UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
ENGENHARIA DE BIOPROCESSOS E BIOTECNOLOGIA

Isabella Carvalho

ANÁLISE E DIMENSIONAMENTO DE TUBULAÇÕES PARA DISTRIBUIÇÃO DE GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO (GLP)

ARARAQUARA
2022

Isabella Carvalho

ANÁLISE E DIMENSIONAMENTO DE TUBULAÇÕES PARA DISTRIBUIÇÃO DE GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO (GLP)

Trabalho de conclusão de curso apresentado no curso de graduação em Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - UNESP na Faculdade de Ciências Farmacêuticas do campus de Araraquara - SP.

Orientadora: Prof.ª Dr.ª Valéria de Carvalho Santos Ebinuma

ARARAQUARA

2022

Carvalho, Isabella.
C331a Análise e dimensionamento de tubulações para distribuição de gás liquefeito de petróleo (GLP) / Isabella Carvalho. – Araraquara: [S.n.], 2022.
40 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação - Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia) – Universidade Estadual Paulista. "Júlio de Mesquita Filho". Faculdade de Ciências Farmacêuticas. Área de Bioprocessos e Biotecnologia.

Orientadora: Valéria de Carvalho Santos Ebinuma.

1. Projeto. 2. Tubulação. 3. Indústria. 4. Gás Liquefeito do Petróleo. 5. Dimensionamento. 6. Caldeira. 7. Regulador de Pressão. I. Ebinuma, Valéria de Carvalho Santos, orient. II. Título.

Diretoria do Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - Faculdade de Ciências Farmacêuticas
UNESP - Campus de Araraquara
Esta ficha não pode ser modificada

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por iluminar meu caminho todos os dias.

Agradeço a minha família, minha mãe Eliana, meu pai Sanzio, e meu irmão Lucas, que sempre me apoiaram e me deram oportunidades para crescer e me tornar quem sou hoje.

Ao meu namorado Lucas, que me ajudou e me apoiou durante toda minha trajetória na faculdade.

A todos os meus amigos que direta ou indiretamente participaram da minha formação, e vibraram a cada conquista.

Aos meus professores, em especial a Prof.ª Dr.ª Valéria de Carvalho dos Santos Ebinuma pela oportunidade e apoio durante a elaboração deste trabalho.

E por fim, a UNESP e FCFAr por proporcionarem a oportunidade de um ensino superior de qualidade e contribuírem para meu crescimento profissional e pessoal.

RESUMO

A elaboração de um projeto de tubulação industrial é um processo dinâmico e detalhado, uma vez que deve obedecer a alguns critérios para satisfazer as necessidades da indústria ou de qualquer estabelecimento que requer um sistema de tubulação. Os sistemas de tubulação são empregados em grande escala para viabilizar produções, armazenamento e distribuição de diferentes fluidos. A boa eficiência de um sistema de tubulação demanda um projeto detalhado, bem construído e que engloba as exigências e instâncias do local que a receberá. Os projetos de tubulação, entretanto, não são exclusivos do setor industrial, e na verdade, estão presente em espaços comuns, como restaurantes, shopping centers, residências, entre outros, que necessitem de instalações para o escoamento de diferentes fluidos como o gás que alimenta fogões, fornos, sistemas de aquecimento, lareiras, chuveiros etc. Conforme o crescimento da população, as instalações de tubulação para gás – natural e liquefeito do petróleo (GLP) – crescem na mesma proporção para suprir o aumento do número de estabelecimentos alimentícios, residências e de prédios – assim como o número de indústrias, e trazem consigo a evolução das tubulações e suas conexões. Assim, este projeto tem como objetivo abordar os principais aspectos para o dimensionamento de tubulações e, posteriormente, fazer o dimensionamento de tubulação para distribuição de GLP em uma indústria de cosméticos. Para a realização do projeto de tubulação foram utilizadas as normas ABNT 13932, 13523 e 15358, e o *software* AUTOCAD® versão 2019 para o desenho do sistema de tubulação.

Palavras-chave: Projeto; Tubulação; Indústria; Gás Liquefeito do Petróleo; Dimensionamento; Caldeira, Regulador de Pressão.

ABSTRACT

The development of an industrial piping project is a dynamic and detailed process, since it must meet certain needs of the industry or any establishment that requires a piping system is satisfied. Piping systems are used on a large scale to enable production, storage and distribution of fluids. The good efficiency of a piping system demands a precise and well-built project that embraces the requirements and instances of the location that will receive it. Piping systems projects, however, are not exclusive to the industrial sector, and in fact, they are present in common spaces, such as restaurants, shopping malls, residences, among others establishments that need facilities for the outflow of different fluids such as gasses that feeds stoves, ovens, heating systems, fireplaces, showers, etc. As the population grows, pipeline installations for gas - natural (NG) and liquefied petroleum (LPG) - grow in the same proportion to supply the increase in the number of food establishments, residences and buildings - as well as the number of industries, bringing along with them the evolution of pipes and their connections. Thus, this project aims to address the main aspects of the dimensioning of pipes and, later, develop a sizing project for LPG distribution in a cosmetics industry, using ABNT standards 13932, 13523, 15358, and the AUTOCAD® *software* version 2019 for the design of the piping system.

Keywords: Project; Piping Systems; Industry; Liquefied Petroleum Gas; Pipe Sizing; Boiler; Pressure Regulator.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ASME	American Society of Mechanical Engineers
ASTM	American Society for Testing and Materials
ANP	Agência Nacional do Petróleo
ART	Anotação de Responsabilidade Técnica
DN	Diâmetro Nominal
GLP	Gás Liquefeito do Petróleo
GN	Gás Natural
IPS	Iron Pipe Size
NBR	Norma Brasileira
PEX	Polietileno Reticulado Flexível
TRRF	Tempo Requerido de Resistência ao Fogo
QTD	Quantidade

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Aplicações de Projetos de Tubulação.....5

Figura 2 Parâmetros englobados no projeto de tubulação 6

Figura 3 Fotografia do portão de entrada da Interfaces Indústria e Comércio de Cosméticos Ltda. em Vinhedo – SP contendo a logomarca da empresa.....17

Figura 4 Passos para a elaboração de um projeto de tubulação para GLP.....19

Figura 5 Caldeira flamotubular da Interfaces Indústria e Comércio de Cosméticos legendada.....20

Figura 6 Rede coletora da Central de Gás GLP: manômetro e regulador de alta pressão vermelho.....23

Figura 7 Fotografia de cinco cilindros P-190 na instalação de gás da Interfaces Indústria e Comércio de Cosméticos.....26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Especificações da caldeira adquirida pela empresa cliente.....21

Tabela 2 Conexões, válvulas e acessórios da rede de distribuição de gás GLP.....25

Tabela 3 Orçamento dos materiais componentes da rede de distribuição de GLP.....28

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 Principais materiais utilizados na fabricação de tubos.....8

Quadro 2 Significado das cores nas tubulações industriais segundo a NBR 6493.....10

Quadro 3 Tipos de válvulas em uma central de GLP segundo a ABNT NBR 13523:2017.....12

Quadro 4 Poder calorífico inferior de diferentes tipos de combustíveis.....21

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 5

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 7

2.1 Tipos de tubulação 7

2.2 Coloração das tubulações 9

2.3 Válvulas 10

2.4 Conexões 12

2.5 Dimensionamento das tubulações 13

2.6 Normas gerais e Central de Gás 14

2.6.1 Etapas de instalação de central de GLP 15

3 OBJETIVOS 16

3.1 Geral 16

3.2 Específicos 16

4 METODOLOGIA 16

5 ESTUDO DE CASO 17

5.1 Análise de custos 27

6 CONCLUSÃO 29

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 30

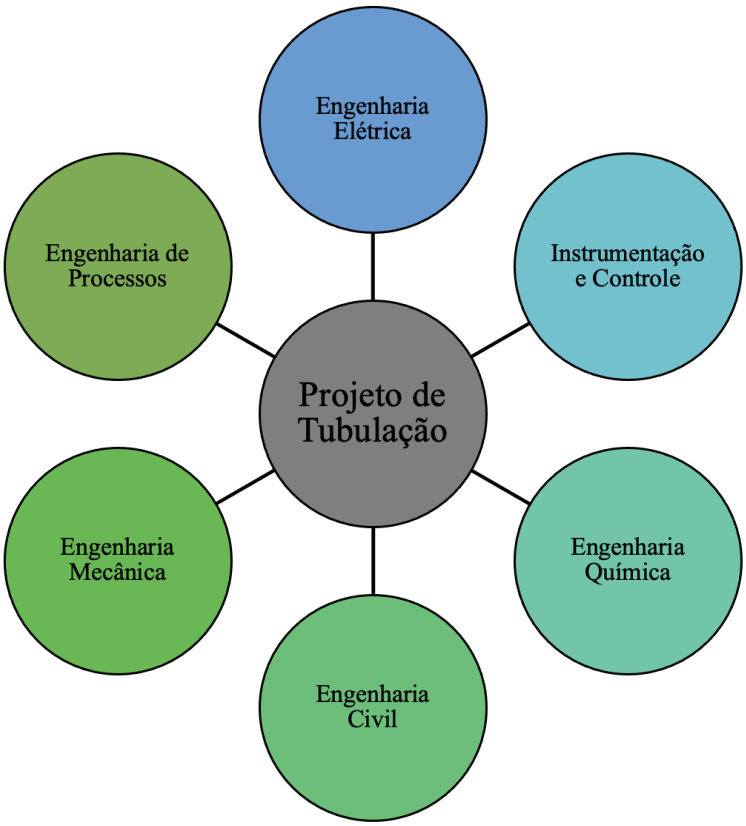
APÊNDICE A – Cálculos 32

APÊNDICE B – Prancha 1: Projeto de Instalação para Rede de Distribuição para GLP 33

1 INTRODUÇÃO

Tubulações industriais são o conjunto de elementos de ligação entre equipamentos por onde circulam fluidos (líquidos, gases, materiais pastosos e fluidos com sólidos em suspensão) e podem ser compostos por tubos e acessórios, tais como, curvas, tês, flanges, válvulas, purgadores, entre outros (MACINTYRE,1997). As tubulações industriais, são amplamente utilizadas em diversas áreas da engenharia, tais como indústrias de processamento, indústrias químicas, alimentícias, refinarias de petróleo, sistema de irrigação, redes de esgoto, redes de fornecimento de gás em residências, edifícios e comércios (SAKHARKAR *et al*., 2018). A Figura 1 apresenta as principais áreas que aplicam projetos de tubulação industrial.

Figura 1. Aplicações de Projetos de Tubulação.



Fonte: Adaptado de: SAKHARKAR et al., 2018.

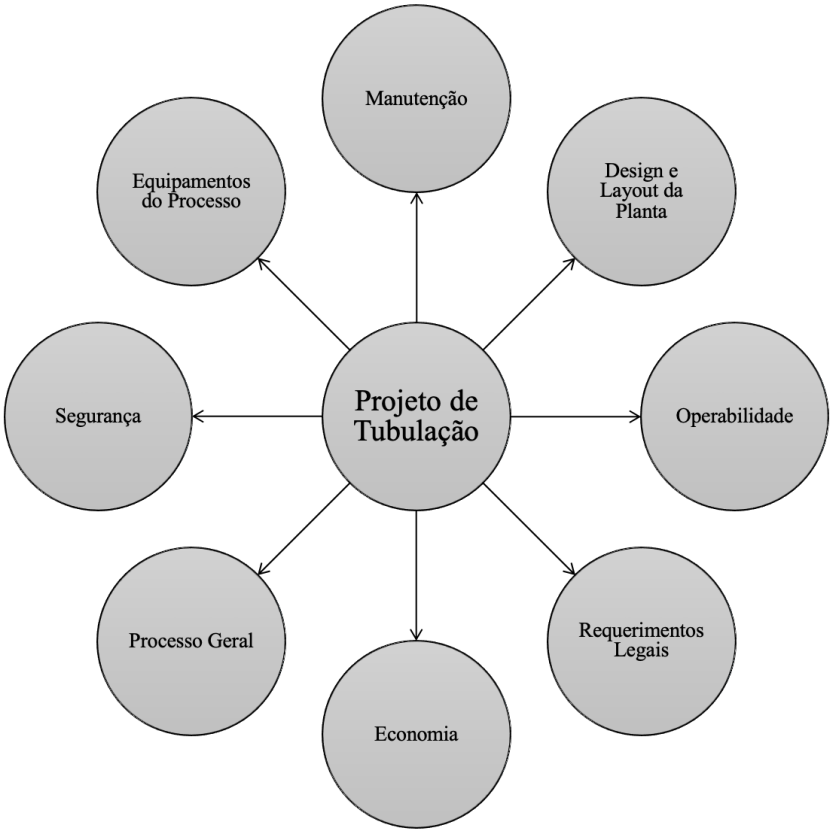
As tubulações industriais podem ser classificadas como tubulações internas ou externas às áreas de instalações industriais. Como exemplo de tubulações internas às instalações industriais, pode-se citar tubulações de processo, de utilidades, e de drenagem. Já as tubulações externas, são tubulações de transporte e de distribuição, tais como redes de

distribuição de gás natural (GN), gás liquefeito do petróleo (GLP), ou redes de coleta de fluidos como água ou vapor (TELLES, 1999).

As tubulações são elementos cruciais no projeto de uma instalação industrial, uma vez que o sistema de tubos é responsável pelo transporte de fluidos ou de matéria prima entre diversos equipamentos, os quais devem operar de forma coletiva e integrada. O desenvolvimento não adequado de um projeto de tubulação pode acarretar em mau funcionamento dos processos industriais, comprometendo a atividade da indústria. Tais problemas podem ser ocasionados por erros de dimensionamento do diâmetro nominal, material do tubo, cálculo de perdas de carga e fator de simultaneidade (quando dois ou mais equipamento são usados ao mesmo tempo), entre outros (TELLES, 1999).

Para construir um sistema de tubulação, é necessária uma análise minuciosa de alguns parâmetros como: diâmetro da tubulação, resistências mecânica, química e térmica, sistemas de ligações, segurança, facilidade de fabricação, manutenção e montagem, requerimentos e normas legais, entre outros (SAKHARKAR et al., 2018). A Figura 2 apresenta os parâmetros englobados para o desenvolvimento de um projeto de tubulação.

Figura 2. Parâmetros englobados no projeto de tubulação.



Fonte: Adaptado de: SAKHARKAR et al., 2018.

Os avanços na tecnologia e no estudo das tubulações cresce conforme a demanda do mercado de suprir as indústrias e estabelecimentos que dependem de tais sistemas para garantir sua produtividade. Um exemplo disso, seria a evolução do consumo de Gás Liquefeito de Petróleo (GLP). Segundo o Sindicato Nacional das Empresas Distribuidoras de Gás Liquefeito de Petróleo – Sindigás, é notório o crescimento vegetativo, ou seja, que acompanha o crescimento populacional, no volume de venda de GLP nos últimos 10 anos. Em decorrência disso, percebe-se como o mercado de projetos de instalações para gases (natural e liquefeito do petróleo) evolui na mesma proporção.

Antes dos anos 90, as instalações de tubulação para GLP eram feitas majoritariamente em cobre, um material que apresenta excelente resistência ao ataque da atmosfera, água, álcalis, ácidos diluídos, entre outros. É um material metálico e, portanto, uma tubulação de cobre é caracterizada por ser rígida. A utilização da tubulação de cobre para essas instalações ainda é usual, porém, o uso da tecnologia do sistema de PEX (tubulação de polietileno reticulado) para gás, começou a ser aplicada cada vez mais (EMMETI, 1998), sendo possível encontrar instalações utilizando os dois materiais de forma simultânea (tubulação híbrida), como por exemplo o cobre na rede coletora do gás e o PEX na rede de distribuição.

A condução de gás com o sistema PEX oferece facilidades e vantagens para a instalação, entre elas a simplificação do sistema de tubulação através do menor uso de conexões (vantajoso para redução da perda de carga do sistema), redução no tempo de instalação, flexibilidade dos tubos, além de apresentar um bom custo benefício (EMMETI, 1998). Contudo, essa tecnologia se restringe a tubulações embutidas ou não aparentes, uma vez que são necessários outros acessórios para mantê-las de forma aérea, dando espaço ao cobre, um material rígido e com preço acessível.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A seguir será abordada a revisão bibliográfica sobre tubulações industriais, englobando tubos, válvulas, conexões, parâmetros para o dimensionamento de tubulações assim como suas respectivas normas para GLP.

2.1 Tipos de tubulação

O tubo é a principal artéria que conecta as várias peças de processo e equipamentos de utilidade dentro de uma planta de processo. Há uma grande variedade de tipos de materiais empregados na fabricação de tubos, mas majoritariamente, seguindo padrões adotados em diferentes países como Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e American

Society of Mechanical Engineers (ASME), estes são de construção metálica (SMITH, 2007). Segundo Telles (1994), os principais materiais utilizados para a fabricação de tubos estão descritos no quadro a seguir.

Quadro 1. Principais materiais utilizados na fabricação de tubos.

Metálicos	**Não Metálicos**	**Plásticos**	**Aço com Revestimento**
Aços Carbono	Cimento-Amianto	PVC	Zinco
Aços Liga	Concreto Artmado	Polietileno	Aços Inoxidáveis
Ferro	Barro Vidrado	Poliésteres	Materiais Plásticos
Cobre	Vidros	Acrílicos	Elastômeros
Latão	Cerâmicas	Acetato de Celulose	Vidros
Cobre-Níquel	Porcelanas	Fenólicos	Porcelanas
Alumínio	Elastômeros	Epóxi	Asfalto
Chumbo			Concreto
Titânio			

Fonte: Adaptado de TELLES *et al.*, 1994.

Ao definir o material da tubulação a ser empregada, devem ser considerados fatores como natureza do fluido conduzido, condições de operação (pressão e temperatura), níveis de esforço do material - ou seja, a resistência mecânica do material, a natureza dos esforços mecânicos (tração, compressão, flexão, etc.), disponibilidade de materiais, sistemas de ligação empregados, custo do material, segurança - avaliando o risco potencial da tubulação, experiências prévias, dificuldade de fabricação e montagem, velocidade do fluido, perdas de carga, tempo de vida útil do material e o previsto para a tubulação, tipo de fabricação do tubo, e existência de costuras (união de tubos através de rosca ou solda) (TELLES, 1994).

Quando se trata de tubulação para gases, deve-se avaliar as características do gás e suas condições de operação. Os gases liquefeitos quando secos, acima do seu ponto de orvalho, são normalmente pouco corrosivos, e por isso a seleção do material da tubulação depende unicamente da temperatura. A American Society for Testing and Materials (ASTM) definiu vários padrões de materiais para a indústria de petróleo e gás. As propriedades desses

materiais dependem das propriedades químicas dos fluidos a serem manuseados, da temperatura e da pressão do projeto, bem como do método de fabricação dos acessórios acoplados à tubulação.

Nas tubulações para gases em refinarias, indústrias petroquímicas, usinas etc., são comumente empregados tubos de aço-carbono, aços-liga e aços inoxidáveis dependendo das condições de pressão temperatura de operação do fluido conduzido (TELLES, 1994). Nas tubulações comerciais e residenciais são geralmente empregados tubos de cobre e PEX.

Segundo a ABNT NBR 15358:2017, para a execução da rede de distribuição interna para gases combustíveis em instalações de até 400 kPa, são admitidos:

- Tubos de condução de aço-carbono, com ou sem costura, conforme ABNT NBR 5580 ou no mínimo classe média, ABNT NBR 5590 no mínimo classe normal e API 5-L no mínimo grau A com espessura mínima correspondente a schedule 40 (SCH40), conforme ANSI/ASME B36.10M;
- Tubos de condução de cobre rígido, sem costura, conforme ABNT NBR 13206;
- Tubos de condução de cobre flexível, sem costura, classes 2 (espessura de 0,8 a 1mm) ou 3 (espessura de 1 a 1,2mm), conforme ABNT NBR 14745;
- Tubos de condução de polietileno de alta densidade PE80 e PE100 (PE80 confere maior flexibilidade e PE100 maior rigidez), para redes enterradas, conforme ABNT NBR 14462, somente utilizados em trechos enterrados e externos às projeções horizontais das edificações.

Os tubos feitos de materiais poliméricos vêm ganhando cada vez mais espaço nas redes de tubulações para o gás natural e o GLP. A tecnologia desse tipo de tubulação oferece as mesmas propriedades condutivas dos tubos metálicos, além de serem baixos ou quase isentos de corrosão, oferecendo vantagens consideráveis em termos de segurança, durabilidade e economia. A flexibilidade dos tubos plásticos também se mostra como uma vantagem na escolha desse material, uma vez que essa característica dispensa a necessidade de soldagem.

2.2 Coloração das tubulações

Por motivos de segurança, existe uma padronização com o uso de cores para tubulações, o que possibilita a identificação dos tubos empregados para a condução de líquidos e gases. A NBR 6493 de 10/1994 – Emprego de cores para identificação de tubulações determina condições para o uso de cores na identificação de tubulações para a condução de fluidos. Além da identificação colorimétrica dos tubos, outras normas

específicas também são implementadas em determinadas atividades conforme necessidade. O uso de cores e outros recursos de sinalização, como placas, são essenciais para a segurança do local e da mão de obra responsável.

As cores das tubulações são padronizadas pela NBR 6493 conforme o Sistema de Cores Münsell, a qual é utilizada ainda hoje nas áreas da engenharia elétrica nas cores de painéis elétricos, engenharia ambiental, agronomia e pedologia. Nas tubulações para gases não liquefeitos, como é o caso do GN e do GLP, utiliza-se a coloração amarela para identificação. No quadro 2 abaixo, estão descritas as cores e seus respectivos significados.

Quadro 2. Significado das cores nas tubulações industriais segundo a NBR 6493.

Cor	Significado
Vermelho	Tubulações do sistema de combate à incêndio
Amarelo	Gases não liquefeitos.
Azul	Ar comprimido
Cinza Claro	Vácuo
Branco	Vapor
Laranja	Produtos químicos não gasosos
Verde	Água - exceto combate à incêndio
Marrom	Materiais fragmentados, minério, petróleo bruto
Cinza Escuro	Eletrodutos
Púrpura *Munsell*	Lixívia, Álcalis, Soda Cáustica
Preto	Inflamáveis e combustíveis de alta viscosidade

Fonte: Próprio autor, 2021.

2.3 Válvulas

As válvulas são dispositivos mecânicos que controlam a vazão e a pressão dentro de um sistema ou processo. São componentes essenciais de um sistema de tubulação que transporta líquidos, gases, vapores, ou sólidos fluidificados, e suas funções englobam

acionamento e interrupção do fluxo, assim como seu aumento ou diminuição, direcionamento do fluido, e regulagem da pressão do processo (TELLES, 1994). Em um projeto de instalação de tubulações, é interessante que exista sempre o menor número de válvulas possível, uma vez que são dispositivos de valor alto e introduzem grandes perdas de carga ao processo. As válvulas são, entretanto, peças indispensáveis, sem as quais as tubulações não teriam funcionalidade alguma (SÖLKEN, 2021).

Segundo Telles (1994), há diferentes tipos de válvulas, sendo algumas para finalidades gerais e outras para finalidades mais específicas. Essas podem ser classificadas em:

1. Válvulas de bloqueio: usadas para acionar ou interromper o escoamento, e por isso funcionam totalmente abertas ou fechadas;
2. Válvulas de regulagem: usadas para controlar o fluxo, podendo funcionar com abertura/fechamento parciais;
3. Válvulas que permitem o fluxo em um só sentido: usadas para reter o contra fluxo;
4. Válvulas que controlam a pressão de montante: válvulas de segurança, alívio e excesso de vazão;
5. Válvulas que controlam a pressão de jusante.

Em um projeto de instalação para central de GLP, todas as tubulações da fase líquida e fase de vapor conectadas aos recipientes devem possuir no mínimo uma válvula de abastecimento, válvula para consumo, indicador de nível máximo de enchimento, válvula(s) de segurança conectada(s) com a fase de vapor do GLP no recipiente (tanque), um sistema de drenagem e indicador de nível volumétrico. O quadro 3 a seguir foi elaborado conforme a ABNT NBR 13523:2017 para o uso de válvulas em projetos de instalações para central de gás. Vale ressaltar que cada projeto demanda um conjunto de válvulas diferentes, por isso é necessário avaliar a instalação como um todo, assim como sua finalidade e equipamentos envolvidos para definir o emprego correto das válvulas no sistema de gás. As mais utilizadas, contudo, são as válvulas de retenção do tipo pistão e válvulas tipo esfera para liberar ou bloquear o fluxo de gás.

Quadro 3. Tipos de válvulas da central de GLP segundo a ABNT NBR 13523:2017.

Válvula	Especificações
Segurança e Alívio	Tipo Mola
Abastecimento	Não há especificação
Equalização de Pressão	Tipo Retenção (Check Valves)
Bloqueio de Linha	Tipo Esfera
Excesso de Fluxo	Não há especificação
Retenção	Tipo Portinhola ou Pistão (com ou sem mola)

Fonte: Próprio autor, 2021.

É importante ressaltar que as válvulas devem receber o mesmo tratamento de proteção adequada contra corrosão como o resto dos componentes do projeto de tubulação.

Como mencionado, a válvula mais utilizada em projetos de tubulação para gases é a de retenção, a qual permite a passagem do fluido em apenas um sentido com fechamento automático devido a diferença de pressão - impedindo qualquer retorno do fluido no sentido contrário do escoamento. Por isso, as válvulas de retenção são consideradas de fechamento automático. Existem três tipos de válvulas de retenção mais utilizadas, entre elas, as duas supracitadas no quadro 2: portinhola e pistão. As válvulas de retenção do tipo portinhola têm seu fechamento realizado por uma portinhola articulada que se assenta na sede da válvula. As do tipo pistão tem seu fechamento feito através de um tampão que é mantido suspenso pela pressão do fluido sobre sua face inferior. As válvulas do tipo pistão apresentam perda de carga maior em relação às do tipo portinhola (TELLES, 1994). Segundo a norma ABNT NBR 15358 as válvulas utilizadas na rede de distribuição de GLP devem ser do tipo Esfera, utilizadas para bloqueio e acionamento do fluxo de gás pela tubulação.

2.4 Conexões

As conexões são componentes de tubulação que ajudam nas mudanças na direção do fluxo, como cotovelos e tês, alteram o tamanho do tubo, como redutores e tês de redução, conectam diferentes componentes, como acoplamentos, e interrompem os fluxos, como

tampões (*caps*) e bujões (*plugs*). Segundo Telles (1994), a classificação das conexões é feita de acordo com a finalidade da conexão:

1. Mudança de direção na tubulação;
2. Derivação na tubulação;
3. Mudança de diâmetro na tubulação;
4. Ligações de tubos entre si;
5. Fechamento da extremidade de um tubo.

Assim como existem uma série de materiais para manufatura de tubos, tem-se analogamente para conexões, cada qual com sua vantagem e desvantagem para determinado processo. De acordo com a norma da ABNT NBR 15358:2017, para a execução das conexões em redes de distribuição interna para gás combustível, como o GLP, em instalações de uso não residencial, são admitidos:

a) conexões de aço forjado;
b) conexões de ferro fundido maleável;
c) conexões de cobre e ligas de cobre para acoplamento soldado ou roscado dos tubos de cobre;
d) conexões de polietileno (PE80 ou PE100) para redes enterradas;
e) conexões para transição entre tubos de polietileno e tubos metálicos, para redes enterradas;
f) conexões de ferro fundido maleável com terminais de compressão para uso com tubos de polietileno, ou transição entre tubos de polietileno e tubos metálicos, para redes enterradas.

As conexões, por vez, devem ser escolhidas de acordo com a necessidade do projeto para suprir as necessidades de abastecimento da planta.

2.5 Dimensionamento das tubulações

Durante os primeiros anos da indústria de petróleo e gás nos Estados Unidos, o sistema dimensional era conhecido como *iron pipe size* (IPS). Foi mensurado o diâmetro interno aproximado do tubo em polegadas, de forma que o tubo IPS 6 tem um diâmetro interno de aproximadamente 6 polegadas. Mas conforme a indústria de óleo e gás se desenvolveu, novos materiais mais modernos e sofisticados foram desenvolvidos e se tornaram disponíveis, como aço carbono em suas várias formas e o aço inoxidável. O sistema

dimensional original exigiu atualização para acomodar as características aprimoradas que esses novos materiais trouxeram (SMITH, 2007).

O avanço na tecnologia dos materiais permitiu uma maior tolerância à corrosão, e consequentemente, resultou em uma possibilidade de redução da espessura da parede e peso das tubulações. A menor espessura dos tubos exigiu um novo método de identificação, e sua nova designação, conhecida como “tamanho nominal do tubo”, substituiu a terminologia IPS, e o termo schedule (SCH) foi aplicado para especificar a espessura nominal da parede do tubo (SMITH, 2007).

As tecnologias emergentes também garantem uma maior condescendência quando se trata dos esforços submetidos à rede de tubulação. Esses esforços são classificados em dois grupos distintos, mas que interagem de forma concomitante nas tubulações e provocam tensões primárias e secundárias. As tensões primárias da rede de tubulação são originadas devido à pressão interna do tubo, peso próprio e do fluido transportado, e possíveis sobrecargas; e restritas ao regime elástico (inferiores ao limite de escoamento). Já as tensões secundárias são limitadas ao regime plástico (superiores ao limite de escoamento) e originadas, em sua maioria, devido à expansão térmica do material construtor, impedindo a dilatação do tubo e gerando esforços seguidos de tensões (PEREIRA, 2015).

Tubos usados dentro de uma planta processadora são fabricados para um conjunto de requisitos específicos e seu diâmetro nominal depende do seu material de construção e tamanho da tubulação. Segundo a norma ABNT NBR 13932, o diâmetro nominal mínimo admitido nas redes de GLP é de 15 mm (½”). Deve-se, entretanto, respeitar a faixa de pressão de funcionamento dos equipamentos utilizados no processo, e considerar os trechos retos somados aos comprimentos equivalentes de conexões e válvulas que compõem o sistema de tubulação.

2.6 Normas gerais e Central de Gás

A central de gás deverá seguir as normas especificadas, conforme a norma NBR ABNT 13.523:

- O afastamento mínimo da central deve ser 3 m de passeio público de acordo com a tabela 2 item C (NBR 13.523);
- As paredes da central devem ser resistentes ao fogo com TRRF (tempo requerido de resistência ao fogo) de 2 horas, e com material aprovado conforme NBR 10.636;
- Deve conter dois extintores 20-BC (extintor de pó químico);

- Deve ser acessado somente por pessoal autorizado e avisos com letras não menores que 50 mm em quantidade tal que possam ser visualizados de qualquer direção de acesso a central com os dizeres: “Perigo”, “Inflamável”, e “Proibido fumar”;
- O abrigo onde deverão ser assentados os tanques deve ter base em concreto de no mínimo 5 cm e laje, ambos com declive que permitam o escoamento para fora de sua projeção;
- A altura livre da central deve ser de 1,80 m até a laje.

As tubulações de gás não podem passar no interior de qualquer tipo de forro falso, *drywall*, bloco estrutural e/ou de vedação, piso falso, duto, caixa ou compartimento não ventilado, que propicie o acúmulo de gás em caso de um eventual vazamento, conforme a norma ABNT NBR 15.526. As tubulações de GLP devem ser amarelas, identificadas e devem prever devida proteção conforme norma.

Para as tubulações embutidas, na travessia de elementos estruturais, deve-se evitar contato da tubulação com os elementos evitando tensões de estrutura. Em paredes construídas em alvenaria, pré-moldadas e sistemas *drywall*, a tubulação de gás deve ser envolta com argamassa de cimento e areia, evitando-se contato com materiais porosos, heterogêneos ou potencialmente corrosivos. Além das tubulações, deve ser instalada válvula de bloqueio manual sempre a montante dos seguintes pontos: reguladores, prumadas, medidores e pontos de consumo. A válvula dos pontos de consumo dever ter livre acesso, não podendo ser localizado atrás de qualquer equipamento.

A instalação de gás e dos aparelhos que utilizam gás no interior das unidades autônomas deve ser executada somente em locais que obedeçam às diretrizes da norma ABNT NBR 13.103 e devem atender aos requisitos de volume bruto mínimo e área total útil das aberturas de ventilação, definidos em função do tipo e potência dos aparelhos a gás a serem instalados.

2.6.1 Etapas de instalação de central de GLP

Segundo a ABNT NBR 13.523, as etapas de uma instalação de central de GLP estão listadas a seguir:

1. O dado inicial para a instalação é a demanda de consumo dos equipamentos envolvidos na instalação: cálculo da vazão de gás necessária em kg/h;
2. Determinação do tipo e quantidade de recipientes, localização da central de armazenamento de gás: cálculo da vaporização e área disponível para a central;
3. Avaliação e definição da forma e periodicidade de abastecimento;

4. Verificação de projeto: atendimento de pontos técnicos e legislativos locais;
5. Montagem da central e testes: testes de estanqueidade e emissão de ART e laudo;
6. Comissionamento e início de operação;
7. Inspeções periódicas e manutenções.

3 OBJETIVOS

3.1 Geral

O objetivo do trabalho foi estudar os principais parâmetros para a elaboração de um projeto de tubulação industrial e apresentar um estudo de caso de uma instalação de tubulação para o fornecimento de gás liquefeito do petróleo (GLP) em uma indústria de cosméticos do município de Vinhedo em parceria com a empresa *Totalgás Instalações de Gases Ltda*.

3.2 Específicos

1. Análise dos parâmetros para os cálculos de tubulações industriais;
2. Estudo dos elementos que compõem um projeto de tubulação;
3. Estudo de caso de um projeto de instalação de tubulação para GLP;
4. Precificação de projetos de tubulação industrial.

4 METODOLOGIA

Com base na literatura, foi elaborada uma revisão bibliográfica sobre tubulações industriais, englobando tubos, conexões e parâmetros para elaboração de um projeto de tubulação. Através desta bibliografia e de conhecimentos práticos adquiridos em parceria com a empresa *Totalgás Instalações de Gases Ltda*. de Jundiaí – SP, foi realizado um estudo de caso e desenvolvimento de um projeto de tubulação para GLP a fim de alimentar uma caldeira responsável pelo aquecimento de água dos reatores da empresa-cliente.

Na visita ao local, foi realizado o levantamento das instalações já existentes, como a casa de gás e presença de dois cilindros estacionários. Foram consideradas as necessidades do cliente e dos equipamentos envolvidos no processo operacional da empresa, assim como as especificações dessas máquinas. A análise do local da instalação assim como a medição da distância entre a casa de gás e caldeira também foram realizadas.

Com base nas informações coletadas, foi discutido com a equipe de engenheiros da *Totalgás Instalações* sobre o dimensionamento da tubulação: o material a ser utilizado e o diâmetro da tubulação. Além disso, também foram definidas as válvulas, conexões e o regulador de pressão a ser utilizado no projeto. Através da informação sobre o consumo da caldeira do cliente, foi possível calcular o número de cilindros estacionários que seriam necessários para alimentar o equipamento com GLP, garantindo o bom funcionamento do processo de produção da empresa como um todo.

Após a definição dos parâmetros citados, foi realizada a análise de custos do projeto utilizando o *software* Microsoft Excel, assim como a elaboração do orçamento a ser apresentado e aprovado pelo cliente. Depois da aprovação, deu-se início ao desenvolvimento do projeto em si utilizando o *software* Autodesk AutoCAD® versão 2019, o qual foi posteriormente executado in loco.

5 ESTUDO DE CASO

Em parceria com a *Totalgás Instalações de Gases Ltda*., o presente trabalho traz o estudo de caso da Interfaces Indústria e Comércio de Cosméticos Ltda., empresa localizada em Vinhedo, no estado de São Paulo e que atua na fabricação de cosméticos, produtos de perfumaria e higiene pessoal. A Interfaces conta com uma linha de cosméticos própria, assim como a fabricação de produtos de outras marcas nacionais e importadas. Além da produção de cosméticos, a empresa também atua com a comercialização de seus produtos.

Figura 3. Fotografia do portão de entrada da Interfaces Indústria e Comércio de Cosméticos Ltda. em Vinhedo - SP contendo a logomarca da empresa.



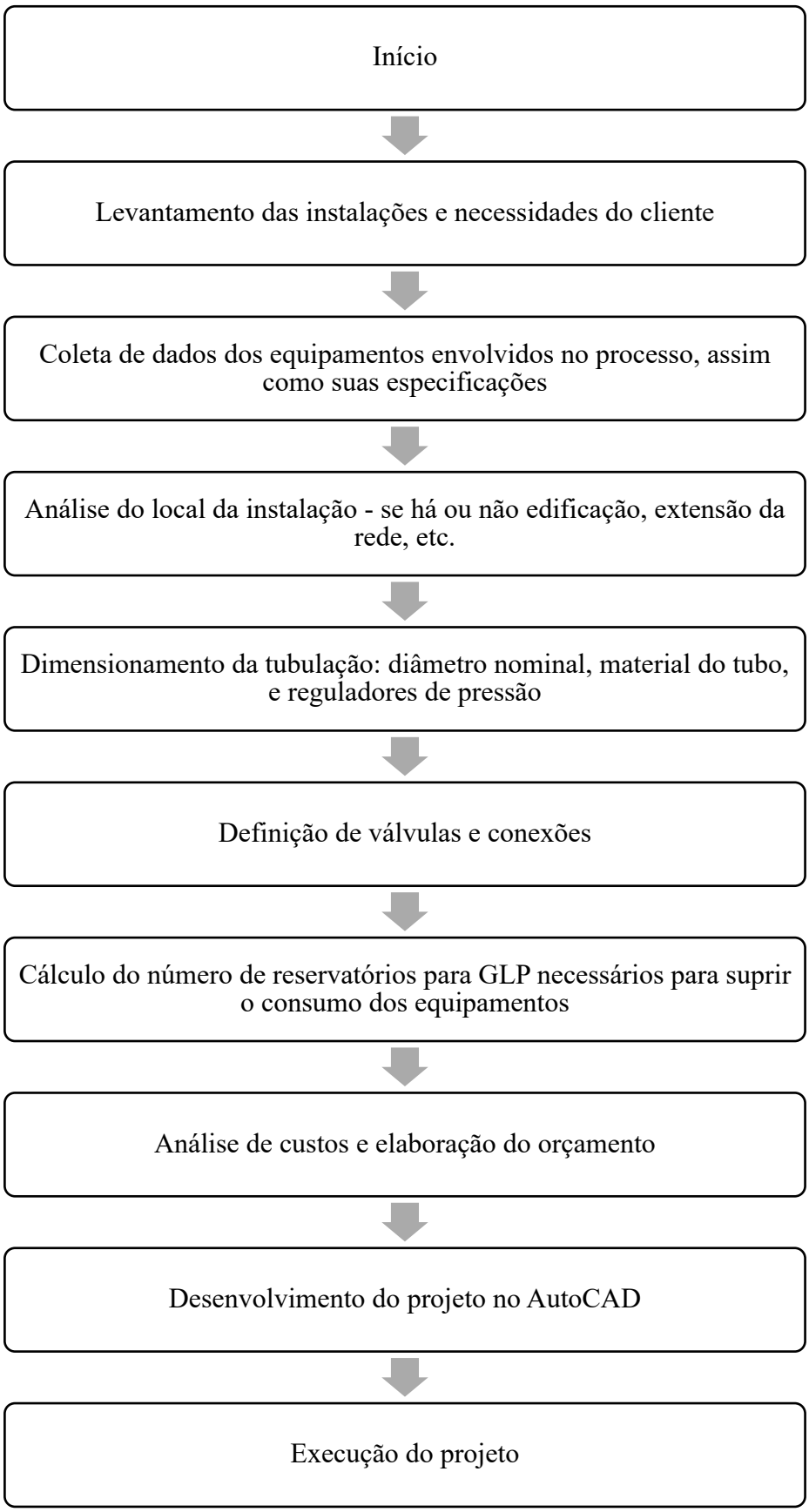
Fonte: Próprio autor, 2021.

As instalações de gás GLP foram feitas inicialmente para a alimentação de dois queimadores industriais, responsáveis por regularem o aquecedor de passagem, o qual realiza a distribuição de água pela planta processadora e aquece a água da camisa do reator principal. A princípio, essa instalação contava com dois cilindros estacionários com capacidade para 190 kg de gás (P-190), e cada um deles com capacidade de vaporização natural de 3,0 a 3,5 kg de gás por hora a uma temperatura ambiente de 20ºC (ANP 18 / 2004: Especificação do GLP).

Durante os testes deste sistema de aquecimento, a engenheira responsável pelo processo sentiu necessidade de trocar os queimadores que estavam sendo utilizados no processo de aquecimento da água do reator por uma caldeira flamotubular de potência mais elevada, o que impactou diretamente na alimentação da caldeira, uma vez que a Central de Gás GLP e sua rede de distribuição não supriam a nova demanda energética do sistema. Por esse motivo, a empresa-cliente solicitou que o projeto de tubulação de GLP fosse redimensionado para atender a nova necessidade.

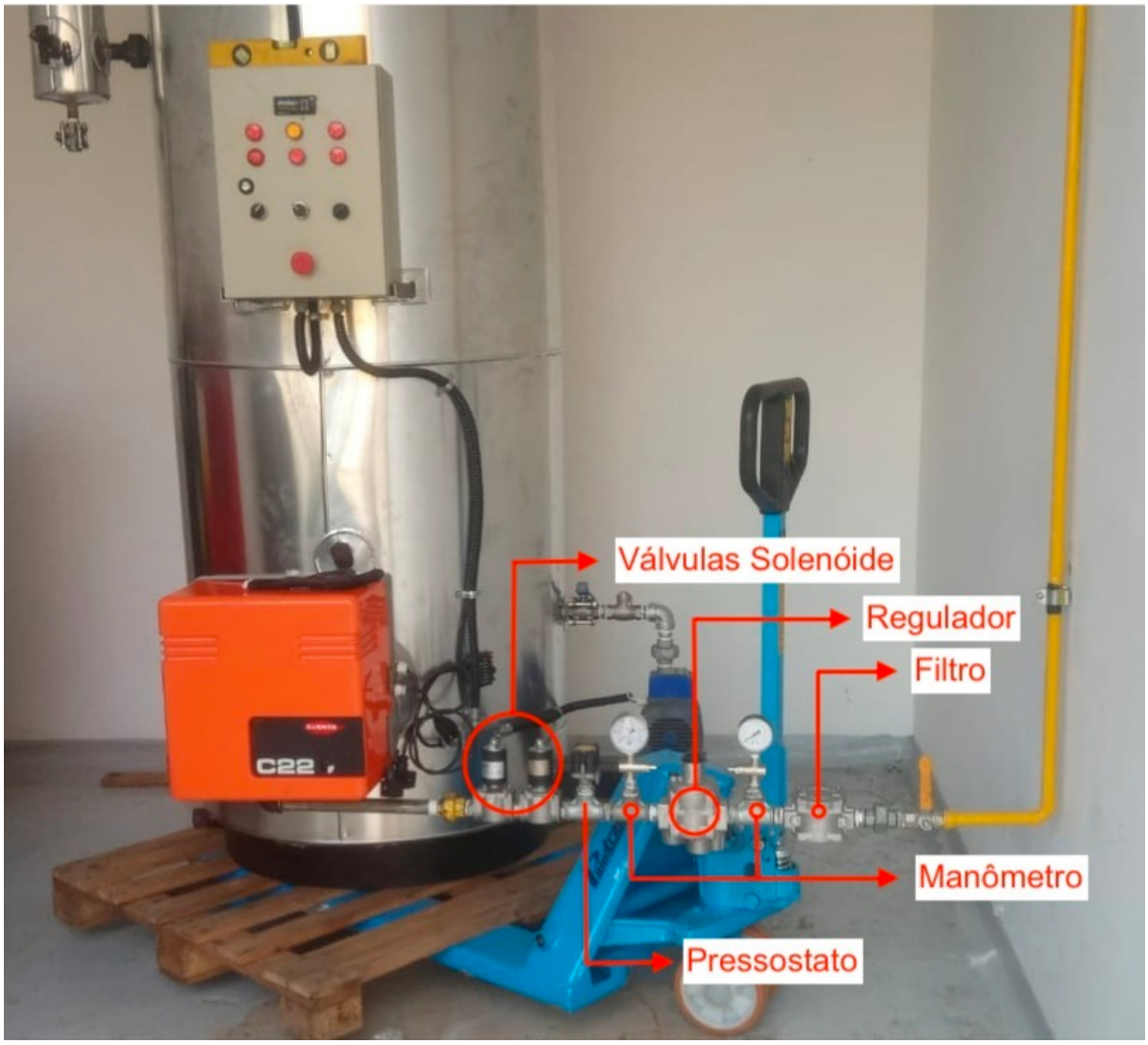
A equipe de engenharia da *Totalgás* recebeu as informações técnicas sobre a nova demanda do processo e dos equipamentos e seguiu os passos descritos no Fluxograma apresentado na Figura 4 para elaborar um novo projeto de tubulação para o fornecimento de GLP à nova caldeira (Figura 5).

Figura 4. Passos para a elaboração de um projeto de tubulação para GLP.



Fonte: Próprio autor, 2022.

Figura 5. Caldeira flamotubular da Interfaces Indústria e Comércio de Cosméticos legendada.



Fonte: Próprio autor, 2021.

O levantamento das necessidades do cliente e da nova caldeira se deu através do contato da Interfaces com a *Totalgás*, informando sobre a nova caldeira que substituiria os dois queimadores anteriores, e fornecendo também as especificações sobre o equipamento. A caldeira adquirida foi comprada seminova e teve que passar por um processo de conversão de combustível, pois sua combustão original era a óleo diesel. Como se sabe, o poder calorífico do GLP é superior ao do diesel (quadro 4), e a empresa optou pela conversão devido a esse fato e às relações que possui com a *Totalgás*, tanto pelos serviços de instalação quanto pelo fornecimento de GLP a granel.

Quadro 4. Poder calorífico inferior de diferentes tipos de combustíveis.

Combustível	Poder Calorífico Inferior
GLP	11.979 kcal/kg
Óleo Diesel	10.931 kcal/kg
Gasolina	10.377 kcal/kg
Etanol	6.437 kcal/kg
Carvão (base úmida)	5.429 kcal/kg

Fonte: Adaptado de: <https://www.antoniolima.web.br.com/arquivos/podercalorifico.htm>.

Seguindo o manual da caldeira, as especificações da mesma foram tabeladas abaixo (tabela 1).

Tabela 1. Especificações da caldeira adquirida pela empresa cliente.

Especificações Caldeira Flamotubular	
Pressão Máxima de Trabalho Admitida	8,0 Kgf/cm²
Potência Térmica (Pico)	200.000 kcal/h
Combustível	Óleo Diesel
Consumo	21 kg/h

Fonte: Próprio autor, 2022.

A coleta de dados e informações supracitadas permitiu que o cálculo do consumo da caldeira após a conversão de combustível de óleo diesel para GLP fosse feito através da utilização da Equação 1 abaixo, conforme ABNT NBR 13523. O novo consumo da caldeira foi de 8,34 m^3/h nas condições normais de pressão e temperatura (Cálculos apresentados no Apêndice A).

$$\text{Consumo do equipamento } [m^3/h] = \frac{\text{Potência Térmica Adotada}}{\text{Poder Calorífico Inferior do GLP}} \quad \text{(Equação 1)}$$

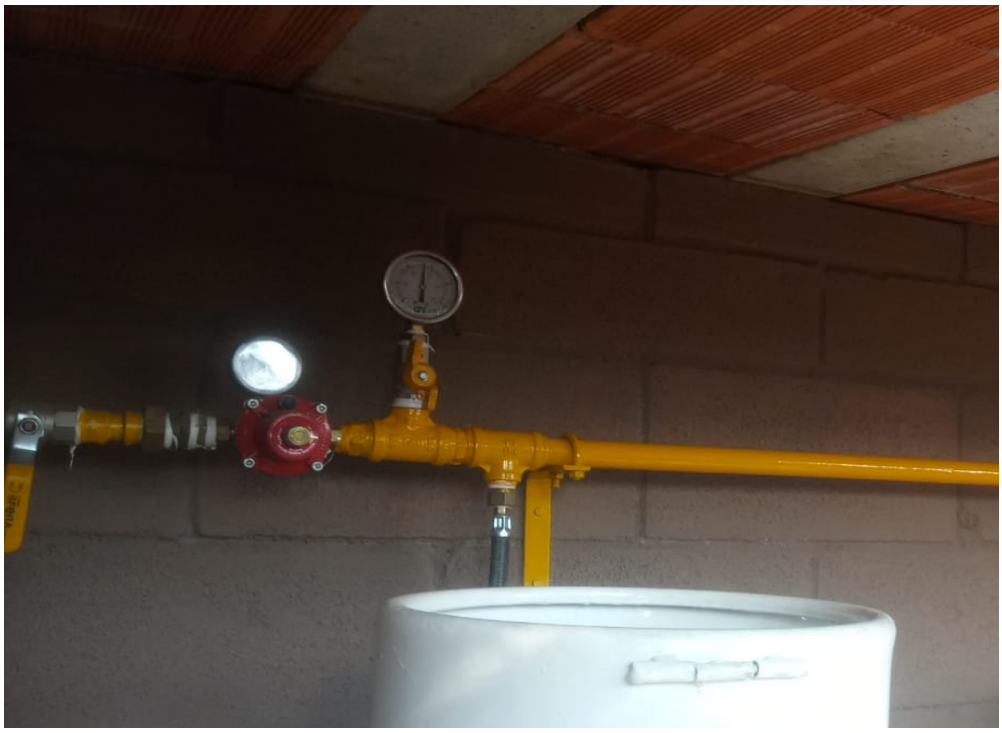
Foi realizada uma visita *in loco* para analisar as necessidades da instalação: local da Central de Gás e suas condições, distância do equipamento até a Central (extensão da rede), viabilidade de tubulações aparentes ou embutidas, existência de edificações, e possíveis perdas de carga significativas à instalação. Nesta visita, foi possível observar, também, outras tubulações já existentes no local, as quais estavam dispostas de forma aparente. A empresa-cliente optou que a instalação da rede de tubulação de gás GLP fosse feita da mesma forma, ou seja, instalada externamente a paredes, pisos ou outros elementos construtivos sem cobertura.

Prontamente, o próximo passo para a elaboração do projeto teve início - o dimensionamento da tubulação: diâmetro nominal, material e tamanho. Majoritariamente, são utilizados três tipos de materiais de tubulação para GLP: cobre, aço carbono e PEX. Os tubos em PEX tem a característica de serem flexíveis e mais econômicos em relação aos tubos de cobre. Os de cobre e aço carbono, por vez, são mais adequados para as tubulações aparentes, pois são tubos metálicos rígidos, porém o cobre se apresenta como um material mais frágil quando comparado com o aço carbono. Uma vez que a tubulação estaria em um local com baixo risco de qualquer impacto, o material escolhido foi o cobre.

Em seguida, a extensão da tubulação foi mensurada a partir da distância entre a Central de Gás e o equipamento alimentado pelo combustível, onde é levado em conta o percurso (curvas e desníveis) a ser seguido pela rede de distribuição. Após feita a medição do local, calculou-se que seriam usados 15 metros de tubo de cobre classe E, um tubo de condução de cobre rígido, sem costura, conforme ABNT NBR 13206.

Simultaneamente ao dimensionamento da tubulação, ocorreu a definição do regulador de pressão do sistema, segundo ABNT NBR 15590. Optou-se por um regulador de alta pressão (1,5 kgf/m^2) vermelho (Figura 6), de primeiro estágio, uma vez que o sistema operacional da caldeira prevê um regulador de baixa pressão de segundo estágio na entrada do equipamento. Se não houvesse o regulador de baixa pressão no sistema da caldeira, um regulador de pressão de estágio único seria o suficiente para a alimentação do equipamento, uma vez que se trata de uma distância relativamente pequena entre a Central de Gás e o ponto de consumo (pequena extensão de tubulação). Os reguladores de estágio único, diferentemente de reguladores de primeiro e segundo estágio, reduzem diretamente a pressão de saída dos tanques de GLP para a pressão de operação da caldeira. A definição do regulador, podendo este ser de baixa, média ou alta pressão, interfere automaticamente na perda de carga do sistema, fator que é considerado para o cálculo e definição do diâmetro nominal do tubo.

Figura 6. Rede coletora da Central de Gás GLP: manômetro e regulador de alta pressão.



Fonte: Próprio autor, 2022.

A escolha de se optar por um sistema de primeiro e segundo estágio foi tomada devido a existência de um regulador de baixa pressão no sistema de operação da caldeira, o qual proporciona uma diminuição da perda de carga e a possibilidade de utilização de um tubo de diâmetro nominal menor. Além disso, um sistema de primeiro e segundo estágio pode ser vantajoso em um estabelecimento industrial, ou comercial, onde mais de um equipamento poderá ser alimentado pela rede de distribuição de gás. Desta forma, a rede estaria apta a alimentar mais equipamentos que fossem instalados de acordo com as necessidades da empresa. Ao optar por uma rede de tubulação de estágio único, ou seja, com apenas um regulador de pressão na saída de gás dos tanques, esse acréscimo não seria igualmente simples, uma vez que o ajuste do diâmetro nominal deveria ser realizado para compensar a perda de carga resultante.

Conforme a norma ABNT NBR 13206, os tubos de cobre possuem diâmetros nominais (DN) já definidos e prontos para venda no mercado. No dimensionamento deste parâmetro devem ser consideradas as operações descritas a seguir conforme ABNT NBR 15358:2017 - Anexo A (informativo): Exemplo de metodologia de cálculo:

a) perda de carga máxima admitida para rede com aparelhos a gás conectados diretamente a ela: 10% da pressão de operação;

b) perda de carga máxima admitida para rede que alimenta um regulador de pressão: 20% da pressão de operação;
c) velocidade máxima admitida para redes: 20 m/s.

Neste caso, utiliza-se das equações 2 e 3 conforme ABNT NBR 15358 descritas abaixo para definir o DN do tubo, levando em conta o menor diâmetro possível para uma perda de carga aceitável ao sistema. Um maior diâmetro implica em uma espessura de parede maior do tubo, e consequentemente, maior custo para o projeto.

$$P_{final} = P_{inicial} - \left[\frac{206580 \cdot C^{1,8} \cdot 0,6^{0,8} \cdot L_{Total}}{D^{4,8}}\right] \quad \text{(Equação 2)}$$

$$\text{Perda do Trecho } = 1 - \frac{P_{final}}{P_{inicial}} \quad \text{(Equação 3)}$$

onde: P Pressão em mmca;
C Consumo do equipamento em m^3/h;
L Comprimento total da tubulação em metros;
D Diâmetro nominal em metros.

Sabendo que o DN dos tubos de cobre classe E podem ser de ½'' até 4'' variando em ¼'', foram testados os valores possíveis segundo a equação 2 e foi definida que a utilização de uma tubulação de 15mm seria adequada para este projeto (Cálculos apresentados no Apêndice A). Entretanto, o diâmetro real utilizado foi de 28mm, uma vez que a tubulação existente no local que alimentava os queimadores (previamente a compra da caldeira) seria trocada apenas se necessário.

A perda de carga obtida utilizando os reguladores de pressão supracitados e um DN de 15mm foi de 2,15%, um valor que se distancia significativamente do máximo admitido. Calculando também a perda de carga para os tubos de 22mm e 28mm para efeitos comparativos, analisou-se as perdas de carga: 0,32% e 0,01%, respectivamente, na rede de gás contendo o regulador de alta pressão. Desta forma, consegue-se concluir que as tubulações de 22mm e 28mm seriam igualmente eficazes para o projeto.

Definidos os parâmetros para o dimensionamento da tubulação: diâmetro, material e regulador de pressão, devem-se iniciar as escolhas de conexões e válvulas. Foram listados na Tabela 2 as quantidades e tipos de conexões, válvulas, reguladores de pressão e outros acessórios da rede de distribuição de gás GLP.

Tabela 2. Conexões, válvulas e acessórios da rede de distribuição de gás GLP.

Tipo	Quantidade
Cotovelo 607 ø 28mm - solda/solda - cobre	10
Cotovelo 707-3 ø 28 mm - solda/rosca - liga latão com bronze	1
União 733-3 ø 28 mm - rosca/solda	1
Luva cobre 600 ø 28 mm - solda	3
Manômetro de pressão para GLP	1
Regulador de alta pressão de primeiro estágio macho/fêmea ¾''	1
Válvula Esfera com passagem plena própria para gás com bloqueio manual	2

Fonte: Próprio autor, 2022.

Os cotovelos são conexões de tubulações que alteram a direção do fluxo em 45º ou 90º. Neste projeto foram utilizados dois tipos diferentes de cotovelos, ambos de 90º, onde as principais diferenças são a forma de conexão e o material. Os cotovelos 607 são feitos de cobre e conectados à tubulação, em ambos os lados, através da soldagem, enquanto os cotovelos 707-3 são feitos a partir de uma liga de latão e bronze, e soldados à tubulação em um dos lados e rosqueados do outro.

Uma vez que o comprimento do tubo de cobre comercial é de no máximo 5 metros, também devem ser utilizadas luvas e/ou uniões para que os tubos possam ser conectados entre si, e deste modo, formarem a rede de tubulação. Neste caso, foram utilizadas uniões e luvas, sendo a principal diferença entre elas a forma de conexão: rosca e/ou solda. As uniões são do tipo rosca e solda, e as luvas são apenas soldadas nas tubulações.

Os manômetros de pressão são instalados a fim de medir a pressão de trabalho do GLP na rede de distribuição, e por isso, são colocados adjacentes aos reguladores de pressão. O manômetro faz parte do conjunto da Central de Gás, e por isso foi colocado ao lado do regulador de primeiro estágio indicando a pressão na tubulação coletora. Outros dois manômetros do sistema pertencem a rede de operação da caldeira, sendo posicionados antes e depois do regulador de segundo estágio (baixa pressão), a fim de indicar a pressão no final da rede e a pressão de entrada de GLP no equipamento.

Como fora mencionado na revisão bibliográfica deste trabalho, as válvulas utilizadas na rede de distribuição de GLP são do tipo Esfera. As Válvulas Esferas são responsáveis por liberar e estancar o fluxo de gás através de uma alavanca manual, as quais foram instaladas na rede coletora e no final da rede de gás. O uso deste tipo de válvula possibilita eventuais manutenções nos equipamentos ou na rede de gás, uma vez que bloqueia a passagem do GLP pela tubulação. Além da Válvula Esfera, há duas Válvulas Solenoides que fazem parte da rede de operação da caldeira, e ficam adjacentes entre si na entrada da caldeira. Esse tipo de válvula é responsável por abrir ou fechar o fluxo de gás por meio de um comando elétrico, acionando o sistema automaticamente. A duplicidade da Solenoide se dá devido às instruções da própria caldeira.

Definidos os parâmetros e acessórios da rede de distribuição, calculou-se a quantidade de reservatórios P-190 necessários para o fornecimento de gás da caldeira. Como mencionado anteriormente, a rede de gás inicial possuía dois cilindros estacionários, os quais não supririam a alimentação de gás do novo equipamento. Utilizando-se da equação 4 descrita abaixo (ABNT NBR 15358), definiu-se que a quantidade de cilindros necessários para o novo cenário seria 5 (Figura 7).

$$\text{nº de cilindros} = \frac{Q \cdot \rho}{Cv} \qquad \text{(Equação 4)}$$

onde: Q Vazão adotada [m^3/h];

ρ Densidade do gás GLP [kg/m^3];

Cv Capacidade de vaporização de um P-190 [kg/h]

Figura 7. Fotografia dos cinco cilindros P-190 na instalação de gás da Interfaces Indústria e Comércio de Cosméticos Ltda.



Fonte: Próprio autor, 2022.

Ao final das definições de todos os parâmetros supracitados, iniciou-se a análise de custos do projeto e elaboração do orçamento, que quando aprovado, possibilitou o início do desenvolvimento do projeto em AutoCAD, o qual está apresentado no Apêndice B.

5.1 Análise de custos

A análise de custos de um projeto vai além da precificação para a execução da instalação, uma vez que há outras variáveis que compõem seu valor. Nos projetos de instalação de tubulações de gás GLP industriais ou comerciais, são levados em consideração a complexidade da instalação em si, complexidade dos equipamentos envolvidos na rede de tubulação, a emissão de ART (Anotação de Responsabilidade Técnica) e Laudo Técnico, custo dos materiais, e valor da mão de obra responsável pelo desenvolvimento e execução do projeto.

A complexidade do projeto é avaliada na visita técnica *in loco*, onde são observados fatores como: necessidade de trabalho em altura, uso de andaimes ou plataformas elevatórias, e equipamentos a serem alimentados pela rede de distribuição de gás GLP. A quantidade e variedade dos equipamentos que serão alimentados pela rede de distribuição interferem diretamente no desenvolvimento do projeto. Quanto à necessidade de trabalho em altura, é necessário mão de obra especializada e certificada neste tipo de serviço, elevando, desta forma, o custo total do projeto (periculosidade). Além disso, o aluguel de equipamento para o trabalho em altura (cinto de segurança tipo cadeirinha, andaimes, plataformas elevatórias) é necessário para empresas que não possuem esse material, agregando no valor final do projeto.

A exigência de documentos e certificados para a entrada de mão de obra terceirizada em indústrias também é comum, resultando em um tempo maior que a equipe deve ser disponibilizada para o cliente até que esteja apta a começar a executar o projeto. A condição de uso de EPIs extraordinários para execução da instalação, quando não disponibilizados pela empresa-cliente, também eleva o custo final do projeto.

Segundo a norma ABNT NBR 15358 o Laudo de Estanqueidade, ART da elaboração do projeto e ART de inspeção ou manutenção fazem parte dos requisitos gerais de uma rede de distribuição para gás GLP. O teste de estanqueidade verifica que a tubulação está livre de vazamentos e apta para uso, e deve ser realizado ao final da instalação (antes do primeiro uso), e em seguida anualmente. O teste tem validade de 12 meses (ABNT NBR 15358) e pode ser feito em um período menor conforme necessidade. Após a realização do laudo de estanqueidade, deve ser emitida uma ART pelo engenheiro responsável pela instalação, assegurando o teste de estanqueidade e a segurança da rede de tubulação.

Por fim, é também contabilizado o preço dos materiais que irão compor a instalação. Para isso, é necessário cotar os materiais em empresas fornecedoras de confiança e avaliar os orçamentos. O valor da hora ou dia trabalhado da equipe de mão de obra, composta usualmente por um técnico e um ajudante, é calculada utilizando o piso salarial de cada profissional e sua respectiva equivalência em horas e/ou dias. Todas as variáveis são então compiladas em um único orçamento a ser apresentado ao cliente.

Em 28 de março de 2022, realizou-se uma cotação com uma empresa fornecedora da *Totalgás* dos materiais utilizados na instalação da rede de distribuição. Na tabela 3 a seguir foram transcritos os valores fornecidos pelo orçamento da empresa comercial para fins informativos. Assim, para a aquisição dos materiais para implementação da tubulação industrial seria gasto R$1.701,99. Vale relembrar que o custo real de implementação depende dos parâmetros citados anteriormente nesta seção e que o custo reportado é relativo ao orçamento para aquisição dos materiais.

Tabela 3. Orçamento dos materiais componentes da rede de distribuição de GLP.

Material	**Valor Unit.**	**Qtd.**	**Total**
Cotovelo 607 ø 28mm	R$ 17,16	10	R$ 171,60
Cotovelo 707-3 ø 28 mm	R$ 23,44	1	R$ 23,44
União 733-3 ø 28 mm	R$ 44,28	1	R$ 44,28
Luva cobre 600 ø 28 mm	R$ 8,43	3	R$ 25,02
Regulador de alta pressão ¾”	R$ 228,56	1	R$ 228,56
Válvula Esfera	R$ 74,80	2	R$ 149,60
Tubulação em cobre ø 28 mm [m]	R$ 55,86	15	R$ 837,90
Conjunto Central GLP para 5 x P-190 ● 1 manômetro de pressão para GLP ● 4 m Tubo Aço Preto c/ costura SCH 40 ø ½” ● 5 *Pigtail* (flexíveis)	R$ 221,59	1	R$ 221,59
TOTAL			R$1.701,99

Fonte: Próprio autor, 2022.

6 CONCLUSÃO

A caracterização do fluido transportado é o primeiro parâmetro a ser considerado no desenvolvimento de um sistema de tubulação. Ao conhecer sua natureza, fatores como material e diâmetro interno do tubo devem ser definidos, para que posteriormente possa ocorrer a escolha das válvulas e conexões de acordo com a arquitetura e condições do local que receberá a instalação. Deve-se, entretanto, considerar e calcular as perdas de cargas presentes no projeto de tubulação, para que os equipamentos ligados à rede de tubulação sejam devidamente alimentados.

No caso de estudo deste trabalho, a troca do queimador da indústria por uma caldeira de maior potência demandou alterações na instalação da rede de distribuição de GLP para suprir a demanda energética do novo equipamento. Uma delas foi no diâmetro nominal da tubulação, que apesar do cálculo deste parâmetro ter encontrado o valor de 15 mm como satisfatório, a *Totalgás* optou por manter a instalação com tubo de cobre ø 28 mm já existente no local, o que matematicamente não interferiu na alimentação da caldeira, uma vez que a perda da carga calcula para o diâmetro de ø 28 mm estava dentro do permitido pela norma. Além do DN, o regulador de pressão também foi dimensionado para diminuir os custos totais da instalação, uma vez que o sistema da caldeira já estava acoplado a um regulador de baixa pressão. Para que não houvesse o custo da reforma deste sistema, com um regulador de estágio único para a instalação, optou-se pela adição de um regulador de alta pressão de primeiro estágio na saída da rede coletora. A existência do sistema com reguladores de primeiro e segundo estágio possibilita, entretanto, a adição de outros equipamentos à mesma rede de gás, sendo necessário incluir, apenas, ramificações na tubulação e adição de cilindros de gás em caso de aumento da potência total.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASTM F2968 / F2968M, 2021. “Standard Specification for Crosslinked Polyethylene (PEX) Pipe for Gas Distribution Applications”. West Conshohocken, PA: ASTM International, 2021.Disponível em: https://www.astm.org/f2968_f2968m-21.html.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. Especificação do GLP. 2004. Disponível em: <http://www.gasescombustiveis.com.br/seminario/118/palestras/palestra_ABNT_NBR13523.pdf>.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13206:2010**: Tubo de cobre leve, médio e pesado, sem costura, para condução de fluidos – Requisitos. 10 de maio de 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13932:1997**: Instalações internas de gás liquefeito de petróleo (GLP) - Projeto e execução. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13523**: Central de gás liquefeito de petróleo - GLP. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15358:2017**: Rede de distribuição interna para gás combustível em instalações de uso não residencial de até 400kPa — Projeto e execução. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15590:2008**: Regulador de pressão para gases combustíveis. 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6493:2019**: Emprego de cores para identificação de tubulações industriais. 2019.

GERAÇÃO de energia elétrica. Tabela: Geração Térmica - Poder Calorífico. Disponível em: <https://www.antoniolima.web.br.com/arquivos/podercalorifico.htm>. Acesso em 31 de janeiro de 2022.

HPINNOVATIONS. **Hydrocarbon Processing**. v. 88, n. 7, p. 21–22, 2009. Disponível em: https://search-ebscohost-

com.ez87.periodicos.capes.gov.br/login.aspx?direct=true&db=iih&AN=43318184&lang=pt-br&site=ehost-live. Acesso em: 30 maio. 2022.

MACINTYRE, A. J. **Equipamentos Industriais e de Processo**. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1997.

PANORAMA do Setor de GLP em Movimento. Sindigás. Disponível em: < http://www.sindigas.org.br/novosite/wp-content/uploads/2018/05/Panorama-do-GLP_Abril_2018.pdf>. Acesso em: 25 de fev. de 21.

PEREIRA, J. B. S. Cálculo Mecânico e Análise de Tensões de Sistemas de Tubulações. Petroblog, 9 de dez. de 2015. Disponível em: <http://www.petroblog.com.br/wp-content/uploads/Análise-de-Tensões-em-Sistemas-de-Tubulações.pdf>. Acesso em: 26 de mar. de 2022.

SAKHARKAR, S. N.; KHAKE, P.; KOLAMBAKAR, V. Overview of Industrial Piping Structural Design. **International Journal of Engineering Sciences & Research Technology**. v. 7, n. 2, p. 45-50, Fev. 2018. DOI: 10.5281/zenodo.1165605.

SISTEMA PEX para gás. EMMETI. 19 de fevereiro de 1998. Disponível em: <https://www.emmeti.com.br/sistema-pex-gas>.

SMITH, P. **The Fundamentals of Piping Design: Drafting and Design Methods for Process Applications. vol. 1**. Austin, Texas: Gulf Publishing Company. 2007. https://www.academia.edu/37435800/The_Fundamentals_of_Piping_Design_VOL_1_.

TELLES, P. C. S. **Tubulações Industriais: Cálculo**. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1999.

TELLES, P. C. S. **Tubulações Industriais: Materiais, Projeto e Montagem**. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1994.

VALVES GUIDE. Werner Sölken. Disponível em: <http://www.wermac.org/valves/valves_general.html>. Acesso em: 13 de jul. de 2021.

APÊNDICE A – Cálculos

Cálculo do consumo da caldeira (GLP)

Potência da caldeira	200.000 kcal/h
Poder Calorífico GLP	24.000 kcal/m³
Consumo da caldeira	**x = 8,34 m³/h**

Cálculo do Número de Cilindros P-190

Vazão Adotada [m³/h]	8,34
Densidade GLP	1,8
Capac. Vapor.[kg/h]	3,0
nº de Cilindros	**5**

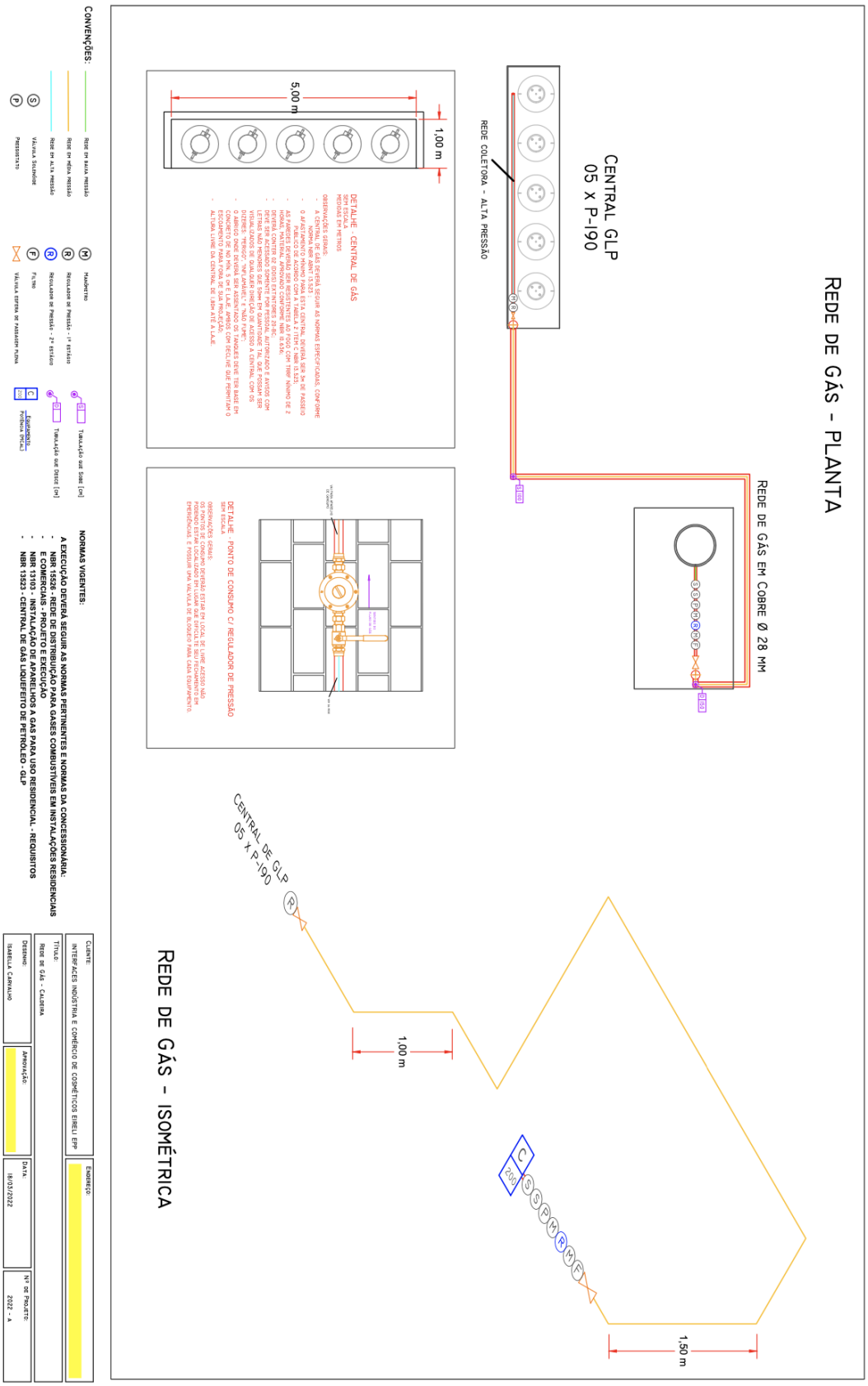
Cálculo do diâmetro nominal e perda de carga

Potencia Instalada	Fator Simultaniedade	Potência Adotada	Consumo do Equipamento	Comprimento Tubos			Comprimento Equivalente	Comprimento Total	Diametro Nominal	Espessura Parede Tubo	Diâmetro Interno	Pressão Descendente (-) ou Ascendente (+)		Pressão Inicial	Pressão Final	Velocidade
				Horizontal	Ascendente	Descendente										
kcal/h	%	kcal/h	m³/h	m	m	m	m	m	mm	mm	mm	mmca (+)	mmca (-)	mmca	mmca	m/s
200.000	100,00%	200.000	8,34	15,00	0,30	0,30	0,78	16,38	**15**	0,5	14,0			15.000,00	14.677,44	6,02
									22	0,6	20,8			15.000,00	14.951,77	2,70
									28	0,8	26,4	0,15	- 0,15	15.000,00	15.000,00	1,67

Perda Trecho ø 15mm	Perda Trecho ø 22mm	Perda Trecho ø 28mm
2,15%	0,32%	0,00%

Fonte: Próprio autor, 2022.

APÊNDICE B – Prancha 1: Projeto de Instalação para Rede de Distribuição para GLP



Fonte: Próprio autor, 2022.