.

4.3. ANÁLISE APÓS UM MÊS

Nessa análise, tem-se o Gráfico 6 que apresenta o consumo diário do posto de combustíveis, durante um mês. Pode ser visto que ao longo desse período alguns dias tiveram um consumo maior e outros tiveram um consumo menor. Dentro desses fatores, pode-se considerar a variação dos valores dos combustíveis, a presença de feriados ao longo do mês, manutenções nos equipamentos do próprio posto de combustíveis e situações não mapeáveis que vão além do fornecimento de gás ao cliente.

Gráfico 6 – Consumo de gás natural durante um mês – abril/2022



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Durante esse período de trinta dias, o volume base total foi de 55467m³, que seria equivalente a (10):

$$E = V_{base} * PCS = 55467 * 9400 = 521389800 \text{ kcal} = 606376,33 \text{ kWh} \quad (10)$$

Com base nos dados levantados, pode-se apresentar o consumo mensal de 606376,33 kWh. Para saber a potência do posto de combustíveis durante esse mês deve-se realizar o cálculo mostrado em (11):

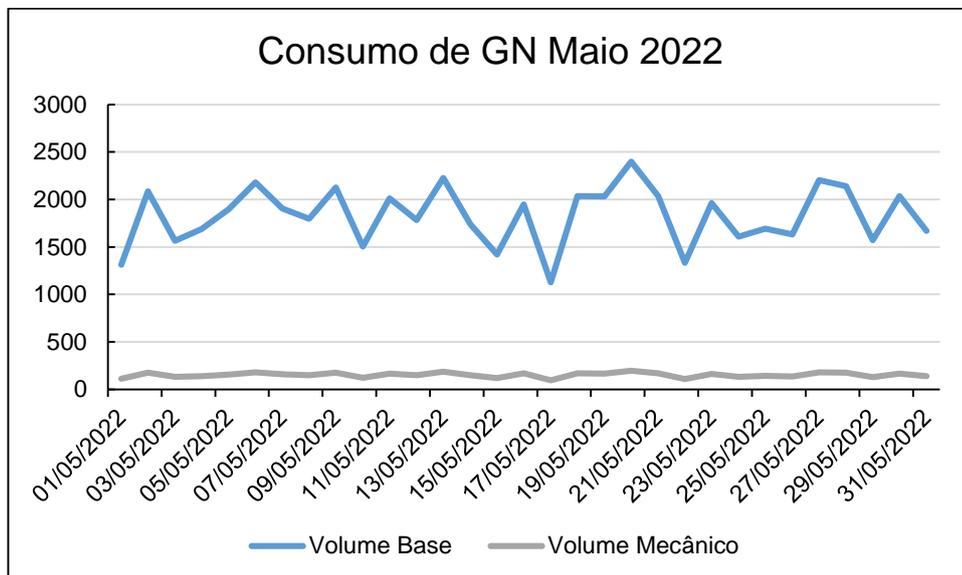
$$P = \frac{E}{\Delta T} = \frac{606376,33 * 1000}{24 * 30} = 842189,34 \text{ W} \approx 842,2 \text{ kW} \approx 0,842 \text{ MW} \quad (11)$$

Para efeito de comparação, existem pequenas centrais hidrelétricas (PCH) que geram 1MW de potência e esse posto de combustíveis chegou a um valor de geração bem próximo.

4.4. COMPARATIVO ENTRE DOIS MESES

Por fim, realizando uma comparação entre o mês de abril e o mês de maio de 2022, podemos perceber uma diferença no consumo do posto de combustíveis comparando o Gráfico 6 e 7, como mostrado a seguir.

Gráfico 7 – Consumo de gás natural durante um mês – maio/2022



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

A principal diferença apresentada está no período relativo ao meio do mês pois, ao contrário do mês de abril, o mês de maio não apresentou feriados e o seu consumo, por mais que tenha variado, não teve uma queda tão brusca. Além disso, o seu volume base total foi de 56671 m³, 1204 m³ a mais que no mês anterior. Levando em conta que maio possui um dia a mais, é possível considerar que o consumo entre os dois meses foi bem próximo.

Durante esse período o total de energia gerado foi de (12):

$$E = V_{base} * PCS = 56671 * 9400 = 532707400 \text{ kcal} = 619538,7 \text{ kWh} \quad (12)$$

e a potência gerada foi (13):

$$P = \frac{E}{\Delta T} = \frac{619538,7 * 1000}{24 * 31} = 832716,30 \text{ W} \approx 832,7 \text{ kW} \approx 0,832 \text{ MW} \quad (13)$$

Por mais que a energia gerada em maio tenha sido maior que a de abril, a potência foi menor, também pelo fato de o mês ter um dia a mais. Entre os dois meses podemos observar uma variação percentual de (14):

$$\text{Variação} = \frac{|0,832 - 0,842|}{0,842} * 100 = 1\% \quad (14)$$

Com base nos dados que foram adquiridos pelos equipamentos de telemedição presentes na estação e finalizando as análises, foi possível alcançar o perfil de consumo do posto de combustíveis escolhido para este trabalho. É importante ressaltar que, devido à existência de outros postos de combustíveis que abastecem GNV, a grande oferta na região e a variação no valor do combustível são os principais elementos que influenciam diretamente no consumo, ou seja, o posto com o valor mais atrativo vai abastecer mais veículos e, com isso, vai haver um consumo maior de gás natural. Hoje, um veículo movido a GNV tem um desempenho muito bom e consumindo muito menos. Alguns dados apontam que, em Minas Gerais, o número de veículos movidos a gás natural aumentou consideravelmente nos últimos anos, devido aos incentivos do estado (RÁDIO ITATIAIA, 2021). Dentro do consumo analisado, o posto de combustíveis estudado tem operado dentro do esperado, considerando que a pressão de entrega oscila muito pouco em relação à pressão contratual e a temperatura do gás, durante os horários de consumo, tem se comportado dentro das condições de operação. Essas duas variáveis influenciam diretamente na medição do volume base (volume corrigido) do sistema. Ou seja, o sistema de medição demonstra que a concessionária está entregando o gás corretamente ao cliente e o cliente tem utilizado o gás durante o seu horário de funcionamento, para a aplicação a que se destina.

As concessionárias de gás natural, ao contrário do que possa parecer, não vendem o gás em si, mas a energia que ele gera para as aplicações que ele pode ser utilizado, seja em abastecimento de veículos, uso residencial, comercial, industrial ou geração termelétrica. É porque isso existe a necessidade do monitoramento do sistema de medição, para verificar se o produto ofertado está sendo entregue dentro das especificações contratuais, com segurança e dentro das normas vigentes no território nacional. Isso, também, implica em inspeções, calibração e troca dos elementos de medição, quando eles estão defasados ou danificados. É a garantia de que o sistema esteja em plenas condições de operação, sempre.

5. CONCLUSÃO

Durante toda a construção deste trabalho, foi possível apresentar o cenário do gás natural no Brasil, desde o início da cadeia produtiva, até a entrega em um cliente, mostrando a importância do processo de medição e aquisição dos dados, além de traçar um paralelo com vários conteúdos que foram desenvolvidos durante a graduação. Conceitos como conservação de energia, eletrônica analógica e digital, sensores, telecomunicações, cálculos estatísticos e análise de gráficos, utilização de softwares para configuração de dispositivos de automação e instrumentação foram vistos durante a implementação deste projeto. A possibilidade de implementar na prática toda essa bagagem teórica permitiu a execução deste projeto e a melhoria de um sistema já existente. A cada dia que passa, novas tecnologias são desenvolvidas e executadas, não só no setor de distribuição de energia, mas em todos os ramos que estão interligados à engenharia.

O Gás Natural, como outras formas de energia precisa ser medido de forma correta e a implementação do novo sistema de medição permitiu apresentar claramente como esse processo de medição funciona. A partir dele foi possível traçar o consumo, verificar as condições de funcionamento dentro do período de monitoramento e a utilização das variáveis coletadas para calcular o valor de volume base. Essa mesma configuração de equipamentos também pode ser utilizada em outros clientes de maior porte e em estações mais complexas. Atualmente o mercado consumidor desse recurso energético está em constante expansão e por isso compreender esses conceitos é de fundamental importância para saber a melhor forma de utilizá-lo.

ABSTRACT

Natural Gas (NG) has been standing out as an alternative in the Brazilian energy matrix, specially for its diverse applications in various sectors. According to EPE (2020) projections for the coming years, the production of (NG) in Brazil between 2020 and 2030 will jump from 60 million m³/ day to 147 million m³/ day. Due to this increase in production, a reliable metering system is needed to monitor the NG supply stations installed at the customers. The present work is divided into: definition and concepts of Natural Gas, encompassing its production chain from exploration to supply; the contextualization of this energy resource on a global scale, with focus on the national scenario; Assembly/Installation/Monitoring of a metering system under real operating

conditions at a gas station that supplies CNG and an analysis of the customer's consumption profile in the period of two months after the implementation of this system.

Keywords: Energy Systems. Instrumentation. Metering.

REFERÊNCIAS

ALFRADIQUE, M. Estudos sobre a infraestrutura de gás natural: terminais de GNL, UPGNs, gasodutos de escoamento e de transporte. In: SEMINÁRIO EPE, 2019, Rio de Janeiro. **Petróleo, gás e biocombustíveis: cenário decenal.** Rio de Janeiro: EPE, 2019. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-442/05%20-%20Estudos%20sobre%20a%20Infraestrutura%20de%20G%C3%A1s%20Natural.pdf>. Acesso em: 9 abr. 2022.

AQUARIUS SOFTWARE. **Dream report: relatórios e painéis com informações de processos industriais.** São Paulo, c2017. Disponível em: <https://www.aquarius.com.br/produto/dream-report/>. Acesso em: 21 maio 2022.

AQUARIUS SOFTWARE. **Proficy iFix.** São Paulo, c2017. Disponível em: <https://www.aquarius.com.br/produto/ge-ifix/>. Acesso em: 21 maio 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DISTRIBUIDORAS DE GÁS CANALIZADO. **Concessionárias – ABEGÁS.** c2019. Disponível em: <https://www.abegas.org.br/concessionarias>. Acesso em: 26 mar. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 14903:** gás natural – determinação da composição química por cromatografia em fase gasosa. 3. ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 14978-1:** conversores de volume de gás. Parte 1: terminologia, classificação, faixas de medição e condições estipuladas de funcionamento. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15213:** gás natural e outros combustíveis gasosos – cálculo do poder calorífico, densidade absoluta, densidade relativa e índice de Wobbe a partir da composição. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16107:** fator de conversão do volume de gás natural. 2. ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

BARROSO, L. A.; KELMAN, R.; GASPAR, L. S. **Panorama e perspectivas para o gás natural no Brasil.** Rio de Janeiro: Perspectivas, 2020. Disponível em: <https://emaisenergia.org/wp-content/uploads/2020/09/PanoramaPerspectivasGasNaturalBrasil.pdf>. Acesso em: 15 maio 2022.

BEGA, Egídio Alberto. [et al.]. Instrumentação Industrial. Rio de Janeiro: Editora Interciência. 3. ed. 2011.

BP PLC. **Statistical review of world energy 2021**. London: BP p.l.c., 2021. Disponível em: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2021-full-report.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2022.

BRASIL. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Resolução nº 16, de 17 de junho de 2008. **Diário Oficial da União**: seção 1, ano 145, n. 115, 18 jun. 2008.

BRASIL. Lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997. Dispõe sobre a política energética nacional, as atividades relativas ao monopólio do petróleo, institui o Conselho Nacional de Política Energética e a Agência Nacional do Petróleo e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção 1, ano 135, n. 150, 7 ago. 1997.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. **Demanda de gás natural nos mercados nacional e internacional**: horizonte 2020-2030. Brasília: EPE, 2020a. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-490/topico-531/EPE,%202020%20-%20Nota%20T%C3%A9cnica%20Demanda%20de%20G%C3%A1s%20Natural%20vFinal.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2022. (Nota técnica EPE/DPG/SPG/09/2020).
BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. **Plano decenal de expansão de energia 2029**. Brasília: MME/EPE, 2020b.

ELGAS, S. R. O. **MaxiElcor**: solução complexa para medições de transferência de custódia e coleta de dados de telemetria. Alimentado por bateria. Dispositivo de conversão de volume de gás com modem GSM/GPRS integrado. ([2014]). Disponível em: https://canalfornecedor.gasbrasiliano.com.br/media/arquivos/CATALOGO_MAXIELCOR_PORTUGUES.pdf. Acesso em: 20 maio 2022.

ELGAS, S. R. O. Telves. Program TELVES.EXE is intended for communication with devices miniELCOR, maxiELCOR, ELCOR-2, DATCOM-2, DATCOM-AMR, DATCOM-AMR2, DATCOM-AMR3, and DATCOM-K4. c2022. Disponível em: https://canalfornecedor.gasbrasiliano.com.br/media/arquivos/CATALOGO_MAXIELCOR_PORTUGUES.pdf. Acesso em: 21 maio 2022.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanco energético Nacional 2021**: ano base 2020. Rio de Janeiro: EPE, 2021.

GASBRASILIANO. **Manual de instalações gás natural**: segmentos residencial e comercial. [2014]. Disponível em: <https://www.gasbrasiliano.com.br/media/upload/manual-gas-natural.pdf>. Acesso em: 20 maio 2022.

GOMES, LEDA; HOLLANDA, Lavinia; MUÑOZ, Camilo Poppe de Figueredo. **GÁS natural: Cadernos FGV Energia**. Rio de Janeiro: FGV, v. 1, n. 2, nov. 2014.

Disponível em:

https://www.fgv.br/fgvenergia/caderno_gas_natural/files/assets/common/downloads/caderno_g.pdf. Acesso em: 15 maio 2022.

GAS METERS WITH A CORRECTOR ATTACHED. **Shell Energy**. Disponível em: <https://help.business.shellenergy.co.uk/hc/en-us/articles/360015148617-Gas-meters-with-a-corrector-attached>. Acesso em: 13 de jun. de 2022.

GASMIG. **Gás natural**: composição. Belo Horizonte, [2018]. Disponível em: <http://www.gasmig.com.br/GasNatural/Paginas/Composicao.aspx>. Acesso em: 23 mar. 2022.

IMETER, Innovative Gas Metering Solutions. **Rotary gas meter series iMRM**: metering and measurement. Winterswijk, [2017]. Disponível em: http://www.miremisurazionegas.it/uploaded/20070927_153838_iMRM.pdf. Acesso em: 20 maio 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE PETRÓLEO E GÁS. **Maiores produtores mundiais de gás natural em 2020**. Brasília, 2021. Disponível em: <https://www.ibp.org.br/observatorio-do-setor/snapshots/maiores-produtores-mundias-de-gas-natural-em-2020/>. Acesso em: 23 mar. 2022.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 12213-2:2006**. Natural gas — Calculation of compression factor — Part 2: Calculation using molar-composition analysis. Geneva: ISO, 2006. Disponível em: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:12213:-2:ed-2:v1:en>. Acesso em: 21 maio 2022.

ISTO É DINHEIRO. **Consumo de energias fósseis é de 80% do total, igual a dez anos atrás**. 15 jun. 2021. Disponível em: <https://www.istoedinheiro.com.br/consumo-de-energias-fosseis-e-de-80-do-total-igual-a-dez-anos-atras/>. Acesso em: 13 mar. 2022

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA et al. **Estudo sobre o aproveitamento do gás natural do pré-sal**. Brasília: MME, 2020.

MONTEIRO, J. V. F.; SILVA, J. R. N. M. **Gás natural aplicado à indústria e ao grande comércio**. São Paulo: Blucher, 2010.

PACHECO, C.; CASTRO, N. J. O GNV: gás natural veicular: principais características técnicas e perspectivas de expansão no Brasil. **Boletim do Gás Natural**, Rio de Janeiro, n. 1, p. 1–3, 2004. Disponível em: <http://www.nuca.ie.ufrj.br/publicacoes.html>. Acesso em: 27 mar. 2022.

PDBL WERS INC. **The Dresser meter operating principle**. Gainesville, [2017]. Disponível em: <https://www.pdblowers.com/products/dresser-meters-and-instruments/>. Acesso em: 21 maio 2022.

RÁDIO ITATIAIA. **Número de motoristas que escolhem gás natural como combustível aumenta 500% em Minas.** 12 maio 2021. Disponível em: <https://www.itatiaia.com.br/noticia/numero-de-motoristas-que-escolhem-gas-natural-como-combustivel-aumenta-500-em-minas>. Acesso em: 24 maio 2022.

SCHULER, A. **Cromatografia a gás e a líquido:** detectores, aquisição de dados, validação estatística. 11. ed. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2009.

SMIL, V. **Natural Gas.** Chichester: Wiley, 2015.

SOUSA, F. P. **Projeto básico de uma estação de medição de gás natural.** 2020. 95 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2020. Disponível em: <https://app.uff.br/riuff/bitstream/handle/1/16467/TCC%20FINAL%20-%20Fabio%20Pereira%20De%20Sousa.pdf;jsessionid=65831A14AB8AEA340E96B77B3CCDB48E?sequence=1>. Acesso em: 15 maio 2022.

STARLING, K. E. **Hydrocarbon mixture equations of state and their impact on gas flow measurement.** Norman, 2019. Disponível em: <https://nfogm.no/wp-content/uploads/2019/02/1994-K01-Hydrocarbon-Mixture-Equations-of-State-and-their-Impact-on-Gas-Flow-Starling-University-of-Oklahoma.pdf>. Acesso em: 21 maio 2022.

TEIXEIRA, J. P. B. **Gás natural:** o energético mais competitivo. Rio de Janeiro: PoD, 2015.

THE NEWS. **Um ângulo diferente do conflito.** 7 fev. 2022. Disponível em: <https://thenewsc.com.br/2022/02/07/um-angulo-diferente-do-conflito/>. Acesso em: 24 mar. 2022.