

UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL
ÁREA DO CONHECIMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E ENGENHARIAS

LEONARDO DALLÉ

**COMPARAÇÃO TÉCNICA E ECONÔMICA DE INSTALAÇÕES INTERNAS
RESIDENCIAIS UTILIZANDO GÁS NATURAL E GÁS LIQUEFEITO DE
PETRÓLEO**

BENTO GONÇALVES

2024

LEONARDO DALLÉ

**COMPARAÇÃO TÉCNICA E ECONÔMICA DE INSTALAÇÕES INTERNAS
RESIDENCIAIS UTILIZANDO GÁS NATURAL E GÁS LIQUEFEITO DE
PETRÓLEO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Civil da Universidade de Caxias do Sul, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador Prof. Me. Luciano Zatti

BENTO GONÇALVES

2024

LEONARDO DALLÉ

**COMPARAÇÃO TÉCNICA E ECONÔMICA DE INSTALAÇÕES INTERNAS
RESIDENCIAIS UTILIZANDO GÁS NATURAL E GÁS LIQUEFEITO DE
PETRÓLEO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Civil da Universidade de Caxias do Sul, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador Prof. Me. Luciano Zatti

Aprovado em 05/12/2024

Banca Examinadora

Prof. Me. Luciano Zatti

Universidade de Caxias do Sul

Prof. Dr. Gustavo Ribeiro da Silva

Universidade de Caxias do Sul

Prof. Me. Maurício Monteiro Almeron

Universidade de Caxias do Sul

RESUMO

O avanço tecnológico na área da construção civil desencadeia novas pesquisas e métodos que devem ser avaliados por construtoras e incorporadoras. Ao projetar as instalações residenciais de gás de um empreendimento, cabe ao projetista avaliar tecnicamente e economicamente a melhor solução a ser aplicada no empreendimento. Atualmente, a demanda por gás natural está crescendo de forma significativa, alcançando novos consumidores que anteriormente utilizavam gás liquefeito de petróleo devido à falta de redes de distribuição de gás natural nas ruas da cidade. Com a chegada da nova opção de gás combustível nos municípios, é de extrema importância verificar as diferenças entre os dois sistemas. Assim, o presente trabalho propõe uma análise técnica e econômica da distribuição interna de gás natural e gás liquefeito de petróleo em um projeto residencial utilizando o *software* AltoQi Builder para dimensionamento e geração de lista de quantitativos. São comparadas quatro opções de projeto: duas opções utilizando gás natural e duas opções utilizando gás liquefeito de petróleo. Também entra no escopo de análise questões relacionadas as redes externas do empreendimento, dentro dos limites particulares do terreno, a partir da central GLP e estação de redução urbana (ERU). Através do orçamento e dimensionamento constatou-se que as duas opções que utilizam gás natural possuem custos superiores frente as instalações que utilizam gás liquefeito de petróleo, sendo que a opção GN1S apresentou um custo 37,62% superior ao da opção GLP1S, enquanto a opção GN2S foi 54,19% mais onerosa que a GLP2S. Tais diferenças estão ligadas diretamente aos resultados técnicos, onde as instalações que utilizam gás natural como fonte de alimentação necessitam de diâmetros superiores para atender as pressões mínimas nos aparelhos. Por fim, são apresentadas como mais vantajosas, tanto economicamente quanto tecnicamente, as opções que utilizam gás liquefeito de petróleo como alimentação dos pontos de consumo. No entanto, analisando aspectos arquitetônicos, a implementação de gás natural implica em menor área utilizada no empreendimento e maior facilidade de alocação da ERU. Através dos resultados, foi possível proporcionar clareza acerca do tipo de gás combustível a ser empregado em futuros empreendimentos, bem como, quais análises devem ser feitas por parte das construtoras e incorporadoras.

Palavras-chave: comparativo; dimensionamento; gás liquefeito de petróleo; gás natural; instalações residenciais; projeto.

ABSTRACT

Technological advancements in the construction industry have driven new research and methods that must be carefully evaluated by construction companies and developers. When designing residential gas installations for a project, it is essential for the designer to assess the best technical and economic solution to be implemented. Currently, the demand for natural gas has been growing significantly, reaching new consumers who previously relied on liquefied petroleum gas (LPG) due to the lack of natural gas distribution networks in urban areas. With the introduction of this new fuel gas option in municipalities, it becomes crucial to analyze the differences between the two systems. This study proposes a technical and economic analysis of the internal distribution of natural gas and LPG in a residential project, utilizing the AltoQi Builder software for system sizing and generating quantity lists. Four project options were compared: two using natural gas and two using LPG. The scope of analysis also includes external networks within the private boundaries of the property, starting from the LPG central system or the urban reduction station (ERU). The budgeting and sizing results revealed that the two options using natural gas have higher costs compared to those using LPG. Specifically, the GN1S option was 37.62% more expensive than GLP1S, while GN2S was 54.19% more costly than GLP2S. These differences are directly tied to technical factors, as natural gas installations require larger pipe diameters to meet minimum pressure requirements at consumption points. Finally, the options utilizing LPG proved to be more advantageous both economically and technically for supplying consumption points. However, from an architectural perspective, implementing natural gas offers benefits such as reduced space usage within the project and easier allocation of the ERU. Based on these results, this study provides clarity on the most suitable type of fuel gas for future projects and highlights key analyses that should be conducted by construction companies and developers.

Keywords: comparison; sizing; liquefied petroleum gas; natural gas; residential installations; projects.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Produção de GLP no Brasil	17
Figura 2 - Distribuição de GLP em residência de grande porte	19
Figura 3 - Distribuição coletiva e medição individual nos andares.....	20
Figura 4 - Unidade de Processamento de Gás Natural	24
Figura 5 - Redes de gás natural	25
Figura 6 - Características a serem consideradas para cada tipologia de instalação.....	26
Figura 7 - Esquema de ligação entre ERU e medições.....	27
Figura 8 - Modelo ERU em alvenaria ou concreto pré-moldado	28
Figura 9 - Tubo de polietileno	30
Figura 10 - Tubo multicamada	31
Figura 11 – Afastamentos mínimos das tubulações de gás	39
Figura 12 - Detalhes de conexão entre abrigo e dutos de ventilação	40
Figura 13 - Fachada do empreendimento	44
Figura 14 - Pavimento tipo do empreendimento	45
Figura 15 - Pavimento térreo do empreendimento	46
Figura 16 - Detalhe <i>shafts</i> de gás (opção 1 e 2).....	49
Figura 17 - Modelo de lançamento com <i>shaft</i> central (Parte 1)	50
Figura 18 - Modelo de lançamento com <i>shaft</i> central (Parte 2)	50
Figura 19 - Modelo de lançamento com <i>shafts</i> nas extremidades (Parte 1).....	51
Figura 20 - Modelo de lançamento com <i>shafts</i> nas extremidades (Parte 2).....	51
Figura 21 – Croqui de alimentação de gás no apartamento.....	52
Figura 22 – Comparação de pressões entre as opções GN1S e GLP1S	54
Figura 23 – Comparação de pressões entre as opções GN2S e GLP2S	55
Figura 24 – Croqui de alimentação de gás para redes externas e prumadas	56
Figura 25 – Divisão dos custos da instalação – Opção GN1S.....	60
Figura 26 – Divisão dos custos da instalação – Opção GLP1S.....	60
Figura 27 – Divisão dos custos da instalação – Opção GN2S.....	61
Figura 28 – Divisão dos custos da instalação – Opção GLP2S.....	62
Figura 29 – Comparação de custos entre as opções GN1S e GLP1S.....	63
Figura 30 – Comparação de custos entre as opções GN2S e GLP2S.....	63
Figura 31 – Comparação de custos entre todas opções	64
Figura 32 – Comparação de área necessária para instalações GLP e GN	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tarifas residenciais para faturamento coletivo	28
Tabela 2 – Tarifas residenciais para faturamento individualizado	29
Tabela 3 – Tarifas residenciais para unidade unifamiliar	29
Tabela 4 – Potência nominal dos aparelhos a gás	35
Tabela 5 – Área dos apartamentos	44
Tabela 6 – Resultados técnicos apartamentos da opção GN1S	53
Tabela 7 – Resultados técnicos apartamentos da opção GLP1S	53
Tabela 8 – Resultados técnicos apartamentos da opção GN2S	53
Tabela 9 – Resultados técnicos apartamentos da opção GLP2S	53
Tabela 10 – Diâmetros mínimos em função do trecho e opção.....	54
Tabela 11 – Resultados técnicos rede externa e prumada da opção GN1S	57
Tabela 12 – Resultados técnicos rede externa e prumada da opção GLP1S	57
Tabela 13 – Resultados técnicos rede externa e prumadas da opção GN2S	57
Tabela 14 – Resultados técnicos rede externa e prumadas da opção GLP2S.....	58
Tabela 15 – Diâmetros mínimos em função do trecho – Opções com 1 <i>shaft</i>	59
Tabela 16 – Diâmetros mínimos em função do trecho – Opções com 2 <i>shafts</i>	59

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Capacidade de vaporização dos recipientes.....	22
Quadro 2 – Equações para cálculo do fator de simultaneidade.....	34
Quadro 3 – Afastamentos de segurança para tubulações aparentes	39
Quadro 4 – Quantidade mínima de dispositivos de segurança.....	41
Quadro 5 – Condições de acionamento do dispositivo de segurança.....	41

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
ART	Anotação de Responsabilidade Técnica
BIM	<i>Building Information Model</i>
BSP	<i>British Standard Pipe</i>
CBMRS	Corpo de Bombeiros Militar do Rio Grande do Sul
COFINS	Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social
DN	Diâmetro Nominal
ERU	Estação de Regulagem Urbana
GLP	Gás Liquefeito de Petróleo
GN	Gás Natural
ICMS	Imposto Sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
NBR	Norma Brasileira
PCI	Poder Calorífico Inferior
PE	Pressão de entrada
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
PEX	Polietileno Reticulado
PIS	Programa de Integração Social
PPCI	Plano de Prevenção e Proteção de Combate a Incêndio
PS	Pressão de saída
RRT	Registro de Responsabilidade Técnica
RT	Resolução Técnica
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil
TCPO	Tabela de Composição de Preços para Orçamentos
UPGN	Unidade de Processamento de Gás Natural

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	TEMA DE PESQUISA	13
1.2	QUESTÃO DE PESQUISA	13
1.3	OBJETIVOS	13
1.3.1	Objetivo geral.....	13
1.3.2	Objetivos específicos.....	13
1.4	HIPÓTESE	14
1.5	PRESSUPOSTOS.....	14
1.6	DELIMITAÇÕES.....	14
1.7	DELINEAMENTO.....	14
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	16
2.1	O GÁS	16
2.2	GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO	16
2.2.1	Composição	16
2.2.2	Produção.....	17
2.2.3	Propriedades	17
2.2.4	Distribuição	17
2.2.5	Pressões de utilização	18
2.2.6	Modalidades de instalação	18
2.2.6.1	Instalações residenciais.....	18
2.2.6.2	Instalações em condomínios	19
2.2.7	Central GLP.....	20
2.2.7.1	Dimensionamento central GLP	21
2.2.8	Tarifas.....	22
2.2.9	Vantagens	23
2.3	GÁS NATURAL	23
2.3.1	Composição	23
2.3.2	Produção.....	23
2.3.3	Propriedades	25
2.3.4	Distribuição	25
2.3.5	Pressões de utilização	26

2.3.6	Modalidades de instalação	26
2.3.6.1	Instalações residenciais.....	27
2.3.6.2	Instalações em condomínios	27
2.3.7	Estação de Redução Urbana (ERU)	28
2.3.8	Tarifas	28
2.3.9	Vantagens	29
2.4	NORMAS TÉCNICAS E INSTRUÇÕES	29
2.4.1	Materiais, equipamentos e dispositivos	30
2.4.1.1	Tubos	30
2.4.1.2	Conexões	31
2.4.1.3	Sistema multicamada.....	31
2.4.1.4	Elementos para interligação.....	32
2.4.1.5	Válvulas, reguladores e medidores	32
2.4.1.6	Manômetros, filtros e dispositivos de segurança.....	32
2.4.1.7	Aparelhos a gás.....	33
2.4.2	Dimensionamento	34
2.4.3	Parâmetros de cálculo	38
2.4.4	Construção e montagem	38
2.4.4.1	Traçado da rede	38
2.4.4.2	Instalação da tubulação.....	39
2.4.4.3	Abrigo de medição e regulagem	40
2.4.4.4	Dispositivos de segurança	41
2.4.4.5	Proteção	41
2.4.4.6	Identificação	42
2.4.4.7	Ponto de utilização	42
2.4.5	Conversão da rede para uso de outro tipo de gás	42
2.5	ORÇAMENTAÇÃO	43
3	METODOLOGIA	44
3.1	SOLUÇÕES PARA AS REDES DE DISTRIBUIÇÃO INTERNAS DE GÁS	47
3.1.1	Opção GN1S: alimentação de GN utilizando <i>shaft</i> central na circulação	47
3.1.2	Opção GN2S: alimentação de GN utilizando dois <i>shafts</i> na circulação	47
3.1.3	Opção GLP1S: alimentação de GLP utilizando <i>shaft</i> central na circulação	47
3.1.4	Opção GLP2S: alimentação de GLP utilizando dois <i>shafts</i> na circulação	48

3.2	PARÂMETROS DE PROJETO.....	48
3.3	ORÇAMENTAÇÃO	48
3.4	APRECIÇÃO DOS RESULTADOS.....	49
4	APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	52
4.1	RESULTADOS TÉCNICOS.....	52
4.2	RESULTADOS ECONÔMICOS.....	59
4.3	RESULTADOS ARQUITETÔNICOS	65
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	67
5.1	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	68
	REFERÊNCIAS	69
	APÊNDICE A – LISTA DE QUANTITATIVOS DA OPÇÃO GN1S	72
	APÊNDICE B – LISTA DE QUANTITATIVOS DA OPÇÃO GLP1S	74
	APÊNDICE C – LISTA DE QUANTITATIVOS DA OPÇÃO GN2S	76
	APÊNDICE D – LISTA DE QUANTITATIVOS DA OPÇÃO GLP2S	78
	APÊNDICE E – PLANTAS BAIXAS E DETALHAMENTOS OPÇÃO GN1S	80
	APÊNDICE F – PLANTAS BAIXAS E DETALHAMENTOS OPÇÃO GLP1S	82
	APÊNDICE G – PLANTAS BAIXAS E DETALHAMENTOS OPÇÃO GN2S.....	84
	APÊNDICE H – PLANTAS BAIXAS E DETALHAMENTOS OPÇÃO GLP2S.....	86

1 INTRODUÇÃO

Com o avanço tecnológico na área da construção civil, é de extrema relevância a atualização dos profissionais acerca dos novos métodos utilizados pelo mercado. Por conseguinte, a fim de entregar o empreendimento no menor tempo e custo possível, sempre considerando a qualidade do serviço prestado, tornam-se imprescindíveis novas pesquisas e implementações nos canteiros de obra, especialmente, considerando que, nos últimos anos, o Brasil está em fase de ascensão na construção civil, através da implantação de novas tecnologias, materiais e equipamentos (NASCIMENTO, 2014).

Observando o setor de instalações prediais de gás, nota-se a preferência e costume da utilização de GLP para abastecimento e alimentação de empreendimentos nas cidades da Serra Gaúcha. Tal fato se relaciona às poucas redes existentes de gás natural nas ruas e avenidas das cidades, embora a Sulgás (2023), afirme que a região é uma das prioridades no plano de expansão das redes.

Atualmente, as perspectivas favoráveis para a utilização do gás natural estão crescendo, ante o aumento significativo da demanda por combustíveis não poluentes. Segundo Teixeira, Santos e Guarieiro (2015), no Brasil, o gás natural ainda enfrenta desafios para ser amplamente adotado nos setores residencial e comercial, onde a energia elétrica e o gás liquefeito de petróleo são predominantemente mais utilizados.

Ambos os tipos de gases combustíveis (gás liquefeito de petróleo e gás natural) apresentam vantagens e desvantagens. A escolha pelo tipo ideal pode influenciar no conforto do usuário final, eficiência energética e custos operacionais. Teixeira, Santos e Guarieiro (2015) relatam que a utilização de gás natural em empreendimentos residenciais reduz a fatura de gás para o cliente final. Ainda, observa-se que o gás natural é mais utilizado em regiões metropolitanas, visto que nestes locais existem diversas redes distribuídas pelas cidades, já o GLP, comumente conhecido como “gás de cozinha” é presente predominantemente em cidades de interior e locais onde não há infraestrutura de gás natural nas ruas.

Considerando a escassez de pesquisas que abordem os impactos financeiros para construtoras e incorporadoras relacionados aos custos de materiais decorrentes da escolha entre GLP e GN, o presente trabalho teve como finalidade a análise comparativa acerca dos aspectos técnicos e econômicos das instalações prediais de gás. Desta forma, foram apresentadas no estudo quatro diferentes soluções para as instalações em um empreendimento residencial, sendo duas das opções utilizando gás natural e duas utilizando gás liquefeito de petróleo. Ao final,

esperou-se que este trabalho contribuísse para um entendimento claro e preciso sobre os impactos financeiros na escolha do tipo de gás combustível.

1.1 TEMA DE PESQUISA

Projeto residencial de distribuição interna de gás.

1.2 QUESTÃO DE PESQUISA

Para a distribuição interna de gás em um edifício residencial, utilizando gás natural e gás liquefeito de petróleo, qual opção apresenta melhor solução técnica e econômica?

1.3 OBJETIVOS

Os objetivos do trabalho se dividem em duas categorias: objetivo geral e objetivos específicos.

1.3.1 Objetivo geral

Comparar, tecnicamente e economicamente, as instalações internas de gás natural e gás liquefeito de petróleo em um edifício residencial, utilizando o *software* AltoQi Builder.

1.3.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos são:

- a) dimensionar as redes internas de um edifício residencial através do *software* AltoQi Builder utilizando gás liquefeito de petróleo (GLP) e gás natural (GN);
- b) analisar a influência técnica e econômica referente ao posicionamento dos *shafts* na circulação do empreendimento para cada tipo de instalação;
- c) analisar os resultados técnicos obtidos através do *software*, dentre as quatro opções de instalação de gás, observando as pressões disponíveis nos pontos de consumo e diâmetro das tubulações;
- d) analisar e precificar as listas de quantitativos dos materiais, geradas através do *software*, dentre as quatro opções de instalação de gás;

- e) analisar as implicações arquitetônicas causadas pelas instalações de gás natural e gás liquefeito de petróleo considerando a utilização de central GLP ou ERU, bem como o impacto no espaço destinado aos *shafts*;
- f) identificar a melhor solução técnica e econômica para o edifício residencial dentre as quatro opções apresentadas.

1.4 HIPÓTESE

Dentre as quatro opções apresentadas, a instalação da rede interna dimensionada para a utilização do gás liquefeito de petróleo com *shafts* nas extremidades da circulação é a melhor solução técnica e econômica.

1.5 PRESSUPOSTOS

Os projetos de ambas instalações foram realizados através do *software* AltoQi Builder, o qual atende as exigências das Normas Brasileiras.

1.6 DELIMITAÇÕES

Para as quatro opções de pesquisa será utilizado o mesmo projeto arquitetônico a fim de facilitar o efeito comparativo. Além disso, as redes de gás foram dimensionadas e analisadas na parte interna do empreendimento (limite do terreno particular), a partir da estação de redução urbana (ERU) para a instalação de gás natural e da central GLP para as instalações de gás liquefeito de petróleo. O tipo de material da tubulação e conexão foram os mesmos para ambos os casos. Quanto à análise econômica, foram considerados apenas os custos com materiais, desconsiderando os gastos com mão de obra.

1.7 DELINEAMENTO

O presente trabalho foi realizado através de cinco capítulos, o primeiro abrange a introdução, apresentação do tema, objetivos e diretrizes de pesquisa. No segundo, foi abordada a etapa de referencial teórico, onde foram explanadas informações baseadas em normas técnicas, artigos e bibliografias, que serviram como fundamento para a realização do projeto.

O terceiro capítulo, é voltado à metodologia de pesquisa, no qual foi detalhada a condução do trabalho até a obtenção dos resultados, por meio do objeto de estudo e parâmetros de cálculo.

No quarto capítulo, foram apresentados e discutidos os resultados de pesquisa, obtidos a partir do embasamento teórico e parâmetros definidos no capítulo anterior, com a finalidade de verificar a parte técnica de projeto e custos dos materiais para as instalações de gás natural e gás liquefeito de petróleo. Por fim, no quinto capítulo foram apresentadas as considerações finais.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fundamentação teórica tem como objetivo proporcionar a compreensão dos conceitos e definições que envolvem as instalações internas residenciais de gás natural e gás liquefeito de petróleo.

2.1 O GÁS

Desde os primórdios da civilização, o homem vem aperfeiçoando os métodos de geração de calor. A utilização do fogo como fonte de energia foi determinante para trazer melhores condições de vida (CREDER, 2006).

Segundo Creder (2006), a palavra “gás” teve origem em 1609, quando o médico químico belga Jean-Baptiste von Helmount determinou como *Geist*, ou “alma”, os produtos que se desprendiam de seus corpos em combustão. Ademais, o gás, em suas primeiras utilizações, serviu como fonte energética para iluminação de vias pública na cidade de Londres, em 1807.

No Brasil, em 1851, na cidade do Rio de Janeiro, foi fundada a Companhia de Iluminação a Gás, o qual era utilizado somente como fonte de iluminação. No início do século XX, foram construídos os primeiros gasômetros, compressores e redes distribuidoras para utilização do gás como combustível doméstico (CREDER, 2006).

Atualmente, o gás combustível é fornecido aos consumidores sob duas formas, o gás natural e o gás liquefeito de petróleo. As instalações internas para gases combustíveis em instalações residenciais e comerciais são regidas pela ABNT NBR 15526:2012, que está válida desde 06 de janeiro de 2013 e sua última versão corrigida, em 15 de abril de 2016 (MACINTYRE, 2020).

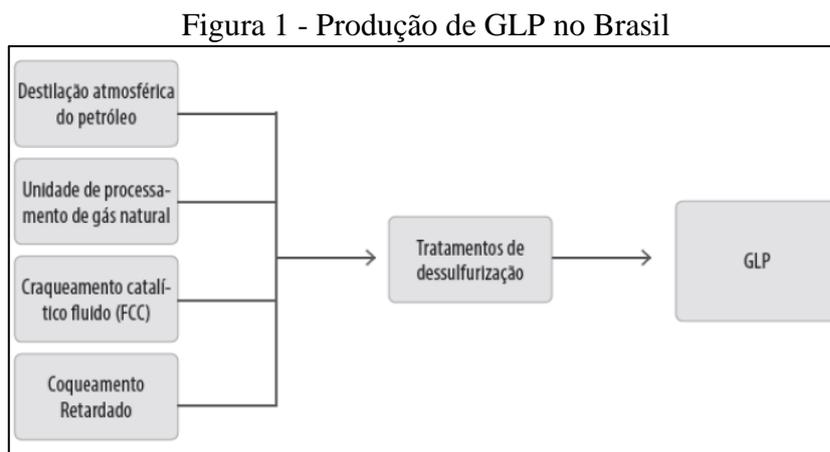
2.2 GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO

2.2.1 Composição

Nomeado pela sigla GLP, o gás liquefeito de petróleo tem sua composição pela mistura de propano e butano, hidrocarbonetos gerados pela destilação do petróleo ou craqueamento de duas frações mais pesadas (quebra de moléculas). O propano e butano estão presentes também no gás natural, porém misturados a outros gases, sendo o gás natural a fonte mais econômica e grande fornecedora para obtenção do GLP consumido (MACINTYRE, 1996).

2.2.2 Produção

Conforme manual técnico da Petrobras (2022), existem diversos processos para produzir o GLP. A produção pode ser feita através da destilação atmosférica do petróleo, do fracionamento do gás natural ou por processos de conversão em refinarias. A Figura 1 remete ao esquema básico de produção de GLP no Brasil.



Fonte: Petrobras (2022).

2.2.3 Propriedades

Segundo Borges e Borges (1992), o gás liquefeito de petróleo apresenta facilidade e rapidez de operação, não produz resíduos após a queima e possui um bom poder calorífico, sendo em média, 12000 kcal/kg. A densidade do GLP é duas vezes maior em relação ao ar na forma de gás e aproximadamente metade em relação a água, quando na forma líquida.

Conforme exemplificado por Macintyre (1996), a comparação da potência calorífica de 1 kg de GLP é correspondente a 2 kg de carvão de lenha, 1,4 kg de querosene, 2,4 a 3 m³ de gás natural ou 14 quilowatts horas. Tais comparações demonstram o elevado rendimento e poder calorífico do GLP.

2.2.4 Distribuição

Segundo Macintyre (1996), o GLP é distribuído por empresas que o comercializam através de duas opções, sendo em recipientes transportáveis ou a granel. Os recipientes transportáveis de aço possuem capacidades que variam de 2 kg a 90 kg, já o gás a granel, é armazenado em recipientes estacionários, que necessitam de caminhão-tanque para abastecimento.

2.2.5 Pressões de utilização

O GLP é fornecido em pressões de 345 kPa a 1035 kPa, variando conforme recipiente de armazenagem (MACINTYRE, 1996). Através da utilização do regulador de alta ou de primeiro estágio na saída do recipiente, a pressão é reduzida para 105 kPa, posteriormente, no regulador de baixa ou segundo estágio, a pressão chega a 2,8 kPa, sendo este o valor indicado para o consumo nos aparelhos (BORGES E BORGES, 1992).

2.2.6 Modalidades de instalação

Segundo Borges e Borges (1992), há diferentes maneiras para a instalação predial do GLP. A instalação pode ser individual, com a utilização de recipientes próprios, ou central, onde a distribuição é feita para mais de uma economia residencial, sendo o consumo controlado através de medidores individuais.

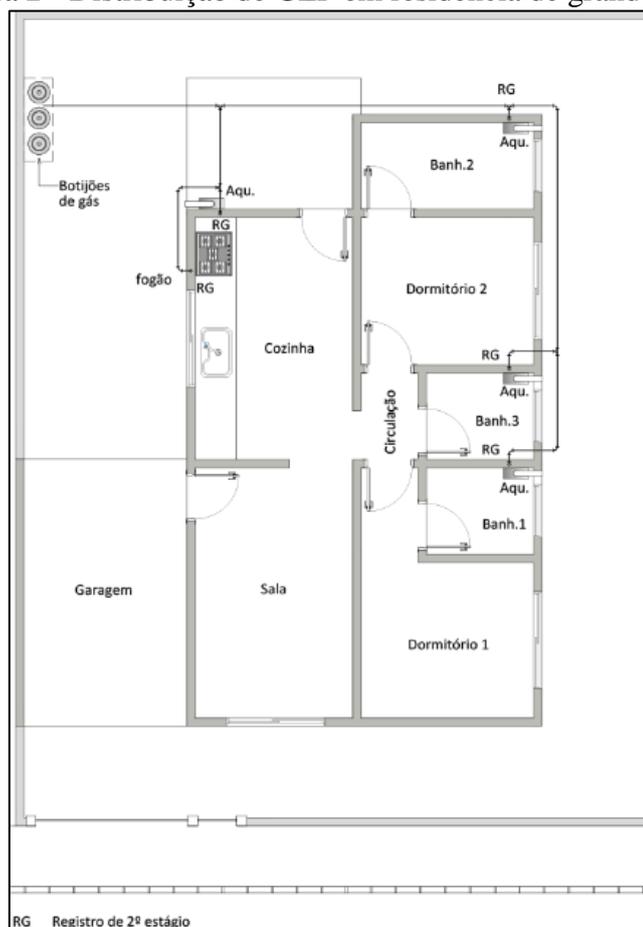
Para Júnior (2023), a escolha do sistema de instalação depende da necessidade e condição local de cada cliente, visto que ambos os casos possuem vantagens e desvantagens. Acerca da segurança das instalações, é importante que sejam verificadas as normas relacionadas ao manuseio, armazenamento e transporte do GLP.

2.2.6.1 Instalações residenciais

Em residências de pequeno a grande porte, podem ser utilizados recipientes de 13 kg ou 45 kg, dimensionados conforme consumo solicitado pelos aparelhos. Caso necessário, pode-se utilizar uma bateria de botijões, mantendo sempre uma parcela de botijões em reserva. A distribuição nestes casos, é sob média pressão, havendo necessidade de reguladores de segundo estágio antes de cada aparelho ou conjunto de aparelhos próximos, conforme Figura 2 (MACINTYRE, 1996).

Quando utilizados botijões em reserva, Júnior (2023), indica que seja realizado o sistema *by-pass*, que consiste na instalação de uma válvula de transferência no barrilete de distribuição, tal equipamento permite a alternância entre o botijão em uso e o de reserva, sem interromper o fornecimento de gás. Os recipientes devem ser instalados na parte externa da residência, sendo armazenados em abrigo próprio de alvenaria, possuindo veneziana com ventilação permanente para dissipação do gás em eventuais vazamentos.

Figura 2 - Distribuição de GLP em residência de grande porte



Fonte: Júnior (2023).

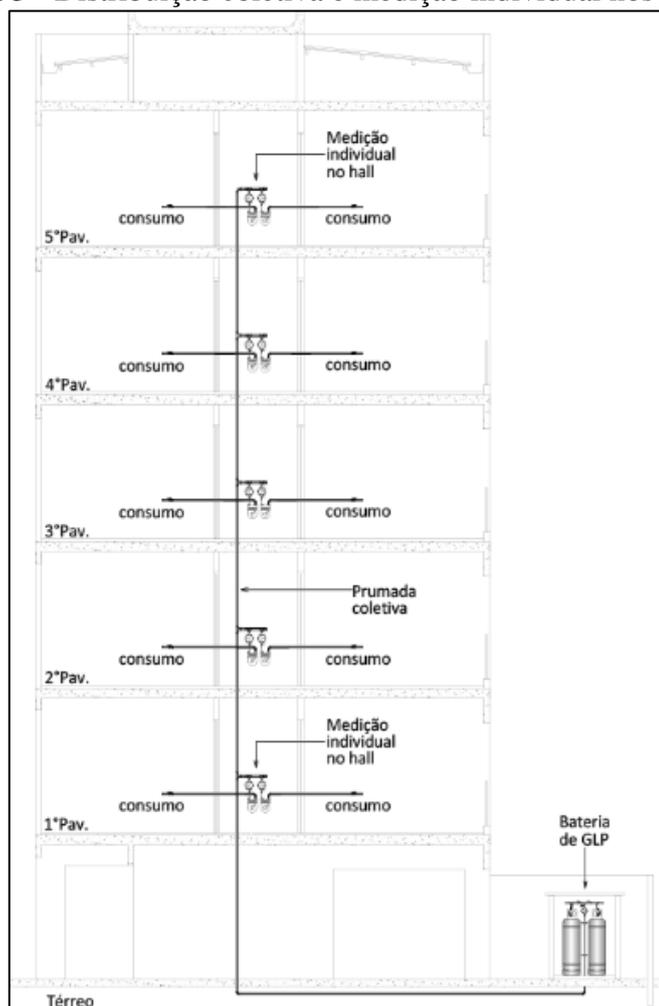
2.2.6.2 Instalações em condomínios

É frequente que os municípios estabeleçam leis e regulamentos particulares para a implementação de sistemas de gás em condomínios. Essas normativas geralmente são desenvolvidas conforme padrões técnicos nacionais, visando assegurar a segurança dos residentes e utilizadores do condomínio (JÚNIOR, 2023).

Segundo Júnior (2023), as normativas variam conforme o município, mas, em linhas gerais, a legislação proíbe a presença de botijões de gás nos apartamentos com gás canalizado por razões de segurança. No caso de edifícios com mais de cinco apartamentos e instalações externas de gás, os recipientes devem ser posicionados no térreo, fora da edificação.

Conforme Macintyre (1996), na instalação coletiva, as tubulações partem diretamente do barrilete até se ramificarem para cada apartamento (Figura 3). Os medidores dos apartamentos devem ser posicionados nos respectivos pavimentos, em local adequado e de fácil acesso.

Figura 3 - Distribuição coletiva e medição individual nos andares



Fonte: Júnior (2023).

2.2.7 Central GLP

A central de GLP é um espaço designado a abrigar os recipientes conectados ao barrilete e acessórios, utilizados para receber, armazenar, controlar e fornecer o gás para consumo. O abrigo para os recipientes, sejam transportáveis ou estacionários, deve ser construído com materiais não combustíveis, com o propósito de proteger fisicamente os recipientes e seus complementos, além de garantir uma distância de segurança apropriada das demais instalações (JÚNIOR, 2023).

Quando se trata de recipientes estacionários de GLP, a instalação da central é complexa e de responsabilidade da empresa distribuidora. A instalação em projeto arquitetônico requer consideração de várias interfaces para garantir segurança e conformidade aos regulamentos, incluindo área para os recipientes, acesso para caminhões, instalações internas, medidas de segurança e compatibilidade com outros sistemas (JÚNIOR, 2023).

A NBR 13523 (ABNT, 2019) define os requisitos mínimos para o projeto, montagem, modificação, localização e segurança de centrais de GLP em instalações comerciais, residenciais, industriais e em postos de abastecimento de empilhadeiras ou equipamentos industriais de limpeza. Essa norma se aplica às instalações onde o gás liquefeito de petróleo é distribuído, através de um sistema de tubulações e acessórios, desde os recipientes de GLP até o primeiro regulador de pressão da rede de alimentação.

Segundo a RT 01 do CBMRS (2022), é exigido central GLP em locais destinados a reunião de público, grupo F, divisão F-6, independente da capacidade instalada e nas demais ocupações cuja capacidade instalada exceda 26 kg, ou para a utilização de recipientes com capacidade nominal superior a 13 kg. A utilização de recipientes de 13 kg de GLP para formar uma central predial ou para complementar a mesma não será permitida.

Na presença de uma central GLP, o relatório de estanqueidade do sistema, acompanhado pela ART ou RRT, deve ser mantido na edificação ou área de risco de incêndio, junto com o PPCI, estando disponível para a vistoria extraordinária pelo Corpo de Bombeiros. O relatório de estanqueidade destinado às centrais de GLP deve abranger toda a rede de distribuição de gás, desde o recipiente até o ponto de consumo (CBMRS, 2022).

Consoante a RT 01 do CBMRS (2022), os recipientes devem ser armazenados em locais permanentemente ventilados e distanciados de ralos não sifonados por, no mínimo, 1,5 metros. Ainda, segundo a NBR 13523 (ABNT, 2019), os recipientes estacionários e móveis devem ser posicionados do lado de fora das construções, em áreas bem ventiladas. Sua instalação em espaços confinados, como porões, garagens subterrâneas ou sótãos, é proibida. Além disso, os recipientes não podem ser empilhados uns sobre os outros e devem ser mantidos separados, independentemente da sua orientação de instalação.

A NBR 13523 (ABNT, 2019), estipula afastamentos mínimos de segurança na central GLP, quanto a divisa de propriedades, passeio público, fontes de ignição, aberturas (portas e janelas) e materiais combustíveis. Para determinar os afastamentos necessários deve-se verificar a capacidade individual do recipiente e capacidade volumétrica total da central.

2.2.7.1 Dimensionamento central GLP

Segundo AltoQi (2024), os cálculos para o dimensionamento dos recipientes necessários na central GLP (Equação 1) levam em conta a vazão especificada no início da rede, a qual corresponde ao somatório das vazões necessárias para o funcionamento de cada aparelho a ser abastecido na edificação. Além da vazão, o número de recipientes na central depende da

densidade e capacidade de vaporização, que varia de acordo com a temperatura média mínima do ambiente e o tipo de recipiente utilizado, tais valores podem ser observados no Quadro 1.

$$N^{\circ} \text{ de recipientes} = Q \times d / CV \quad (1)$$

Onde:

Q é a vazão do gás, em metros cúbicos por hora;

d é a densidade do gás, em quilogramas por metro cúbico;

CV é a capacidade de vaporização, em quilogramas de GLP por hora.

Quadro 1 – Capacidade de vaporização dos recipientes

Recipiente	Temperatura média mínima	Capacidade de vaporização (kg de GLP/h)
P13	10° C	0,6
	15° C	0,6
	20° C	0,6
P45	10° C	0,82
	15° C	1,09
	20° C	1,37
P90	10° C	1,27
	15° C	1,69
	20° C	2,11
P190	10° C	2,09
	15° C	2,79
	20° C	3,47

Fonte: Adaptado de AltoQi (2024).

Ainda, a quantidade de recipientes calculados a partir da Equação 1 representada anteriormente, corresponde a uma configuração com apenas uma bateria de recipientes estacionários. Quando se utilizam recipientes móveis com troca e recarga de gás, o número de recipientes calculado deve ser dobrado, resultando em duas baterias de recipientes. Usualmente, o resultado da fórmula é um valor fracionário, e o número final de recipientes deve ser arredondado para o valor inteiro imediatamente superior (ALTOQI, 2024).

2.2.8 Tarifas

Segundo dados da ANP em 2024, no Brasil, especificamente no mês de abril, o preço médio de 13 kg de GLP totalizou o montante de R\$ 101,94, já no Rio Grande do Sul perfez a quantia de R\$ 106,01. A totalidade do valor é subdividida em quatro fatores para composição

do preço, sendo: 30,2% correspondente a uma parcela da Petrobras; 0% de impostos federais; 17,3% relativo ao ICMS e 52,5% de distribuição e revenda (PETROBRAS, 2024).

2.2.9 Vantagens

O GLP apresenta uma queima eficiente quando no estado gasoso, oferecendo um excelente poder calorífico e garantindo uma combustão mais completa. Isso resulta em uma redução significativa na formação de resíduos e fuligem. Como resultado, produz menos poluentes, sendo uma escolha ideal para aplicações na indústria alimentícia e cerâmica onde a pureza do produto final é crucial. Além disso, visando o fator de segurança e detecção de vazamentos, é adicionado um odorizante de etil-mercaptano na composição do GLP residencial (PETROBRAS, 2024).

2.3 GÁS NATURAL

2.3.1 Composição

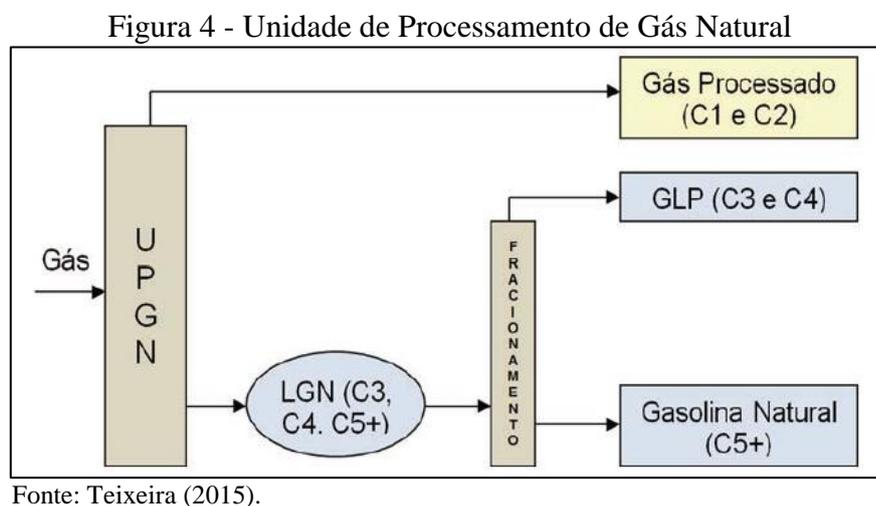
Segundo Júnior (2019), o gás natural, designado pela sigla GN, é composto basicamente por metano e propano, sendo uma combinação de hidrocarbonetos leves que permanece no estado gasoso em condições de temperatura ambiente e pressão atmosférica. O gás natural que se encontra no Brasil é composto por 83% de metano, em média, sendo o propano e etano presentes em pequenas parcelas (TEIXEIRA, 2015).

2.3.2 Produção

Segundo Teixeira (2015), o gás natural, geralmente, encontra-se armazenado em rochas sedimentares, muitas vezes junto (gás associado) ou isolado do petróleo (gás não associado), formando, assim, reservatórios naturais. A origem do gás natural vem da matéria orgânica que está enterrada e submetida a altas pressões e temperaturas por milhares de anos. O gás natural pode ser gerado também pela purificação do biogás durante a decomposição da biomassa (SULGÁS, 2020).

Conforme Teixeira (2015), a cadeia produtiva do gás natural pode ser dividida em cinco etapas. A exploração, fase inicial, que consiste em estudos, pesquisas e testes, a fim de identificar áreas propícias ao acúmulo de hidrocarbonetos. A segunda fase é a produção, em que é realizada a elevação do gás natural bruto à superfície, nessa fase também ocorre o

processamento primário do GN e recuperação de petróleo residual. A etapa de processamento é realizada nas Unidades de Processamento de Gás Natural (UPGN), conforme exemplificado na Figura 4.



As etapas quatro e cinco, são respectivamente o transporte e distribuição. A grande parte do transporte de gás natural é por dutos de aço, os gasodutos, tendo início nos locais de produção, até os pontos de entrega para as distribuidoras estatais. A distribuição também é realizada pelos gasodutos, cujo objetivo é a entrega aos consumidores finais (TEIXEIRA, 2015).

Segundo Vaz, Maia e Santos (2008), a comercialização do gás natural é realizada através da distribuição do serviço pelos estados da federação ou mediante concessão e permissão às companhias distribuidoras locais de gás canalizado. A Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), estabelece atividades distintas quanto a distribuição e a comercialização. A primeira (distribuição) é responsável pela construção, operação e manutenção dos gasodutos e a segunda (comercialização) considera a compra de gás pelas companhias de um carregador ou produtor e a venda ao consumidor final. Embora sejam atividades distintas, algumas companhias acabam realizando os dois trabalhos.

No Rio Grande do Sul, após a conclusão do gasoduto Bolívia-Brasil no ano 2000, a Companhia de Gás do Estado do Rio Grande do Sul (SULGÁS) iniciou a comercialização de gás natural, sendo responsável pela distribuição de gás canalizado no Estado do Rio Grande do Sul. A Figura 5 demonstra as redes existentes de gás natural em parte da Serra Gaúcha. Em vermelho estão as redes de alta pressão e em azul as de baixa pressão. A SULGÁS, é uma sociedade de economia mista, sendo o Estado do Rio Grande do Sul e a Petrobrás Gás S/A – GASPETRO seus acionistas (SULGÁS, 2020).

Figura 5 - Redes de gás natural



Fonte: SULGÁS (2024).

2.3.3 Propriedades

Conforme Júnior (2023), o gás natural possui um poder calorífico de 9400 kcal/m^3 , e, portanto, inferior ao GLP. Todavia, o GN possui qualidades positivas, visto que é pouco poluente e apresenta níveis reduzidos de impurezas. Como o gás natural é formado principalmente por metano, pode-se tomar como base apenas esse hidrocarboneto para definições de suas características e propriedades (TEIXEIRA, 2015).

A densidade inferior à do ar, o baixo ponto de vaporização, os altos limites de inflamabilidade, a difícil explosividade, qualidade de produtos e processos, independência e flexibilidade, origem diversificada, vantagens econômicas e ambientais, são algumas das propriedades importantes do GN. Ainda, verifica-se que a não existência do gás natural resultaria na utilização de outros combustíveis fósseis, tendenciosos a emitir uma quantidade maior de poluentes, o que agravaria os impactos ambientais (TEIXEIRA, 2015).

2.3.4 Distribuição

Segundo Teixeira (2015), a distribuição do gás natural é realizada pelas empresas estaduais que possuem concessão para atuar. Estas, transportam o gás do ponto de entrada até o consumidor final, possuindo uma cartela de clientes industriais, automotivos, comerciais e residenciais.

Ainda, o mesmo autor destaca que as principais formas de distribuição do gás natural são por meio de gasodutos ou cilindros de alta pressão, quando em estado gasoso. No estado líquido, o gás natural deve ser transportado em barcaças ou caminhões criogênicos, em uma temperatura de $160 \text{ }^\circ\text{C}$ negativos. O gás natural também pode ser distribuído sob a forma de compostos derivados, seja líquido ou sólido.

2.3.5 Pressões de utilização

Conforme regulamento de instalações de gás da SULGÁS (2020), a rede de distribuição interna situada entre a ERU e o regulador de 2º estágio deve possuir uma pressão máxima de operação de 90 kPa quando o medidor for do tipo diafragma, ou 150 kPa quando o medidor for do tipo rotativo. Para as redes localizadas entre o regulador de 2º e 3º estágio, a pressão máxima de operação deve ser 5 kPa. Já em situações em que o regulador de 2º ou 3º estágio alimenta diretamente o aparelho a gás, a pressão máxima de operação será de 2 kPa.

2.3.6 Modalidades de instalação

Para verificar a melhor modalidade de instalação da rede de distribuição de gás natural, é necessário avaliar três características principais: a utilização do imóvel conforme tipo de ocupação (residencial ou comercial); a forma que será realizada a medição de gás (individual ou coletiva) e a situação construtiva do imóvel (obra nova ou usada), conforme exemplificado na Figura 5. Através destas definições, deverá ser escolhido um local para a ERU e outro para posicionamento dos medidores (SULGÁS, 2020).

Figura 6 - Características a serem consideradas para cada tipologia de instalação



Fonte: SULGÁS (2020).

2.3.6.1 Instalações residenciais

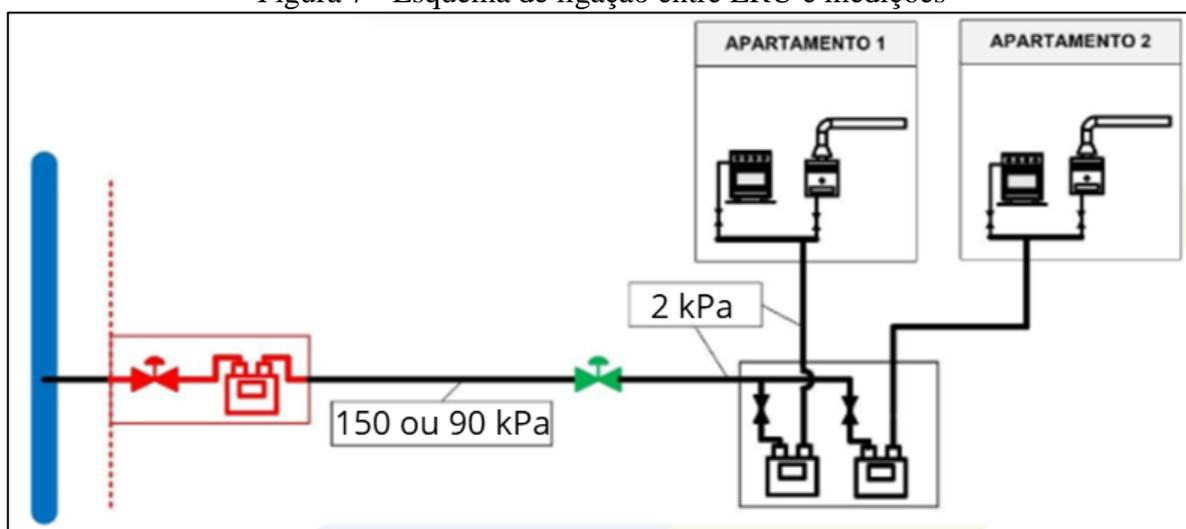
Conforme regulamento de instalações de gás da SULGÁS (2020), a instalação do regulador e medidor individual em abrigo (ERU) é planejada de forma a atender a vazão necessária para a unidade, sendo posicionados no alinhamento do terreno. Para esta condição, pode-se utilizar apenas um regulador de segundo estágio ou em edificações com rede existente um de segundo e outro de terceiro estágio, mediante aprovação da SULGÁS.

Para edificações unifamiliares onde o fornecimento é através de 2º estágio, é necessário um regulador para as instalações internas. Deve-se observar que a ABNT NBR 15526:2012 limita a pressão dentro das unidades habitacionais em 5 kPa, sendo necessário posicionar o regulador de segundo estágio no exterior da edificação, visto que a pressão de chegada excede este valor (SULGÁS, 2020).

2.3.6.2 Instalações em condomínios

Segundo regulamento de instalações de gás da SULGÁS (2020), para construções novas em edificações multifamiliares, pode-se empregar medição coletiva na ERU, reguladores de primeiro e segundo estágio, medição comum no térreo ou em área comum dos andares e prumadas individuais que se direcionam para cada habitação, conforme esquema de ligação representado na Figura 7.

Figura 7 - Esquema de ligação entre ERU e medições

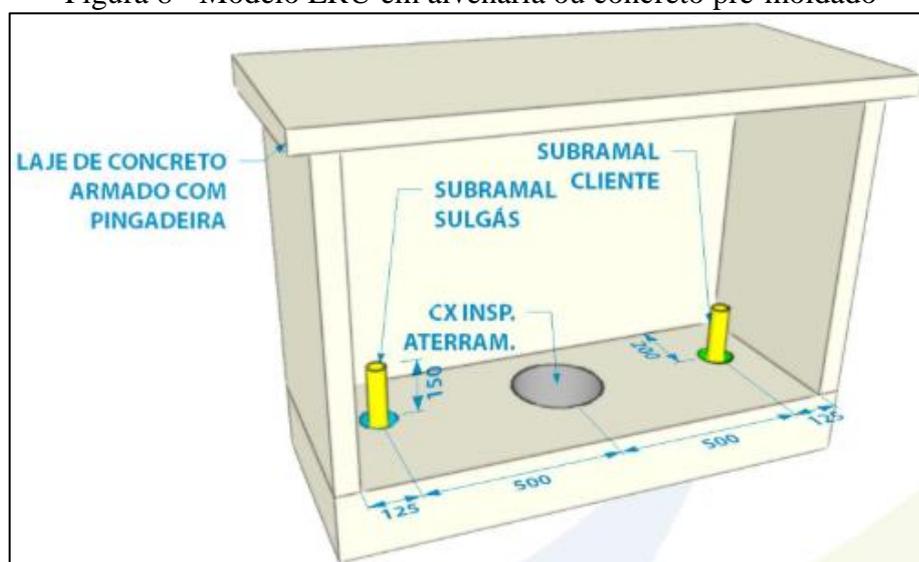


Fonte: Adaptado de SULGÁS (2020).

2.3.7 Estação de Redução Urbana (ERU)

Segundo a SULGÁS (2020), a ERU é destinada para alocar a instalação de regulador de pressão e medidor, deve estar posicionada no alinhamento do terreno, com previsão de acesso permanente aos profissionais da concessionária. O abrigo pode ser executado em alvenaria, concreto pré-moldado ou metálico, deve possuir porta metálica tipo veneziana ou hermética e possuir sistema de aterramento dedicado. As dimensões adotadas devem ser conforme Figura 8.

Figura 8 - Modelo ERU em alvenaria ou concreto pré-moldado



Fonte: SULGÁS (2020).

2.3.8 Tarifas

Conforme tabela tarifária residencial da SULGÁS (2024), há três grupos distintos de cobrança, o faturamento coletivo, faturamento individualizado e unidade unifamiliar. Os valores apresentados já incluem ICMS (12%) e PIS/COFINS (9,25%) e podem ser verificados nas Tabelas 1, 2 e 3.

Tabela 1 – Tarifas residenciais para faturamento coletivo

Volume (m³/mês)	Fixo (R\$)	Variável (R\$/m³)
0 a 300	0	7,1623
301 a 1500	337,85	6,0361
Acima de 1500	1252,57	5,4263

Fonte: SULGÁS (2024).

Tabela 2 – Tarifas residenciais para faturamento individualizado

Volume (m ³ /mês)	Fixo (R\$)	Variável (R\$/m ³)
0 a 1	12,3	0
1 a 15	4,90	7,0440
Acima de 15	0	7,3707

Fonte: SULGÁS (2024).

Tabela 3 – Tarifas residenciais para unidade unifamiliar

Volume (m ³ /mês)	Fixo (R\$)	Variável (R\$/m ³)
Faixa única	176,61	6,8002

Fonte: SULGÁS (2024).

2.3.9 Vantagens

A adoção do fornecimento contínuo de gás natural através de canalização elimina a necessidade de centrais de gás e o constante reabastecimento de botijões, liberando espaços para áreas de convivência e lazer nos condomínios. O uso de gás natural é mais seguro devido à sua densidade ser menor que a do ar, permitindo uma rápida dispersão em caso de vazamento, evitando acúmulos perigosos. Além disso, optar pelo gás natural reduz a movimentação de caminhões e o acesso de pessoas terceirizadas nos condomínios (SULGÁS, 2024).

Os sistemas e equipamentos que funcionam com gás natural diminuem os custos de energia e manutenção, enquanto seu preço competitivo diminui conforme o volume consumido, tornando-se ainda mais atrativo com o aumento do consumo. A cobrança é baseada no consumo real, sem taxas adicionais. A ausência de armazenamento de combustível também resulta em apólices de seguro mais acessíveis. Devido à sua composição, o gás natural proporciona uma combustão limpa, minimizando significativamente a emissão de poluentes, o que o torna um aliado importante na preservação do meio ambiente (SULGÁS, 2024).

2.4 NORMAS TÉCNICAS E INSTRUÇÕES

As instalações prediais residenciais de gás combustível são regidas pela ABNT NBR 15526:2012, que estabelece requisitos mínimos necessários para o projeto e execução das redes internas de distribuição com uma pressão de operação inferior a 150 kPa. Essas redes podem ser alimentadas tanto por canalização de rua, quanto por uma central de gás, permitindo que o gás seja conduzido até os pontos de consumo por meio de um sistema de tubulação.

O Corpo de Bombeiros Militar do Rio Grande do Sul, através da Resolução Técnica nº 01 de 2022, estabelece diretrizes básicas de segurança contra incêndio no estado. Conforme item pertinente aos gases combustíveis, são apresentadas uma série de exigências e recomendações relacionadas às instalações de GLP e GN, seja referente a central GLP como as redes de distribuição interna (CBMRS, 2022).

2.4.1 Materiais, equipamentos e dispositivos

Segundo a NBR 15526 (ABNT, 2012), os materiais, equipamentos e dispositivos empregados na rede interna de distribuição devem apresentar resistência físico-química apropriada para sua função e ser compatíveis com o gás utilizado. Além disso, devem ser robustos ou protegidos adequadamente contra os efeitos do ambiente, e que suportem, no mínimo, a pressão de teste de estanqueidade.

2.4.1.1 Tubos

Para a execução da rede interna de distribuição, a NBR 15526 (ABNT, 2012), admite que sejam utilizados tubos de aço-carbono, com ou sem costura, conforme NBR 5580 no mínimo classe média, NBR 5590 no mínimo classe normal, API 5-L grau A com espessura correspondente a SCH40 conforme ASME/ANSI B36 .10M. Também admite que sejam utilizados tubos de condução de cobre rígido (conforme NBR 13206) ou flexível (classe 2 ou 3, conforme NBR 14745), sem costura. Ainda, podem ser utilizados tubos de polietileno (PE80 ou PE100), conforme Figura 9, para redes enterradas e externos às projeções horizontais da edificação conforme NBR 14462 e tubos multicamada conforme NBR 16821 (SULGÁS, 2020).

Figura 9 - Tubo de polietileno



Fonte: FGS Brasil (2020).

2.4.1.2 Conexões

Conforme a NBR 15526 (ABNT, 2012), a execução das conexões pode ser realizada em aço forjado, ferro fundido maleável, cobre com acoplamento soldado, roscado ou compressão e de PE, para redes enterradas. As conexões devem atender os requisitos das normas técnicas estabelecidas para cada tipo de material.

2.4.1.3 Sistema multicamada

Conforme regulamento de instalações de gás da SULGÁS (2020), pode-se utilizar tubos e conexões multicamada para as redes de distribuição interna de gás. A NBR 16821:2020 estabelece critérios para tubulações e conexões do sistema multicamada, os requisitos para instalação e projeto devem estar de acordo com a NBR 15526:2012.

Segundo o catálogo técnico da AMANCO (2023), os tubos multicamadas apresentam três camadas conforme exemplificado na Figura 10, sendo a camada interna em PEX, responsável pela flexibilidade e resistência à pressão e vedação, a intermediária em alumínio a qual fornece impermeabilidade dos gases e permanência da forma e a externa em PE, caracterizada por disponibilizar resistência à corrosão. Os tubos são comercializados em bitolas de 16mm, 20mm, 26mm e 32mm e as conexões, fabricadas em latão forjado com rosca BSP (fêmea) e BSPT (macho) e anel para prensar em aço inox (TECNOFLUIDOS, 2023).

Figura 10 - Tubo multicamada



Fonte: TECNOFLUIDOS (2023).

As redes de distribuição de gás em multicamada apresentam alta resistência à corrosão, flexibilidade dos tubos (que permite a instalação de extensos trechos sem a necessidade de conexões), montagem fácil, rápida e segura, fornecimento dos tubos em bobinas e menor perda de carga devido à diminuição do número de conexões. Durante projeto e execução deve-se

avaliar os raios de curvaturas na tubulação, respeitando um raio mínimo de 5 vezes o diâmetro externo do tubo (AMANCO, 2023).

O sistema multicamada pode ser utilizado para condução de GN e GLP, a instalação pode ser realizada embutida, enterrada, através de tubo guia, aparente interna e aparente externa. A pressão máxima de operação do sistema é de 500 kPa, enquanto as temperaturas podem variar de -20°C a 60°C (TECNOFLUIDOS, 2023).

2.4.1.4 Elementos para interligação

Consoante a NBR 15526 (ABNT, 2012), para realizar a ligação entre um ponto de utilização e o aparelho a gás, medidor e dispositivos de instrumentação, é permitido a utilização de mangueira flexível de borracha, tubo flexível metálico, tubo de condução de cobre flexível ou tubo flexível de borracha. Os elementos devem atender as normas técnicas pertinentes, limites de pressão e temperaturas.

2.4.1.5 Válvulas, reguladores e medidores

A NBR 15526 (ABNT, 2012), admite que as válvulas a serem utilizadas na rede de distribuição sejam do tipo esfera. Os reguladores, por sua vez, devem ser escolhidos de maneira que atendam à pressão da rede interna e à vazão dos aparelhos a gás que abastecem, devem ser instalados quando a pressão na rede excede a do aparelho a gás ou quando é necessário ajustar a pressão na rede de distribuição interna. Já os medidores, devem ser capazes de medir o volume correspondente à potência dos aparelhos a gás, considerando a máxima pressão ou queda de pressão na rede onde estão instalados.

2.4.1.6 Manômetros, filtros e dispositivos de segurança

Conforme a NBR 15526 (ABNT, 2012), os manômetros devem operar dentro de uma faixa de 25% a 75% de sua escala final. Além disso, os filtros devem ter elementos facilmente substituíveis para permitir a limpeza periódica. Quanto aos dispositivos de segurança, é essencial que estejam protegidos contra a água e identificados de forma permanente. As principais ferramentas de segurança incluem válvulas de alívio e bloqueio automático, limitadores de pressão, reguladores monitor e detectores de vazamento.

2.4.1.7 Aparelhos a gás

A NBR 15526 (ABNT, 2012) informa que os aparelhos a gás devem ser conectados à rede de distribuição interna através de uma válvula de bloqueio dedicada para cada um deles, a fim de possibilitar a isolação ou remoção de um aparelho sem afetar o suprimento de gás dos outros. Os aparelhos devem ser interligados à rede através de elementos flexíveis.

A instalação de aparelhos a gás para uso residencial é regida pela NBR 13103 (ABNT, 2024), a qual estipula os requisitos de projeto, construção, reforma, adequação e inspeção de aparelhos a gás. A norma é delimitada a aparelhos de cocção e preparação de alimentos, aquecedor de água a gás tipo instantâneo e de acumulação, aquecedor de ambiente doméstico ligados ou não à chaminé, secadora de roupa a gás, lareira a gás, aquecedor de piscina, aquecedor radiante e chama decorativa externa, ambos equipamentos com pressão nominal não superior a 2 kPa para GN e 2,8 kPa para GLP.

Segundo a NBR 13103 (ABNT, 2024), os aparelhos a gás a serem instalados devem atender os requisitos das normas técnicas vigentes. Os aparelhos são classificados em função de suas características quanto ao tipo de combustão, ao sistema e dutos de exaustão. Ainda, o somatório de potências nominais dos aparelhos a gás instalados em um ambiente não deve exceder 64488 kcal/h (75kW).

A NBR 13103 (ABNT, 2024), determina três grupos de classificação dos aparelhos a gás, sendo o grupo “A”, caracterizado por aparelhos não destinados a conexão com dutos de exaustão dos produtos de combustão, com ar para a combustão retirado diretamente do ambiente onde o aparelho está instalado. O grupo “B”, idem ao grupo “A”, porém destinado a ser conectado a dutos de exaustão. O grupo “C” é definido por aparelhos em que o circuito de combustão é estanque em relação ao local onde está instalado, utilizando o ar externo a edificação.

Segundo a NBR 13103 (ABNT, 2024), para garantir a completa combustão do gás, o funcionamento adequado da exaustão dos produtos da combustão e a manutenção de temperaturas seguras nas proximidades, os aparelhos a gás devem ser instalados em locais com ventilação adequada, sob condições normais de operação. Além disso, é necessário que o ambiente atenda aos requisitos de volume bruto mínimo e área de ventilação útil, os quais são especificados de acordo com o tipo e a potência nominal dos aparelhos a gás.

2.4.2 Dimensionamento

A primeira etapa do dimensionamento, segundo a NBR 15526 (ABNT, 2012), é o levantamento do perfil de consumo de gás, afim de verificar o consumo máximo instantâneo na rede. É admitido que seja utilizado um fator de simultaneidade, bem como, majorar o consumo para uma demanda futura. Para calcular o consumo máximo instantâneo, é necessário considerar o poder calorífico inferior (PCI).

Para utilização do fator de simultaneidade a NBR 15526 (ABNT, 2012) reitera que, o fator não se aplica ao dimensionamento de apenas uma unidade domiciliar, empreendimentos com finalidades comerciais, caldeiras e aparelhos de gás de grande consumo. O fator de simultaneidade, é determinado a partir da potência computada, conforme equações contidas no Quadro 2. A partir da determinação do fator, é possível calcular a potência adotada, conforme exemplificado na Equação 2.

$$A = F \times C / 100 \quad (2)$$

Onde:

A é a potência adotada, em quilocalorias por hora;

C é a potência computada, em quilocalorias por hora;

F é o fator de simultaneidade, valor adimensional.

Quadro 2 – Equações para cálculo do fator de simultaneidade

C (kcal/h)	
$C < 21000$	$F = 100$
$21000 \leq C < 576720$	$F = 100 / [1 + 0,001(C/60 - 349)^{0,8712}]$
$576720 \leq C < 1200000$	$F = 100 / [1 + 0,4705(C/60 - 1055)^{0,19931}]$
$C > 1200000$	$F = 23$
C (kW)	
$C < 24,43$	$F = 100$
$24,43 \leq C < 670,9$	$F = 100 / [1 + 0,01016(C/60 - 24,37)^{0,8712}]$
$670,9 \leq C < 1396$	$F = 100 / [1 + 0,7997(C/60 - 73,67)^{0,19931}]$
$C > 1396$	$F = 23$

Fonte: Adaptado da ABNT NBR 15526:2012

A potência nominal dos dispositivos a gás deve ser obtida diretamente do fabricante do dispositivo a ser instalado. Na ausência dessa informação, pode-se utilizar a Tabela 4 como base. Quando não se sabe qual o tipo de gás combustível a ser utilizado (GN ou GLP), o

dimensionamento deve ser realizado para atender aos dois tipos de instalação, optando pelos maiores diâmetros de tubos em cada trecho da instalação. Já quando definido o método, o dimensionamento pode ser realizado exclusivamente para GN ou GLP (MACINTYRE, 2020).

Tabela 4 – Potência nominal dos aparelhos a gás

Aparelho a gás	Características	Potência nominal média (kW)	Potência nominal média (kcal/h)
Fogão duas bocas	Portátil	2,9	2494
Fogão duas bocas	De bancada	3,6	3096
Fogão quatro bocas	Sem forno	8,1	6966
Fogão quatro bocas	Com forno	10,8	9288
Fogão cinco bocas	Sem forno	11,6	9976
Fogão cinco bocas	Com forno	15,6	13390
Fogão seis bocas	Sem forno	11,6	9976
Fogão seis bocas	Com forno	15,6	13390
Forno	De parede	3,5	3010
Aquecedor de passagem	6 L/min	10,5	9000
Aquecedor de passagem	8 L/min	14,0	12000
Aquecedor de passagem	10 L/min	17,4	15000
Aquecedor de passagem	12 L/min	20,9	18000
Aquecedor de passagem	15 L/min	25,6	22000
Aquecedor de passagem	18 L/min	30,2	26500
Aquecedor de passagem	25 L/min	41,9	36000
Aquecedor de passagem	30 L/min	52,3	45500
Aquecedor de passagem	35 L/min	57,0	49000
Aquecedor de acumulação	50 L	5,1	4360
Aquecedor de acumulação	75 L	7,0	6003
Aquecedor de acumulação	100 L	8,2	7078
Aquecedor de acumulação	150 L	9,5	8153
Aquecedor de acumulação	200 L	12,2	10501
Aquecedor de acumulação	300 L	17,4	8153
Secadora	De roupa	7,0	6020

Fonte: Adaptado da ABNT NBR 15526:2012

Conforme NBR 15526 (ABNT, 2012), ao dimensionar as tubulações e selecionar o tipo de gás a ser utilizado, é importante verificar a disponibilidade e flexibilidade de fornecimento de gás atual e futuro, a previsão para acréscimo de demanda associado aos aparelhos de gás e a legislação local, referente às instalações.

Consoante Macintyre (2020), o dimensionamento da tubulação de gás deve garantir a capacidade de suprir a máxima vazão necessária para os aparelhos, levando em conta a pressão adequada para operação. Cada trecho da tubulação a jusante de um regulador deve ser dimensionado de forma independente, considerando a soma das vazões dos aparelhos e a perda de carga máxima admitida. Para determinar a vazão de gás, deve-se dividir a potência adotada pelo poder calorífico inferior, conforme Equação 3.

$$Q = A/PCI \quad (3)$$

Onde:

A é a potência adotada, em quilocalorias por hora;

Q é a vazão de gás, em metros cúbicos por hora;

PCI é o poder calorífico inferior, em quilocalorias por metro cúbico.

Conforme NBR 15526 (ABNT, 2012), o comprimento total é obtido através da soma do trecho horizontal, vertical e das perdas de carga localizadas. Para calcular a perda de carga localizada utiliza-se a Equação 4 (AMANCO, 2023). Contudo, deve-se consultar os dados dos fabricantes ou a literatura técnica para obter os valores relacionados as conexões e demais dispositivos. É necessário determinar um diâmetro inicial para resolução do comprimento equivalente total da tubulação, assim, considera-se os trechos retos somado aos comprimentos das conexões e demais dispositivos.

$$\Delta p = \xi \times \rho \times v^2 / 2 \quad (4)$$

Onde:

Δp é a perda de carga, em pascais;

ξ é o coeficiente de perda local, obtido em catálogos técnicos de fabricantes;

ρ é a densidade do fluido, em quilogramas por metro cúbico;

v é a velocidade do fluido, em metros por segundo.

Ainda a NBR 15526 (ABNT, 2012), informa que nos trechos verticais há uma variação de pressão entre as modalidades de instalação de gás. Quando utilizado o GN, ocorre ganho em trecho ascendente ou perda em trecho descendente, já utilizando GLP, acontece o inverso,

ganho em trecho descendente ou perda em trecho ascendente. Para determinação da perda de pressão, utiliza-se a Equação 5.

$$\Delta P = 1,318 \times 10^{-2} \times H \times (S - 1) \quad (5)$$

Onde:

ΔP é a perda de pressão, em quilopascals;

H é a altura do trecho vertical, em metros;

S é a densidade relativa do gás em relação ao ar, valor adimensional.

Segundo Macintyre (2020), a pressão máxima na rede de distribuição interna deve ser de 150 kPa, com uma limitação de 7,5 kPa dentro das unidades habitacionais, considerando as condições climáticas e operacionais. Para determinar pressões em redes acima de 7,5 kPa, deve-se utilizar a Equação 6, tanto para GN como GLP. Para redes com pressões até 7,5 kPa, utiliza-se a Equação 7 para GN e a Equação 8 para GLP.

$$PA - PB = 4,67 \times 10^5 \times S \times L \times Q^{1,82} / D^{4,82} \quad (6)$$

$$Q^{0,9} = 2,22 \times 10^{-2} \times ((H \times D^{4,8}) / (S^{0,8} \times L))^{0,5} \quad (7)$$

$$PA - PB = 2,273 \times 10^3 \times S \times L \times Q^{1,82} / D^{4,8} \quad (8)$$

Onde:

Q é a vazão de gás, em metros cúbicos por hora;

D é o diâmetro interno do tubo, em milímetros;

H é a perda de carga máxima admitida, em quilopascals;

L é o comprimento do trecho da tubulação, em metros;

S é a densidade relativa do gás em relação ao ar, valor adimensional;

PA é a pressão de entrada de cada trecho, em quilopascals;

PB é a pressão de saída de cada trecho, em quilopascals.

Macintyre (2020), informa que o último passo para o dimensionamento é a determinação da velocidade. A Equação 9 exemplifica a resolução da velocidade nas redes de distribuição de GN e GLP.

$$V = 354 \times Q / (P + 1,033) \times D^2 \quad (9)$$

Onde:

V é a velocidade, em metros por segundo;

Q é a vazão do gás na pressão de operação, em metros cúbicos por hora;

P é a pressão manométrica de operação, em quilogramas força por centímetro quadrado;

D é o diâmetro interno do tubo, em milímetros.

2.4.3 Parâmetros de cálculo

A NBR 15526 (ABNT, 2012), informa que pode ser considerado, para instalações de gás natural, um poder calorífico inferior de 8600 kcal/m³ e densidade relativa ao ar de 0,6. Já para o gás liquefeito de petróleo, um poder calorífico inferior de 24000 kcal/m³ e densidade relativa ao ar de 1,8.

Conforme relata Macintyre (2020), podem ocorrer variações momentâneas de pressão, e estas, devem situar-se dentro da faixa de 15% a 25% da pressão nominal. Além disso, a NBR 15526 (ABNT, 2012), considera que a perda de carga máxima admitida para o trecho de tubulação que alimenta diretamente o ponto de consumo, seja de 10% da pressão de operação, desde que esteja dentro da faixa de pressão de funcionamento do aparelho, e 30% da pressão de operação, para trechos que alimentam o regulador de pressão, respeitando a faixa de pressão de funcionamento do regulador. A velocidade máxima admitida para a rede é de 20 m/s.

2.4.4 Construção e montagem

2.4.4.1 Traçado da rede

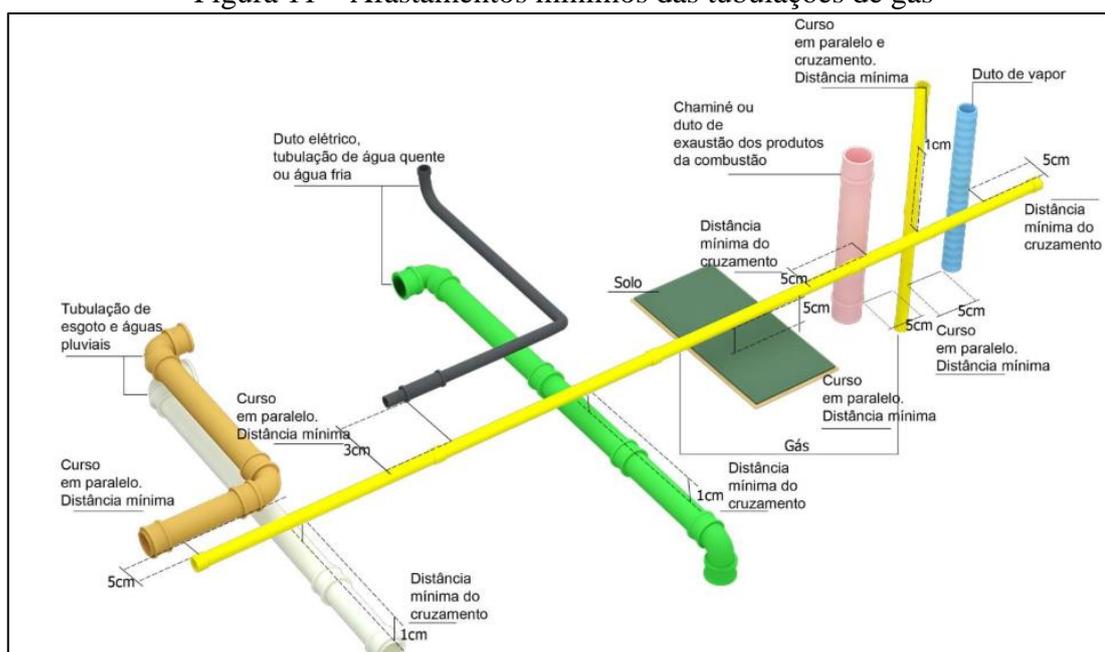
Referente a definição do traçado das redes de distribuição interna de gás em um empreendimento, a NBR 15526 (ABNT, 2012) estipula, que a instalação da tubulação deve ocorrer em área onde, se houver vazamento de gás, não haja potencial para acumulação ou

concentração, permitindo acesso para manutenção e garantindo a compatibilização com os demais projetos.

2.4.4.2 Instalação da tubulação

Segundo a NBR 15526 (ABNT, 2012), as tubulações da rede interna podem ser instaladas aparentes, desde que atendam os afastamentos previstos no Quadro 3, embutidas em paredes ou muros e enterradas, a Figura 11 representa os afastamentos mínimos. A norma estabelece a proibição de tubulações instaladas em dutos, cisternas e reservatórios de água, compartimento de equipamento ou dispositivo elétrico, depósito de combustível inflamável, elementos estruturais, espaços fechados que possibilitem o acúmulo de gás eventualmente vazado e poço ou vazio de elevador.

Figura 11 – Afastamentos mínimos das tubulações de gás



Fonte: COMGÁS (2023).

Quadro 3 – Afastamentos de segurança para tubulações aparentes
(contínua)

Tipo	Redes em paralelo (mm)	Cruzamento de redes (mm)
Sistemas elétricos de potência em baixa tensão isolados em eletrodutos não metálicos	30	10
Sistemas elétricos de potência em baixa tensão isolados em eletrodutos metálicos ou sem eletroduto	50	50

(conclusão)

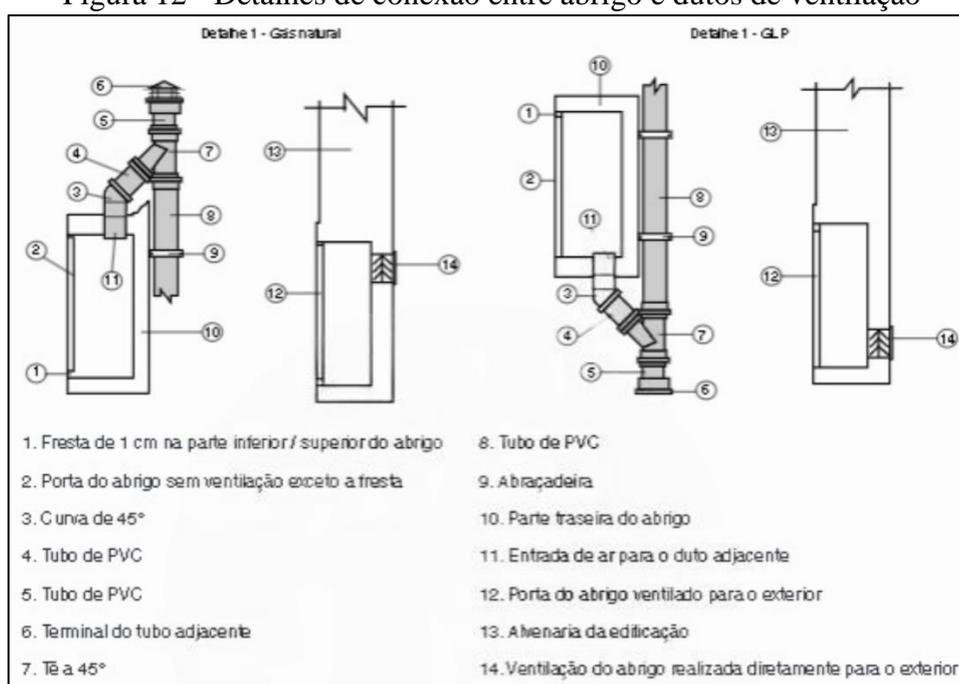
Tipo	Redes em paralelo (mm)	Cruzamento de redes (mm)
Tubulação de água quente e fria	30	10
Tubulação de vapor	50	10
Chaminés	50	50
Tubulação de gás	10	10
Outras tubulações (águas pluviais e esgoto)	50	10

Fonte: ABNT NBR 15526:2012

2.4.4.3 Abrigo de medição e regulagem

De acordo com a NBR 15526 (ABNT, 2012), os abrigos de medidores devem permanecer acessíveis para inspeção, manutenção e leitura de consumo. Devem ser ventilados através de aberturas para arejamento, com uma área total equivalente a pelo menos 1/10 da área da planta baixa do compartimento. Para abrigos sem possibilidade de ventilação permanente, é necessário que possuam portas vedadas para evitar vazamentos e que sejam ventilados por aberturas na parte superior e inferior, conectadas diretamente ao exterior da edificação ou através de um duto vertical de ventilação adjacente, sendo que as aberturas devem ter pelo menos 7 centímetros de dimensão mínima. A Figura 12 apresenta o detalhamento das conexões entre abrigo e esquemas de ventilação.

Figura 12 - Detalhes de conexão entre abrigo e dutos de ventilação



Fonte: Adaptado da ABNT NBR 15526:2012.

2.4.4.4 Dispositivos de segurança

Segundo a NBR 15526 (ABNT, 2012), devem ser previstos dispositivos de segurança na rede de distribuição interna, afim de assegurar a integridade e segurança na operação. O Quadro 4 apresenta os dispositivos mínimos que devem ser previstos conforme pressão a montante do regulador.

Caso seja utilizado válvulas de alívio (alivia o excesso de pressão na rede sem interromper o fluxo de gás) ou válvulas de bloqueio por sobrepressão (bloqueia o fluxo de gás quando a pressão na rede, a jusante do regulador, excede os limites estabelecidos) como dispositivos de segurança, a NBR 15526 (ABNT, 2012) indica que as válvulas sejam ajustadas conforme Quadro 5. O ajuste das válvulas é realizado observando a pressão a jusante do regulador.

Quadro 4 – Quantidade mínima de dispositivos de segurança

Pressão de entrada (PE) kPa	Quantidade mínima	Dispositivos de segurança (opções aplicáveis)
$PE \leq 7,5$	0	-
$7,5 < PE \leq 700$	1	- Válvula de bloqueio automático por sobrepressão; - Válvula de alívio pleno (se vazão máx. regulador ≤ 10 m ³ /h GN ou ≤ 12 kg/h GLP); - Dispositivo de segurança incorporado conforme EM 88-1; - Limitador de pressão (se pressão de saída ≥ 50 kPa.
$PE > 700$	2	- Válvula de bloqueio automático por sobrepressão; - Regulador monitor - Limitador de pressão (se pressão de saída ≥ 50 kPa.

Fonte: Adaptado da ABNT NBR 15526:2012

Quadro 5 – Condições de acionamento do dispositivo de segurança

Pressão de saída (PS) kPa	Pressão máxima de acionamento do dispositivo de segurança kPa
$PS < 7,5$	$PS \times 3$ (limitado a 14,0)
$7,5 < PS < 35$	$PS \times 2,7$ (limitado a 94,5)
$PS > 35$	$PS \times 2,4$

Fonte: Adaptado da ABNT NBR 15526:2012

2.4.4.5 Proteção

A NBR 15526 (ABNT, 2012), informa que em locais suscetíveis a choques mecânicos, é fundamental proteger as tubulações. Para tubos aparentes, é recomendável instalar barreiras como vigas, cercas ou colunas, quando necessário. Para tubos enterrados, deve-se providenciar

proteção adequada. As válvulas e reguladores de pressão devem ser instalados de forma a permanecerem protegidos contra danos físicos, garantindo fácil acesso para manutenção e substituição caso necessário.

Referente a proteção contra a corrosão, a NBR 15526 (ABNT, 2012), indica que deve ser considerado o ambiente e o material da tubulação antes da instalação. Os materiais metálicos utilizados podem corroer e devem ser instalados de forma a minimizar esse problema. Para tubulações enterradas ou em áreas úmidas, é recomendado utilizar revestimento asfáltico ou plástico, pintura epóxi, ou proteção catódica, se necessário. Para tubulações aparentes, a proteção deve ser selecionada de acordo com as condições locais, podendo-se aplicar métodos similares aos usados para tubulações enterradas ou simplesmente pintá-las com tinta apropriada para o ambiente.

2.4.4.6 Identificação

A NBR 15526 (ABNT, 2012) destaca que a rede de distribuição interna aparente deve ser identificada através de pintura amarela na tubulação. Todavia, quando há empecilhos arquitetônicos relacionados a pintura, deve-se utilizar identificação com a palavra “GÁS” em cada trecho aparente, respeitando o distanciamento máximo de 10 metros. Já as redes enterradas, devem ser identificadas através de fita plástica com advertência durante toda sua extensão e posicionadas 20 centímetros acima da tubulação.

2.4.4.7 Ponto de utilização

Para a NBR 15526 (ABNT, 2012), nos pontos de utilização devem ser previstos elementos para interligação da rede com o aparelho a gás, e também, válvula para bloqueio manual, é indicado que seja verificado as orientações do fabricante quando a instalação dos aparelhos. É necessário identificar de forma permanente os pontos de utilização com a palavra “GÁS”.

2.4.5 Conversão da rede para uso de outro tipo de gás

A NBR 15526 (ABNT, 2012) reitera que é necessário verificar o dimensionamento, aparelhos, equipamentos, materiais, dispositivos, construção e montagem das redes de distribuição antes de realizar a conversão para um gás combustível substituto. Caso as

instalações não estiverem de acordo, deve ser providenciado as alterações pertinentes para cada item.

2.5 ORÇAMENTAÇÃO

Para Mattos (2006), um dos fatores mais importantes para o desenvolvimento saudável de um empreendimento é o orçamento feito da maneira correta, sendo essa, uma atividade que requer atenção e habilidade do profissional envolvido. O processo inicial de orçamentação de uma obra demanda o conhecimento dos diversos serviços que a compõem. A fase de levantamento de quantidades é uma das etapas que mais exigem conhecimento do orçamentista, visto que requer a análise de projetos, cálculos de áreas e volumes, consulta a tabelas e tabulação de dados numéricos.

Segundo Carvalho e Marchiori (2019), o uso do BIM na orçamentação é importante para reduzir o tempo de trabalho, visto que o orçamentista não precisa realizar o levantamento de todos quantitativos, apenas uma conferência dos dados retirados do *software*. Com a utilização do BIM, há maior eficiência e compatibilização dos projetos.

Segundo Mattos (2006), é importante realizar uma decomposição da obra para estimar os custos por etapa, sendo possível verificar rapidamente, se a cotação de um subempreiteiro está de acordo com o esperado. Ainda conforme o autor, é separado uma porcentagem de 15,3% a 17,9% para a parte de instalações em uma obra.

Em relação aos custos gerados ao cliente final, segundo Teixeira, Santos e Guarieiro (2015), o gás natural apresenta vantagem frente ao gás liquefeito de petróleo na cocção de alimentos em residências, sendo 20,2% mais econômico em uso de fogões, 22,6% em *cooktops* e 24,9% em fornos. Referente ao aquecimento de água em residências, o GN é 25,3% mais econômico que o GLP quando utilizado aquecedor instantâneo e 26,4% na utilização de aquecedor de acumulação.

Conforme Carvalho e Marchiori (2019), é possível verificar os custos dos quantitativos através de manual orçamentário próprio da empresa, TCPO e SINAPI. O manual próprio da empresa é uma boa fonte, visto que reflete a realidade de execução. O TCPO, por sua vez, apresenta composições de preços com dados fornecidos em pesquisas acadêmicas. Já o SINAPI, é um indicador de custo da construção civil e serve como base para custos de obras que utilizam recursos do Governo Brasileiro.

3 METODOLOGIA

O objeto de estudo se trata de um edifício residencial conforme representado na Figura 13, construído em alvenaria estrutural. O empreendimento possui uma área construída de 4606,20 m².

Figura 13 - Fachada do empreendimento



Fonte: MGF Incorporadora (2023).

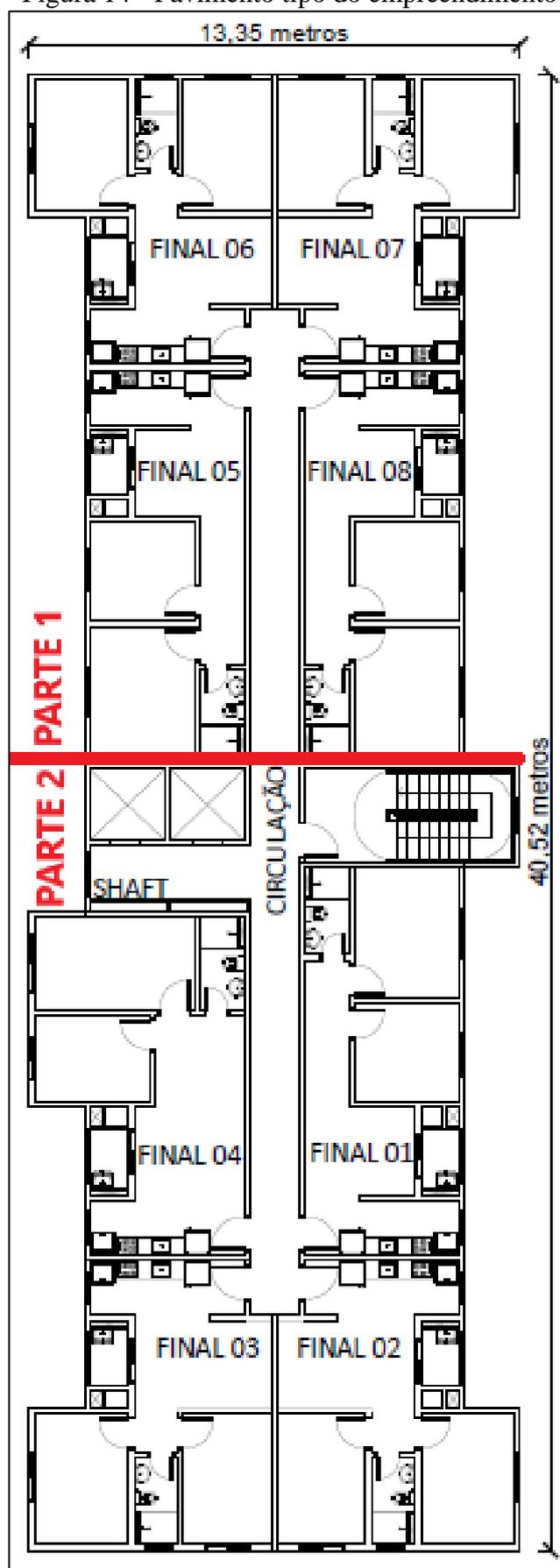
O empreendimento em questão possui 10 pavimentos que totalizam uma altura de 27,10 metros, todos pavimentos são do tipo residencial com altura respectiva de 2,71 metros. Cada pavimento tipo possui 453,42 m², subdivido em área de circulação e 8 apartamentos, conforme representado na Figura 14, o mesmo padrão acontece no pavimento térreo, representado na Figura 15. Os apartamentos possuem dois dormitórios, um banheiro, sala de estar/jantar e cozinha/lavanderia junto a varanda. A área de cada apartamento está representada na Tabela 5.

Tabela 5 – Área dos apartamentos

Apartamento	Área (m ²)
01	48,94
02	46,32
03	46,32
04	50,96
05	48,94
06	46,32
07	46,32
08	48,94

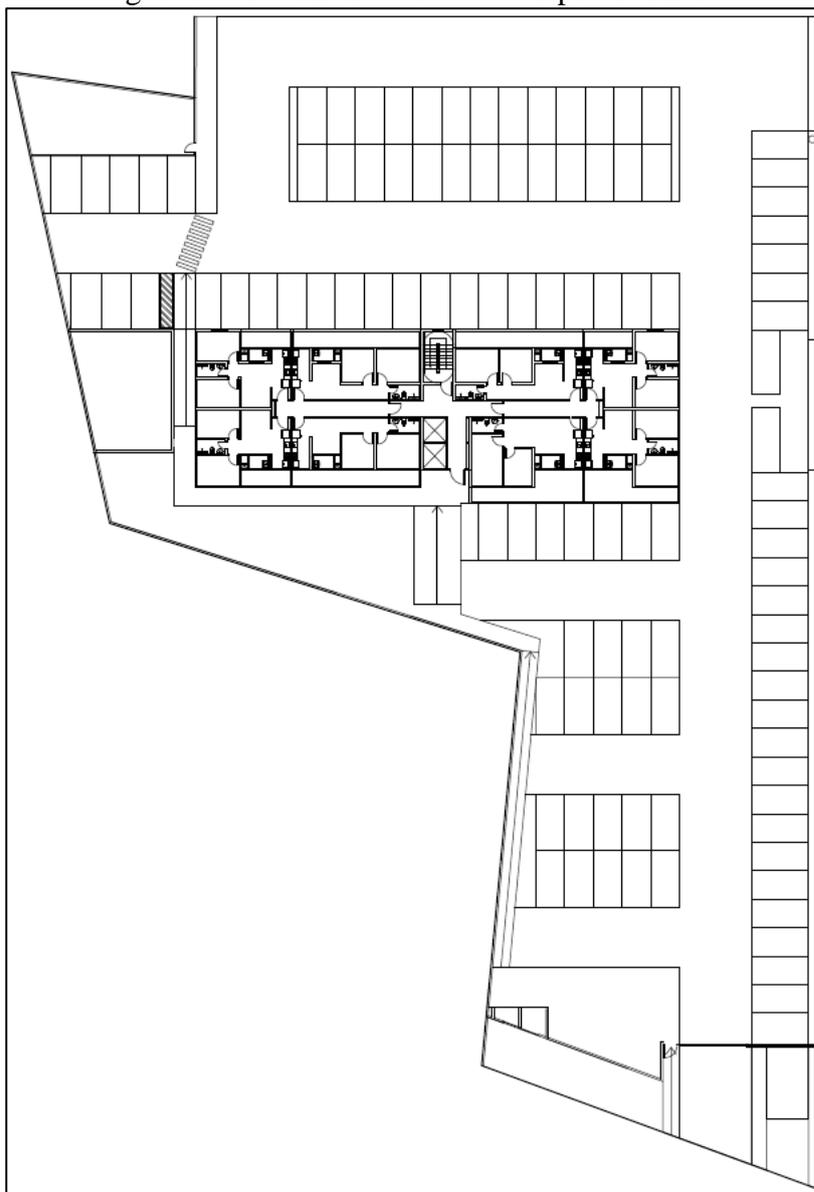
Fonte: MGF Incorporadora (2023).

Figura 14 - Pavimento tipo do empreendimento



Fonte: Adaptado de MGF Incorporadora (2023).

Figura 15 - Pavimento térreo do empreendimento



Fonte: Adaptado de MGF Incorporadora (2023).

Considerando a expansão das redes de gás natural nas cidades, é evidente a necessidade de realizar um estudo comparativo dos custos das instalações de gás natural com o gás liquefeito de petróleo, tanto para as construtoras e incorporadoras quanto para o cliente final. Com isso, utilizando o *software* AltoQi Builder foi realizado o dimensionamento e comparação técnica e econômica de quatro soluções distintas para cada tipo de gás combustível.

Ainda, para facilitar a comparação, os traçados das redes foram realizados nos mesmos locais para cada conjunto de opções, e o edifício escolhido para o estudo foi o mesmo em ambos os casos. Os equipamentos, aparelhos e tipos de materiais utilizados nas instalações de gás liquefeito de petróleo foram os mesmos utilizados para o gás natural.

3.1 SOLUÇÕES PARA AS REDES DE DISTRIBUIÇÃO INTERNAS DE GÁS

O comparativo para a instalação das redes de distribuição interna de gás se dá através de quatro opções: com alimentação de gás natural utilizando *shaft* central na circulação, com alimentação de gás natural utilizando dois *shafts* nas extremidades da circulação, com alimentação de gás liquefeito de petróleo utilizando *shaft* central na circulação e com alimentação de gás liquefeito de petróleo utilizando dois *shafts* nas extremidades da circulação. Para as redes externas do empreendimento, a partir do limite interno do terreno, será analisado questões técnicas e financeiras quanto a implementação de central GLP ou utilização da ERU. Ambas opções atendem as recomendações da ABNT NBR 15526:2012.

3.1.1 Opção GN1S: alimentação de GN utilizando *shaft* central na circulação

A primeira solução para as instalações de gás no objeto de estudo é por meio do gás natural, utilizando oito medidores individuais no *shaft* central, conforme demarcado em projeto arquitetônico. Esta opção possui um longo percurso até a tubulação chegar nos apartamentos de extremidade, consequentemente possui maior perda de carga, necessita de diâmetros maiores e requer um gasto maior com materiais.

3.1.2 Opção GN2S: alimentação de GN utilizando dois *shafts* na circulação

A segunda solução para as instalações de gás no objeto de estudo é por meio do gás natural, utilizando oito medidores individuais divididos em dois *shafts* posicionados nas extremidades da circulação, com esta opção foi necessário realizar adequações no projeto arquitetônico inicial. A solução apresenta maior eficiência comparada a opção GN1S, visto que pelo fato de os medidores estarem próximos aos pontos de consumo de gás, ocorrem menores perdas de cargas e utiliza-se menos trecho de tubulação, sendo consequentemente uma opção mais econômica.

3.1.3 Opção GLP1S: alimentação de GLP utilizando *shaft* central na circulação

A terceira solução para as instalações de gás no objeto de estudo é por meio do gás liquefeito de petróleo, utilizando oito medidores individuais no *shaft* central, conforme demarcado em projeto arquitetônico. Esta opção possui um longo percurso até a tubulação chegar nos apartamentos de extremidade, consequentemente possui maior perda de carga,

necessita de diâmetros maiores e requer um gasto maior com materiais. Ainda essa opção se torna mais eficiente quando comparada a opção GN1S, visto que o GLP possui um poder calorífico maior que o GN.

3.1.4 Opção GLP2S: alimentação de GLP utilizando dois *shafts* na circulação

A quarta solução para as instalações de gás no objeto de estudo é por meio gás liquefeito de petróleo, utilizando oito medidores individuais divididos em dois *shafts* posicionados nas extremidades da circulação, com esta opção foi necessário realizar adequações no projeto arquitetônico inicial. A solução apresenta maior eficiência comparada a opção GLP1S, visto que pelo fato de os medidores estarem próximos aos pontos de consumo de gás, ocorrem menores perdas de cargas e pode-se utilizar diâmetros menores, sendo conseqüentemente uma opção mais econômica. Esta opção se torna mais eficiente quando comparada a opção GN2S, pois o GLP possui um poder calorífico maior que o GN.

3.2 PARÂMETROS DE PROJETO

Para realização do trabalho proposto foi considerado o uso de um fogão seis bocas com forno (potência nominal 13390 kcal/h) e um aquecedor de passagem instantâneo de 21 l/min (potência nominal 29000 kcal/h) em cada apartamento. As prumadas de gás foram dimensionadas inicialmente em aço carbono DN 25 mm ($\phi 1''$) e as demais redes internas com o sistema multicamada DN 20 mm ($\phi 1/2''$).

Para o projeto em gás natural utilizou-se para dimensionamento o PCI de 8600 kcal/m³ e densidade relativa ao ar de 0,6, já para o projeto em GLP, o PCI considerado foi de 24000 kcal/m³ e a densidade relativa ao ar de 1,8. A velocidade máxima adotada é de 20 m/s e a perda de carga máxima admissível foi considerada de 10% para redes que alimentam diretamente os pontos de consumo e 30% para redes anteriores ao regulador de pressão. A central de gás GLP foi dimensionada considerando recipientes estacionários do tipo P190, com temperatura média mínima de 20° C e capacidade de vaporização de 3,47 kg de GLP/h.

3.3 ORÇAMENTAÇÃO

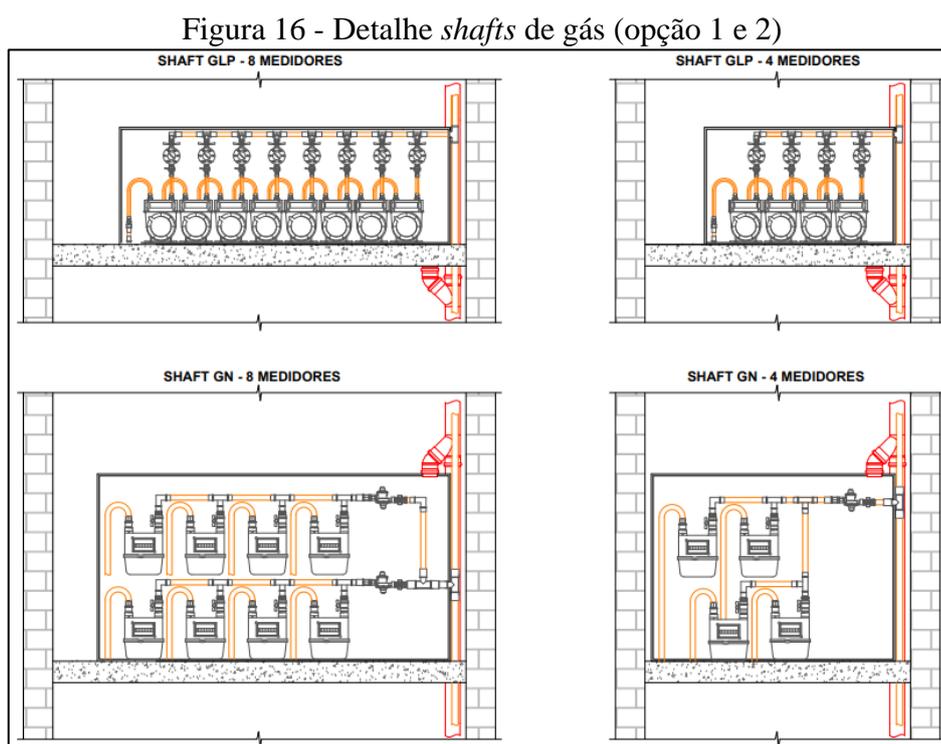
O estudo tem como um de seus principais objetivos a análise econômica das soluções propostas. Para isso, foi realizado o levantamento dos quantitativos de materiais gerados pelo

software AltoQi Builder e organizados em planilhas eletrônicas pelo *software* Microsoft Excel para as quatro opções de projeto. Os custos foram obtidos através das informações contidas na base de dados do SINAPI de julho de 2024 para o Estado do Rio Grande do Sul, de fornecedores e lojas especializadas.

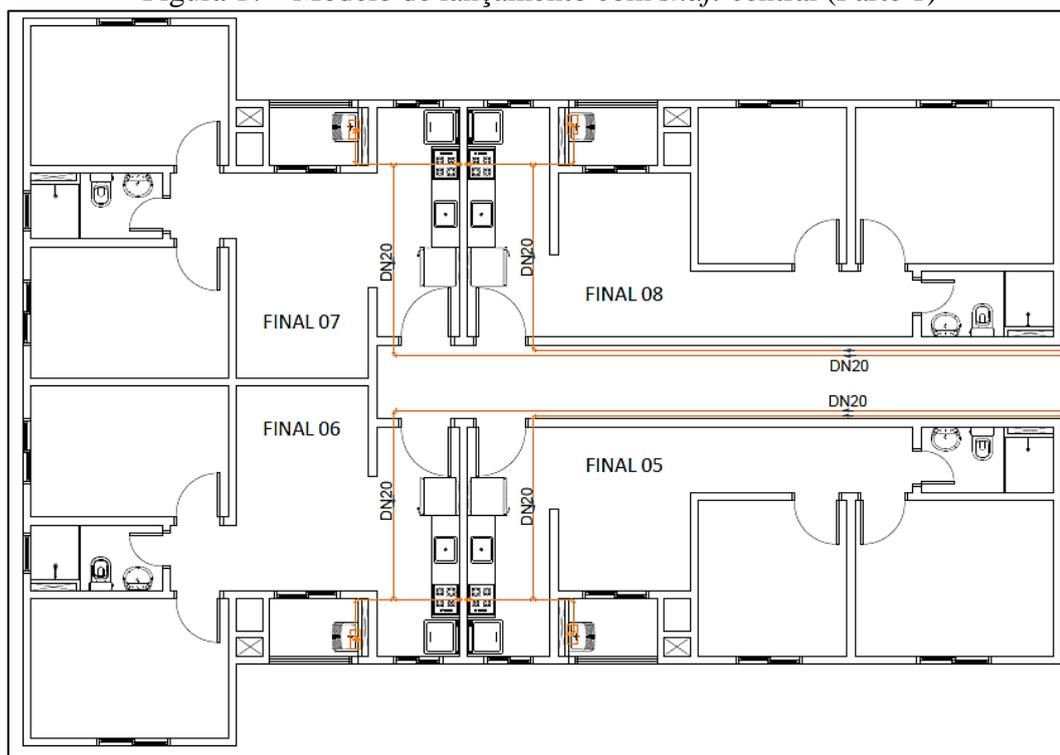
3.4 APRECIÇÃO DOS RESULTADOS

O *software* utilizado executa o dimensionamento completo do projeto de gás no empreendimento, além de realizar todas as verificações necessárias para garantir a conformidade com as Normas Brasileiras. Isso inclui ferramentas para análise de pressões e diâmetros das redes, permitindo a elaboração de um comparativo entre as diferentes soluções. Os valores estimados pela orçamentação, aliados à análise técnica das quatro opções, possibilitaram a identificação da melhor solução ao estudo.

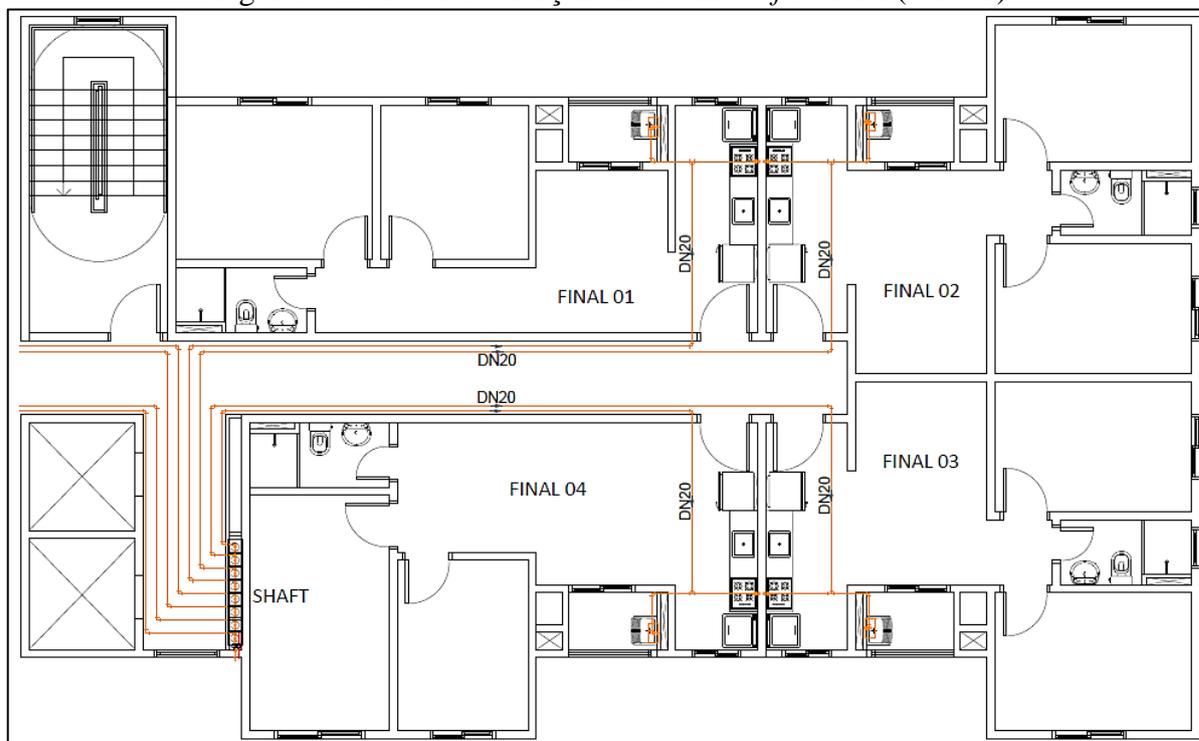
As opções consideradas foram derivadas de dois modelos de projeto de gás inicial, em que as modificações em cada modelo variam de acordo com o tipo de gás combustível de alimentação (GN ou GLP). Os modelos base variam a localização do *shaft*, uma das opções mantém o local original conforme projeto arquitetônico (Figura 17 e Figura 18) e a outra opção indica a divisão em dois *shafts*, um em cada extremidade da circulação (Figura 19 e Figura 20), o detalhe dos *shafts* pode ser observado na Figura 16.



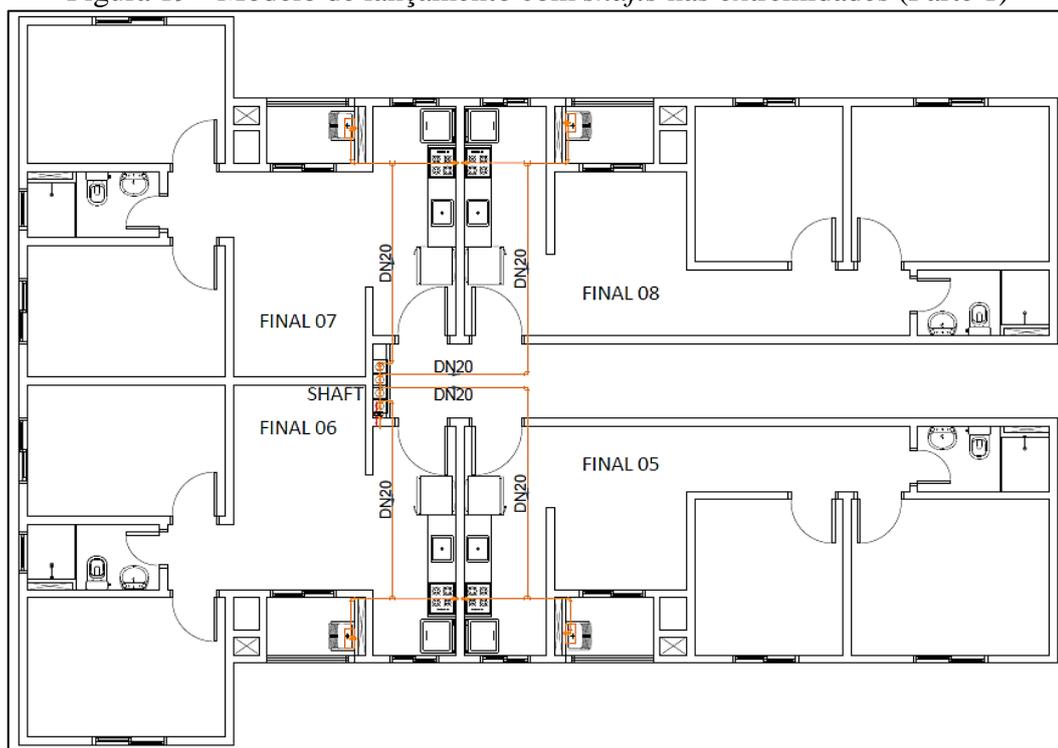
Fonte: Autor (2024).

Figura 17 - Modelo de lançamento com *shaft* central (Parte 1)

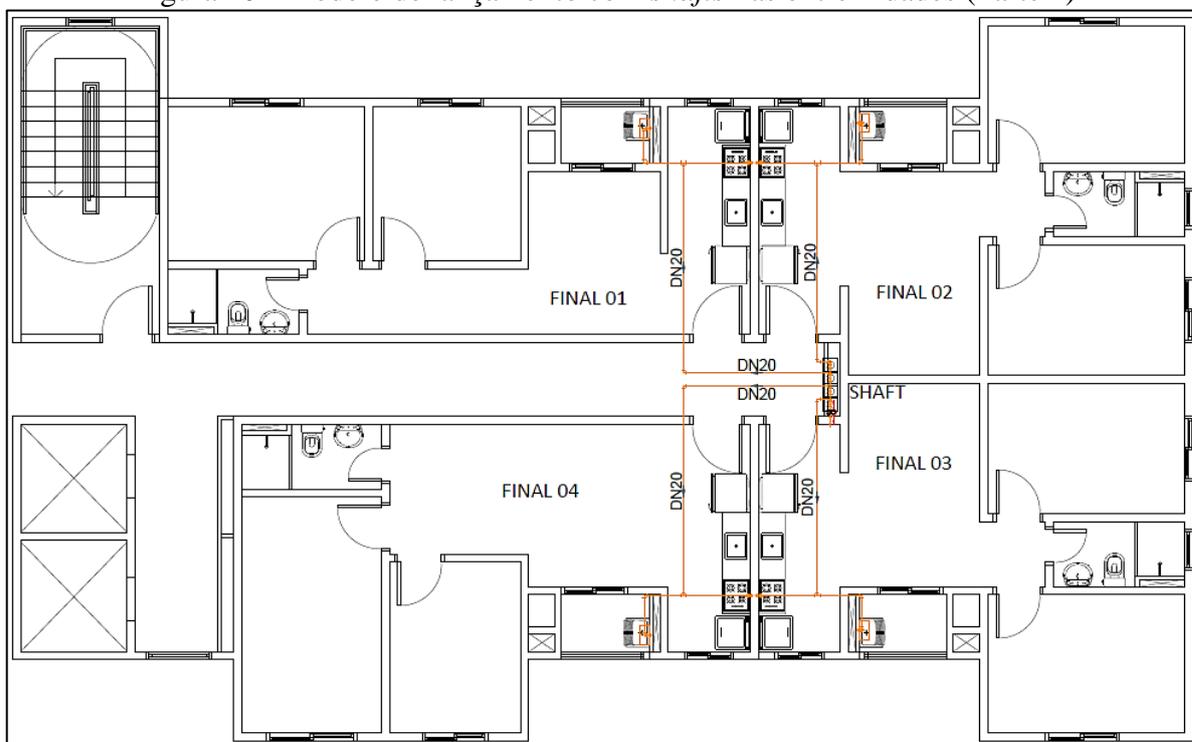
Fonte: Autor (2024).

Figura 18 - Modelo de lançamento com *shaft* central (Parte 2)

Fonte: Autor (2024).

Figura 19 - Modelo de lançamento com *shafts* nas extremidades (Parte 1)

Fonte: Autor (2024).

Figura 20 - Modelo de lançamento com *shafts* nas extremidades (Parte 2)

Fonte: Autor (2024).

4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

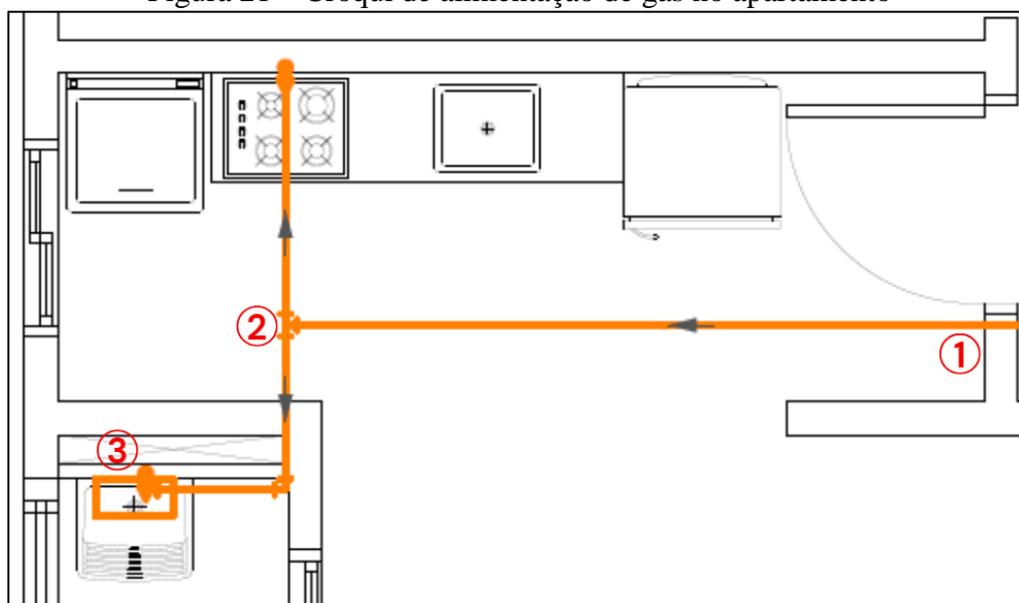
Neste capítulo, serão apresentados os resultados técnicos e econômicos obtidos a partir do dimensionamento dos projetos utilizando o *software* AltoQi Builder, abrangendo as quatro opções analisadas. Foram avaliadas as pressões disponíveis nos pontos de consumo, o diâmetro das tubulações e os aspectos econômicos relacionados as opções apresentadas. Também será analisada a influência causada no projeto arquitetônico conforme cada tipo de instalação de gás.

4.1 RESULTADOS TÉCNICOS

Através do dimensionamento do projeto pelo *software* foram obtidos diâmetros mínimos para as tubulações que alimentam os pontos de consumo dos apartamentos. Levou-se em consideração os diâmetros necessários do apartamento mais distante, sendo o apartamento 07 da opção com *shaft* central na circulação e os apartamentos 01 e 08 da opção com *shafts* nas extremidades.

Para melhor exemplificar os trechos internos considerados nos apartamentos, a Figura 21 apresenta um croqui ampliado das redes de alimentação no apartamento. O trecho 1 e 2 refere-se à rede que se origina do *shaft*, passando pelo regulador de pressão secundário e pelo medidor até a conexão em “tê”, onde ocorre a ramificação para o fornecimento de gás ao fogão e ao aquecedor de passagem. Já o trecho 2 e 3 corresponde à parte da rede que inicia no “tê” e segue até o aquecedor de passagem.

Figura 21 – Croqui de alimentação de gás no apartamento



Fonte: Autor (2024).

O resultado da potência adotada por trecho, o fator de simultaneidade, a vazão, o comprimento do trecho (que inclui a distância entre os trechos analisados e a distância equivalente pelas conexões utilizadas), as perdas de carga e as pressões iniciais e finais disponíveis na parte interna dos apartamentos estão apresentados nas tabelas a seguir. A Tabela 6 corresponde à opção GN1S, a Tabela 7 à opção GLP1S, e as Tabelas 8 e 9 referem-se, respectivamente, às opções GN2S e GLP2S.

Tabela 6 – Resultados técnicos apartamentos da opção GN1S

Trecho	Potência (kcal/h)	Fator de simult. (%)	Vazão (m ³ /h)	Comp. (cm)	Perda de carga (kPa)	Pressão inicial (kPa)	Pressão disponível (kPa)
1-2	42390	100	4,93	3413,82	0,137	2,00	1,863
2-3	29000	100	3,37	930,75	0,047	1,863	1,816

Fonte: Autor (2024).

Tabela 7 – Resultados técnicos apartamentos da opção GLP1S

Trecho	Potência (kcal/h)	Fator de simult. (%)	Vazão (m ³ /h)	Comp. (cm)	Perda de carga (kPa)	Pressão inicial (kPa)	Pressão disponível (kPa)
1-2	42390	100	1,77	2692,4	0,163	2,80	2,637
2-3	29000	100	1,21	930,75	0,085	2,637	2,552

Fonte: Autor (2024).

Tabela 8 – Resultados técnicos apartamentos da opção GN2S

Trecho	Potência (kcal/h)	Fator de simult. (%)	Vazão (m ³ /h)	Comp. (cm)	Perda de carga (kPa)	Pressão inicial (kPa)	Pressão disponível (kPa)
1-2	42390	100	4,93	1652,87	0,068	2,00	1,932
2-3	29000	100	3,37	943,88	0,048	1,932	1,884

Fonte: Autor (2024).

Tabela 9 – Resultados técnicos apartamentos da opção GLP2S

Trecho	Potência (kcal/h)	Fator de simult. (%)	Vazão (m ³ /h)	Comp. (cm)	Perda de carga (kPa)	Pressão inicial (kPa)	Pressão disponível (kPa)
1-2	42390	100	1,77	915,41	0,163	2,80	2,637
2-3	29000	100	1,21	958,60	0,101	2,637	2,537

Fonte: Autor (2024).

Os diâmetros mínimos obtidos para os trechos representados anteriormente para as quatro opções de instalação estão representados na Tabela 10. Cabe ressaltar que o diâmetro da

tubulação que alimenta o ponto de gás do fogão para todos tipos de instalação é DN 20 mm ($\phi 1/2''$).

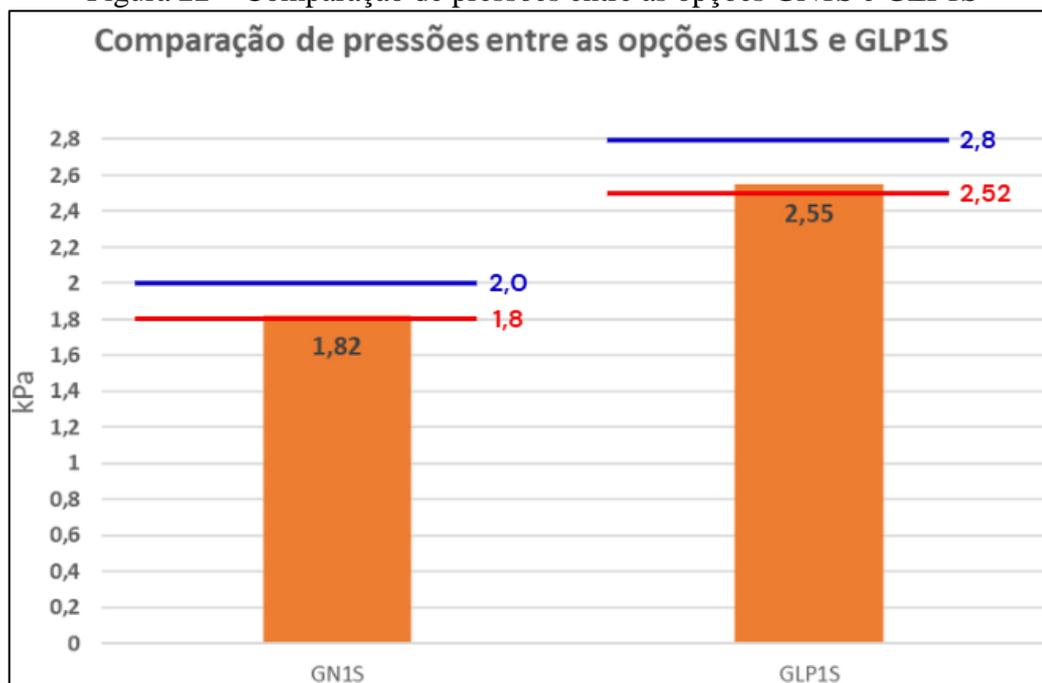
Tabela 10 – Diâmetros mínimos em função do trecho e opção

Opção	Trecho 1-2	Trecho 2-3
GN1S	DN 32mm ($\phi 1''$)	DN 26mm ($\phi 3/4''$)
GLP1S	DN 26mm ($\phi 3/4''$)	DN 20mm ($\phi 1/2''$)
GN2S	DN 32mm ($\phi 1''$)	DN 26mm ($\phi 3/4''$)
GLP2S	DN 20mm ($\phi 1/2''$)	DN 20mm ($\phi 1/2''$)

Fonte: Autor (2024).

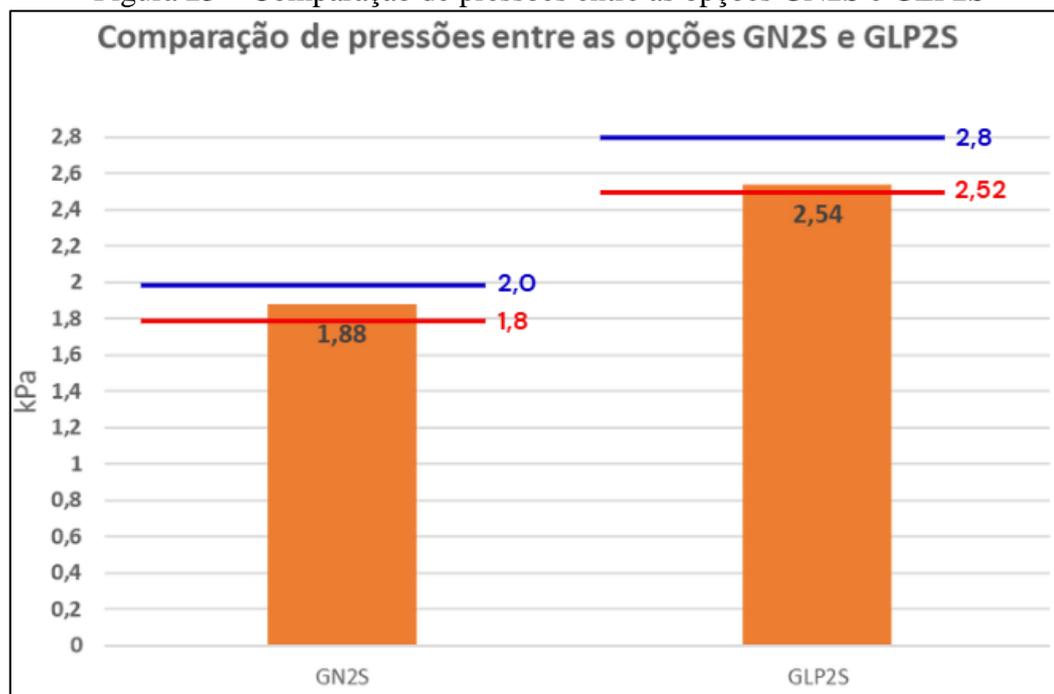
Os resultados técnicos de pressão apresentados na Figura 22 (Opções GN1S e GLP1S) e na Figura 23 (GN2S e GLP2S) se referem ao aquecedor de passagem (equipamento com maior potência calorífica) do apartamento mais distante do *shaft*, visto que quanto maior a distância entre o regulador de pressão secundário e o ponto de gás, maior a perda de carga e, conseqüentemente, menor a pressão disponível no aparelho. A linha azul representada na Figura 22 e Figura 23 é a pressão máxima permitida e a linha vermelha, a pressão mínima permitida, em kPa.

Figura 22 – Comparação de pressões entre as opções GN1S e GLP1S



Fonte: Autor (2024).

Figura 23 – Comparação de pressões entre as opções GN2S e GLP2S



Fonte: Autor (2024).

Nas quatro opções apresentadas, a pressão disponível se manteve dentro do intervalo entre a pressão máxima e mínima, o que demonstra que os diâmetros utilizados anteriormente são os mais otimizados para cada tipo de instalação. A pressão no ponto de consumo do fogão é atendida em ambas opções.

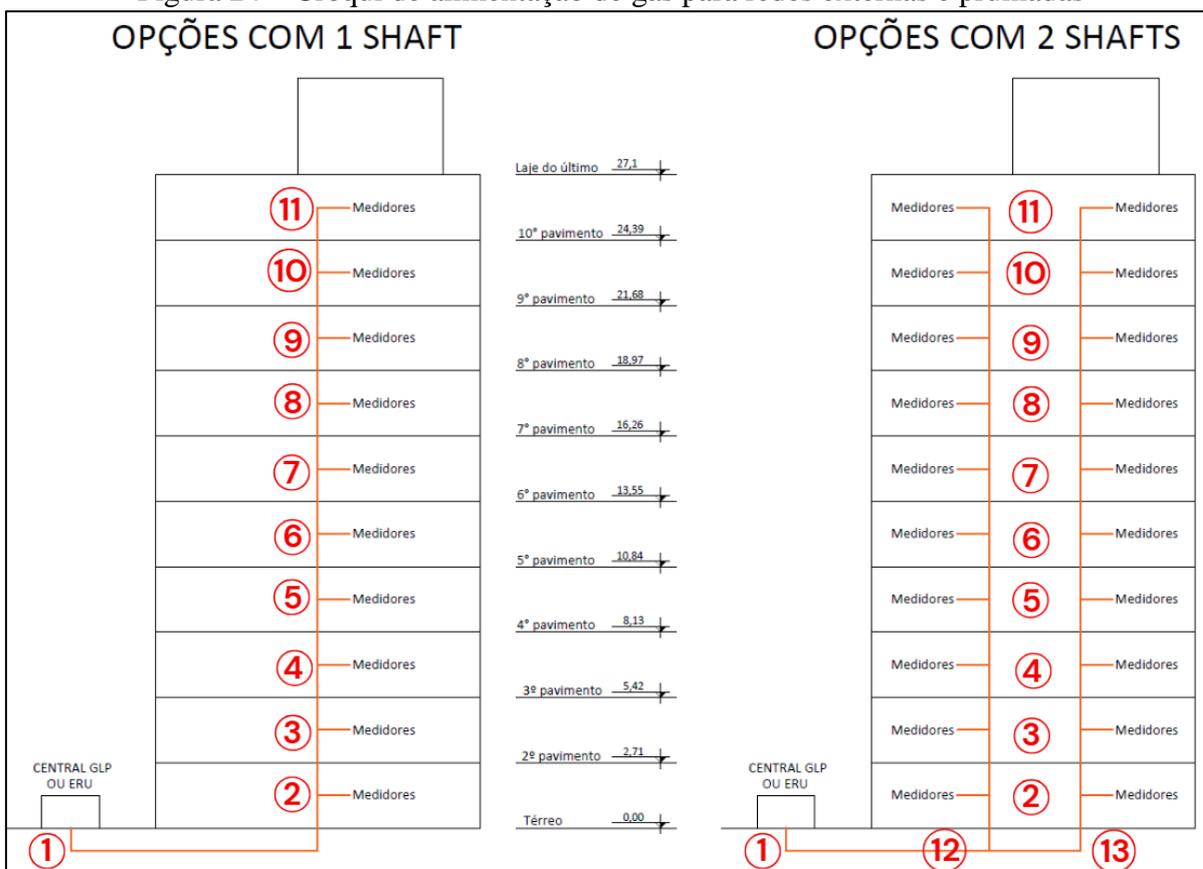
Ao analisar os resultados obtidos nos apartamentos, observa-se que as opções que utilizam gás natural exigem diâmetros de tubulação maiores, devido ao seu poder calorífico e densidade relativos ao ar serem inferiores aos do GLP. Esses fatores influenciam diretamente as equações que determinam a pressão disponível no ponto de consumo. Além disso, verifica-se que a utilização de dois *shafts* no empreendimento permite a adoção de diâmetros menores, uma vez que a distância entre o regulador de pressão secundário e o ponto de consumo é significativamente reduzida.

Assim, observa-se que a opção GLP2S apresenta a melhor solução técnica, visto que atende os requisitos de pressão máxima e mínima e requer um diâmetro inferior comparada as demais soluções, o que consequentemente torna a opção favorável economicamente. Caso não seja possível a implementação de dois *shafts* no empreendimento, a opção GLP1S se torna a mais adequada tecnicamente, observando a relação de diâmetros obtidos.

A implementação de dois *shafts* é uma boa solução neste estudo, considerando o grande comprimento do empreendimento e a distância entre o *shaft* central e os apartamentos. Cabe ressaltar que tais mudanças devem ser analisadas e aprovadas junto ao projeto arquitetônico.

Em relação à rede de alimentação geral externa do empreendimento, proveniente da ERU para as opções de gás natural e da central GLP para as opções de gás liquefeito de petróleo, além das prumadas de gás que alimentam os medidores dos apartamentos, ambas, foram representadas por trechos, a fim de proporcionar uma melhor compreensão dos resultados. A Figura 24 apresenta o esquema de alimentação em todos pavimentos, com os respectivos trechos ilustrados para as opções com um *shaft* e dois *shafts*.

Figura 24 – Croqui de alimentação de gás para redes externas e prumadas



Fonte: Autor (2024).

Os resultados relativos à potência adotada por trecho, fator de simultaneidade, vazão, comprimento dos trechos, perdas de carga e as pressões iniciais e finais disponíveis nas prumadas e redes externas, conforme descrito anteriormente para as instalações dos apartamentos, estão apresentados nas tabelas a seguir. A Tabela 11 refere-se à opção GN1S, a Tabela 12 à opção GLP1S, e as Tabelas 13 e 14 correspondem, respectivamente, às opções GN2S e GLP2S.

Tabela 11 – Resultados técnicos rede externa e prumada da opção GN1S

Trecho	Potência calculada (kcal/h)	Fator de simult. (%)	Potência adotada (kcal/h)	Vazão (m³/h)	Comp. (cm)	Perda de carga (kPa)	Pressão inicial (kPa)	Pressão disponível (kPa)
1-2	3391200	23	779976	90,69	6516,02	2,706	150	147,294
2-3	3052080	23	701978	81,63	291	0,128	147,294	147,165
3-4	2712960	23	623981	72,56	291	0,101	147,165	147,065
4-5	2373840	23	545983	63,49	291	0,169	147,065	146,896
5-6	2034720	23	467986	54,42	291	0,130	146,896	146,766
6-7	1695600	23	389988	45,35	291	0,089	146,766	146,677
7-8	1356480	24	311990	36,28	291	0,055	146,677	146,623
8-9	1017360	25	240197	27,93	291	0,138	146,623	146,485
9-10	678240	36	171085	19,89	291	0,072	146,485	146,379
10-11	339120	36	122998	14,30	371	0,046	146,379	146,366

Fonte: Autor (2024).

Tabela 12 – Resultados técnicos rede externa e prumada da opção GLP1S

Trecho	Potência calculada (kcal/h)	Fator de simult. (%)	Potência adotada (kcal/h)	Vazão (m³/h)	Comp. (cm)	Perda de carga (kPa)	Pressão inicial (kPa)	Pressão disponível (kPa)
1-2	3391200	23	779976	32,50	6199,88	3,369	150	146,611
2-3	3052080	23	701978	29,25	291	0,168	146,611	146,443
3-4	2712960	23	623981	26,00	291	0,141	146,443	146,301
4-5	2373840	23	545983	22,75	291	0,117	146,301	146,184
5-6	2034720	23	467986	19,50	291	0,096	146,184	146,089
6-7	1695600	23	389988	16,25	291	0,200	146,089	145,889
7-8	1356480	24	311990	13,00	291	0,149	145,889	145,740
8-9	1017360	25	240197	10,01	291	0,256	145,740	145,484
9-10	678240	36	171085	7,13	291	0,153	145,484	145,234
10-11	339120	36	122998	5,12	351	0,114	145,234	145,216

Fonte: Autor (2024).

Tabela 13 – Resultados técnicos rede externa e prumadas da opção GN2S

(contínua)

Trecho	Potência calculada (kcal/h)	Fator de simult. (%)	Potência adotada (kcal/h)	Vazão (m³/h)	Comp. (cm)	Perda de carga (kPa)	Pressão inicial (kPa)	Pressão disponível (kPa)
1-12	3391200	23	779976	90,69	6936,83	2,950	150	147,050
12-13	1695600	23	389988	45,35	1490,13	0,482	147,050	146,568
12-2	1695600	23	389988	45,35	-	-	-	-

(conclusão)

Trecho	Potência calculada (kcal/h)	Fator de simult. (%)	Potência adotada (kcal/h)	Vazão (m³/h)	Comp. (cm)	Perda de carga (kPa)	Pressão inicial (kPa)	Pressão disponível (kPa)
13-2	1695600	23	389988	45,35	-	-	-	-
2-3	1526040	23	350989	40,81	291	0,071	146,568	146,497
3-4	1356480	23	311990	36,28	291	0,055	146,497	146,443
4-5	1186920	23	273310	31,78	291	0,179	146,443	146,264
5-6	1017360	24	240197	27,93	291	0,146	146,264	146,118
6-7	847800	24	206189	23,98	291	0,108	146,118	146,010
7-8	678240	25	171085	19,89	291	0,073	146,010	145,937
8-9	508680	28	143318	16,66	291	0,049	145,937	145,889
9-10	339120	36	122998	14,30	291	0,033	145,889	145,855
10-11	169560	52	88894	10,35	371	0,019	145,855	145,836

Fonte: Autor (2024).

Tabela 14 – Resultados técnicos rede externa e prumadas da opção GLP2S

Trecho	Potência calculada (kcal/h)	Fator de simult. (%)	Potência adotada (kcal/h)	Vazão (m³/h)	Comp. (cm)	Perda de carga (kPa)	Pressão inicial (kPa)	Pressão disponível (kPa)
1-12	3391200	23	779976	32,50	6640,69	3,637	150	146,363
12-13	1695600	23	389988	16,25	1449,13	0,814	146,363	145,549
12-2	1695600	23	389988	16,25	-	-	-	-
13-2	1695600	23	389988	16,25	-	-	-	-
2-3	1526040	23	350989	14,62	291	0,178	145,549	145,371
3-4	1356480	23	311990	13,00	291	0,149	145,371	145,222
4-5	1186920	23	273310	11,39	291	0,123	145,222	145,098
5-6	1017360	24	240197	10,01	291	0,257	145,098	144,841
6-7	847800	24	206189	8,59	291	0,205	144,841	144,636
7-8	678240	25	171085	7,13	291	0,154	144,636	144,482
8-9	508680	28	143318	5,97	291	0,120	144,482	144,363
9-10	339120	36	122998	5,12	291	0,098	144,363	144,265
10-11	169560	52	88894	3,71	351	0,199	144,265	144,066

Fonte: Autor (2024).

A análise dos resultados de pressão disponível nas quatro opções mostra que os valores obtidos foram significativamente superiores ao valor mínimo de 105 kPa (pressão mínima para redes compreendidas entre o regulador de primeiro e segundo estágio). Os diâmetros adotados para cada trecho correspondem aos valores mínimos calculados pelo *software* e estão detalhados na Tabela 15 e 16.

Tabela 15 – Diâmetros mínimos em função do trecho – Opções com 1 *shaft*

Opção	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11
GN1S	1.1/2"	1.1/2"	1.1/2"	1.1/4"	1.1/4"	1.1/4"	1.1/4"	1"	1"	1"
GLP1S	1.1/4"	1.1/4"	1.1/4"	1.1/4"	1.1/4"	1"	1"	3/4"	3/4"	3/4"

Fonte: Autor (2024).

Tabela 16 – Diâmetros mínimos em função do trecho – Opções com 2 *shafts*

Opção	1-12	12-13	12-2	13-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11
GN2S	1.1/2"	1.1/4"	1.1/4"	1.1/4"	1.1/4"	1.1/4"	1"	1"	1"	1"	1"	1"	1"
GLP2S	1.1/4"	1"	1"	1"	1"	1"	1"	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	1/2"

Fonte: Autor (2024).

Observa-se que, assim como as redes internas dos apartamentos, as prumadas e redes externas do empreendimento nas opções com gás natural exigem diâmetros maiores. Quanto à sugestão de utilizar dois *shafts*, ao analisar apenas as prumadas, conclui-se que a adoção de um único *shaft* é mais vantajosa, pois a pressão disponível se mostrou consideravelmente superior à mínima exigida, assim, não sendo de grande relevância a utilização de dois *shafts*.

4.2 RESULTADOS ECONÔMICOS

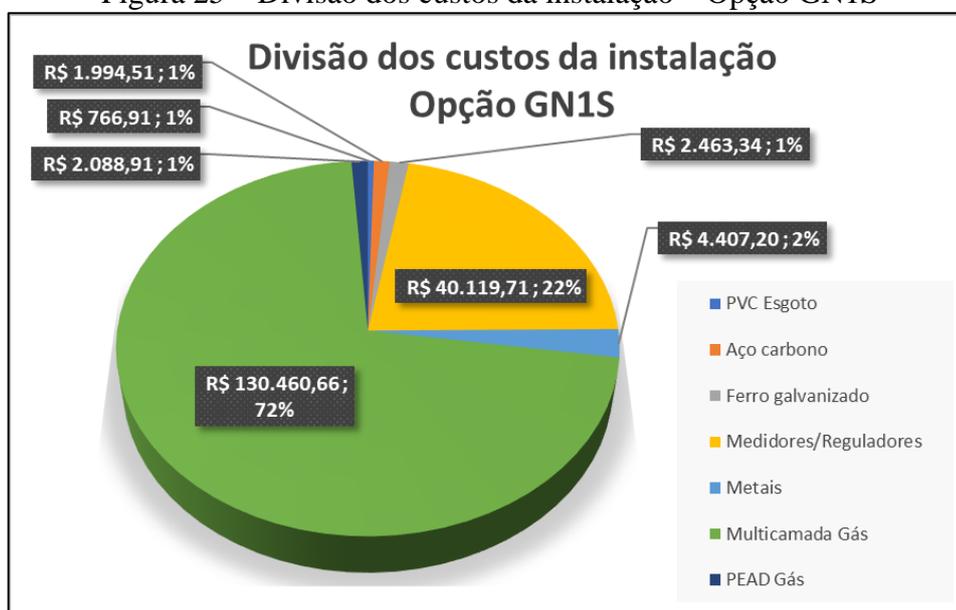
Após a finalização dos projetos no *software*, foi possível gerar uma lista de quantitativos para cada uma das opções. Os custos foram obtidos a partir da base de dados do SINAPI de julho de 2024, referente ao estado do Rio Grande do Sul, além de orçamentos de 11 fornecedores e lojas especializadas, identificados de “Loja A” a “Loja K”, conforme detalhado nas listas de quantitativos apresentadas nos Apêndices A, B, C e D.

O custo total obtido para cada opção foi subdividido em categorias para que fosse possível observar qual classe de peça apresenta maior disparidade. Nas figuras apresentadas na sequência é possível observar esta divisão, sendo o PVC esgoto (em azul) representando as ventilações do projeto, o aço carbono (em laranja) refere-se às tubulações nas prumadas, o ferro galvanizado (em cinza) abrange conexões, medidores e reguladores de gás (em amarelo), os metais (em azul claro) correspondem às válvulas esferas, multicamada gás (em verde) diz respeito às tubulações e conexões internas nos apartamentos, e o PEAD gás (em azul escuro) está relacionado às redes externas enterradas do empreendimento.

A opção GN1S, representada na Figura 25 totalizou um custo de R\$ 182.301,23, sendo deste a maior parte referente a classe multicamada gás (72%) seguido pelos custos de medidores

de gás e reguladores de pressão (22%) e demais classes (6%). A lista completa de itens avaliados e orçados, bem como a referência de valor adotado podem ser consultados no Apêndice A.

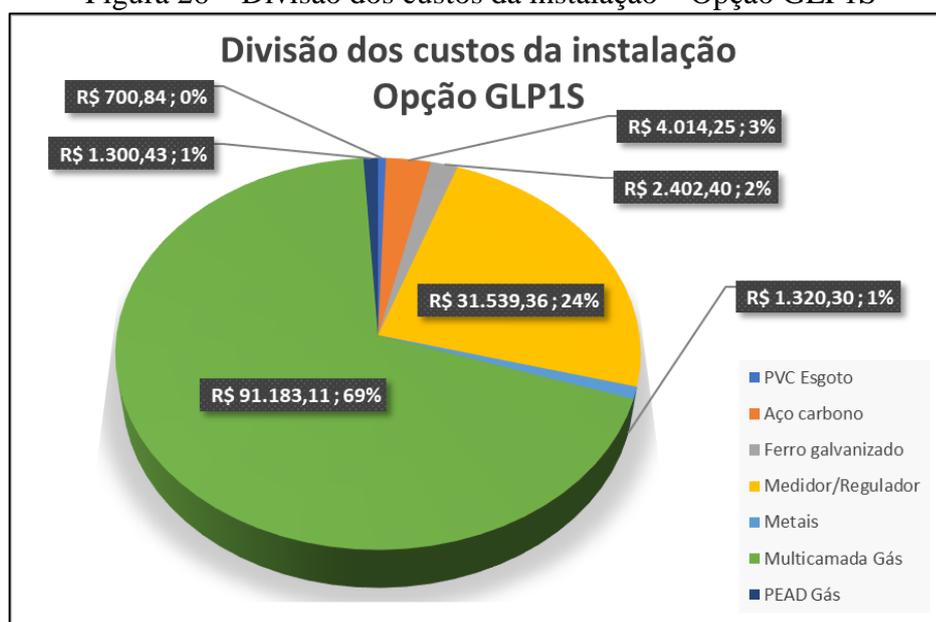
Figura 25 – Divisão dos custos da instalação – Opção GN1S



Fonte: Autor (2024).

Já a opção GLP1S, representada na Figura 26 totalizou um custo de R\$ 132.460,68, sendo deste a maior parte referente a classe multicamada gás (69%) seguido pelos custos de medidores de gás e reguladores de pressão (24%) e demais classes (7%). A lista completa de itens avaliados e orçados, bem como a referência de valor adotado podem ser consultados no Apêndice B.

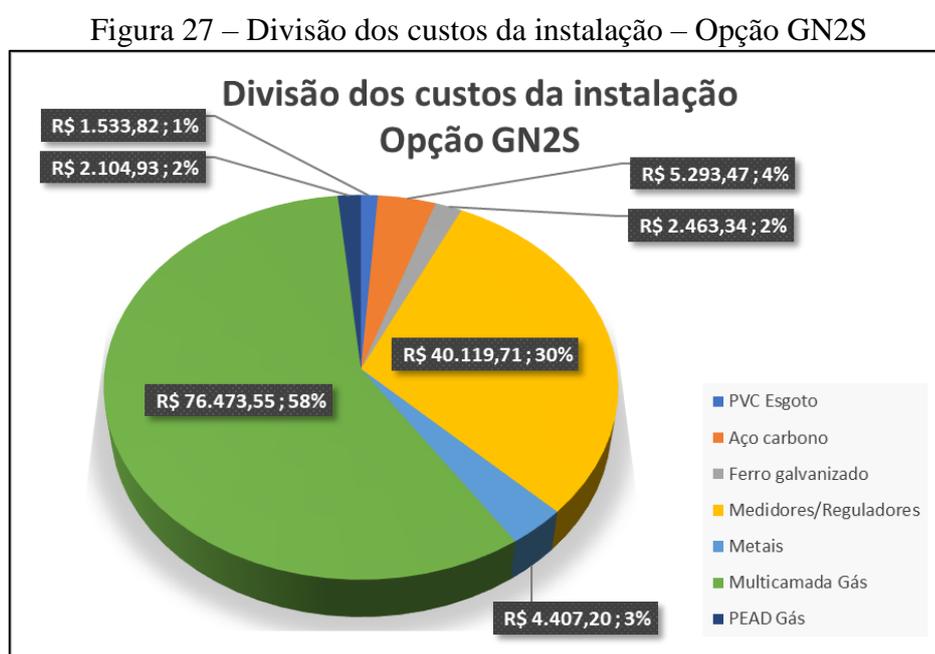
Figura 26 – Divisão dos custos da instalação – Opção GLP1S



Fonte: Autor (2024).

Analisando a divisão de custos para as opções que utilizam apenas *shaft* central na circulação, nota-se que o maior valor associado está relacionado a classe de multicamada gás, sendo esta, com um valor significativamente superior as demais. Essa disparidade é consequente do grande percurso que a tubulação faz até chegar nos apartamentos e pelo material possuir alto preço de mercado. Os reguladores e medidores possuem variação entre as duas opções devido a diferença de modelo necessário (GN ou GLP), os demais itens também apresentam variação, porém com baixa porcentagem de participação observando o orçamento global.

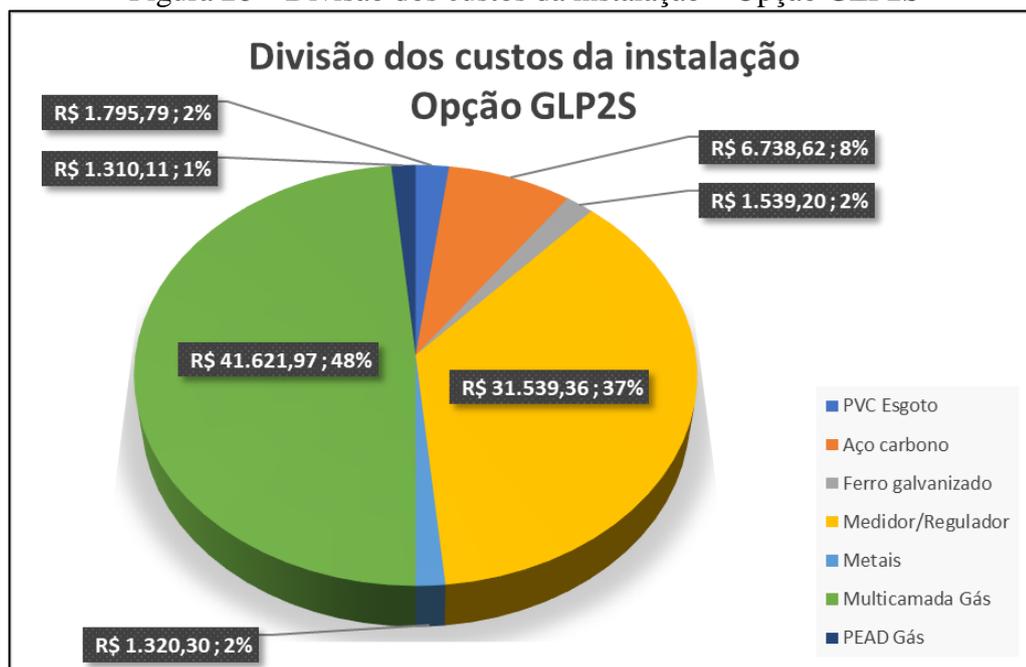
Para as opções que utilizam dois *shafts* na circulação, a alternativa GN2S, ilustrada na Figura 27, apresentou um custo total de R\$ 132.396,02. Desse valor, a maior parte (58%) corresponde à classe de tubulação multicamada para gás, seguida pelos custos com medidores de gás e reguladores de pressão (30%) e, por fim, pelas demais classes, que somam 12%. A lista completa de itens avaliados e orçados, bem como a referência de valor adotado podem ser consultados no Apêndice C.



Fonte: Autor (2024).

Já a opção GLP2S, representada na Figura 28 totalizou um custo de R\$ 85.865,34, sendo deste a maior parte referente a classe multicamada gás (48%) seguido pelos custos de medidores de gás e reguladores de pressão (37%) e demais classes (15%). A lista completa de itens avaliados e orçados, bem como a referência de valor adotado podem ser consultados no Apêndice D.

Figura 28 – Divisão dos custos da instalação – Opção GLP2S



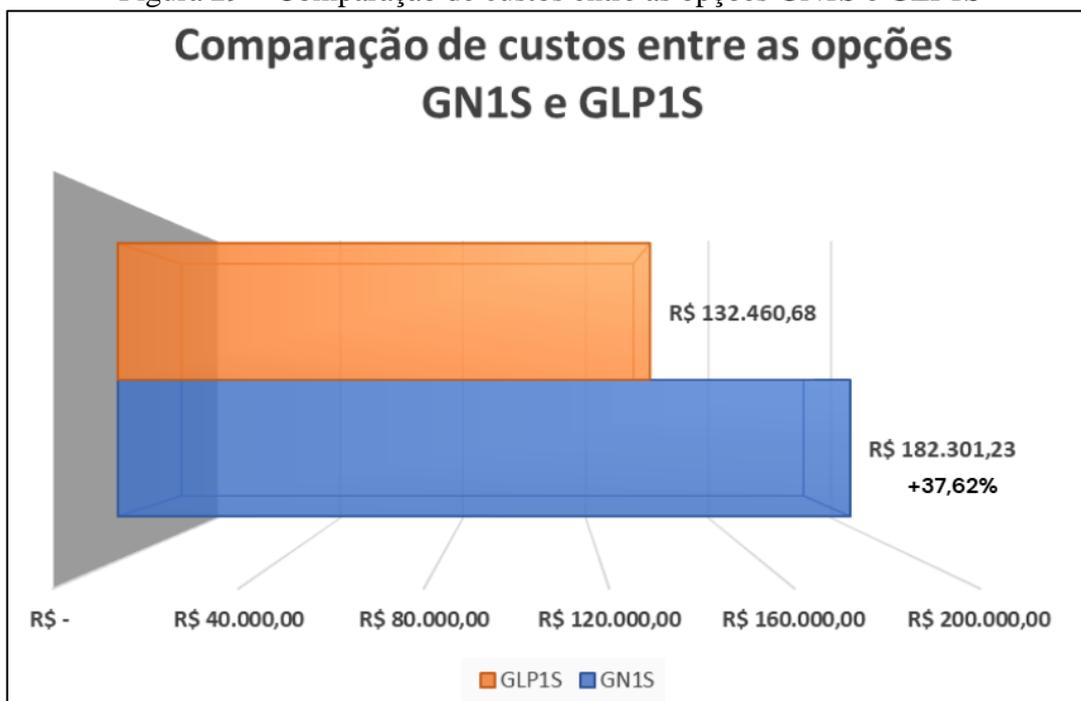
Fonte: Autor (2024).

As opções que utilizam dois *shafts* apresentam uma distribuição de custos mais equilibrada entre as classes. Assim como nas alternativas com *shaft* central, a classe de tubulação multicamada gás continua sendo a de maior custo em ambos os casos. No entanto, ao comparar com as opções GN1S e GLP1S, observa-se que a principal diferença de valor está justamente nessa classe de material, destacando a relevância econômica da separação dos *shafts* para diminuir o comprimento das redes. As demais classes apresentam variações mínimas, exceto nas de aço carbono e PVC esgoto, pois, na opção com dois *shafts*, são necessárias duas prumadas, tanto para alimentação quanto para ventilação.

Analisando as quatro opções, é notável que há diferenças significativas entre as classes de materiais. As opções utilizando gás natural possuem valor superior ou igual às de gás liquefeito de petróleo em praticamente todas as classes de peças. Já as classes de peças das opções com dois *shafts* possuem diferenças da mesma forma, porém, tanto a opção GN2S como a GLP2S são favoráveis economicamente quando comparadas as opções que adotam apenas um *shaft*.

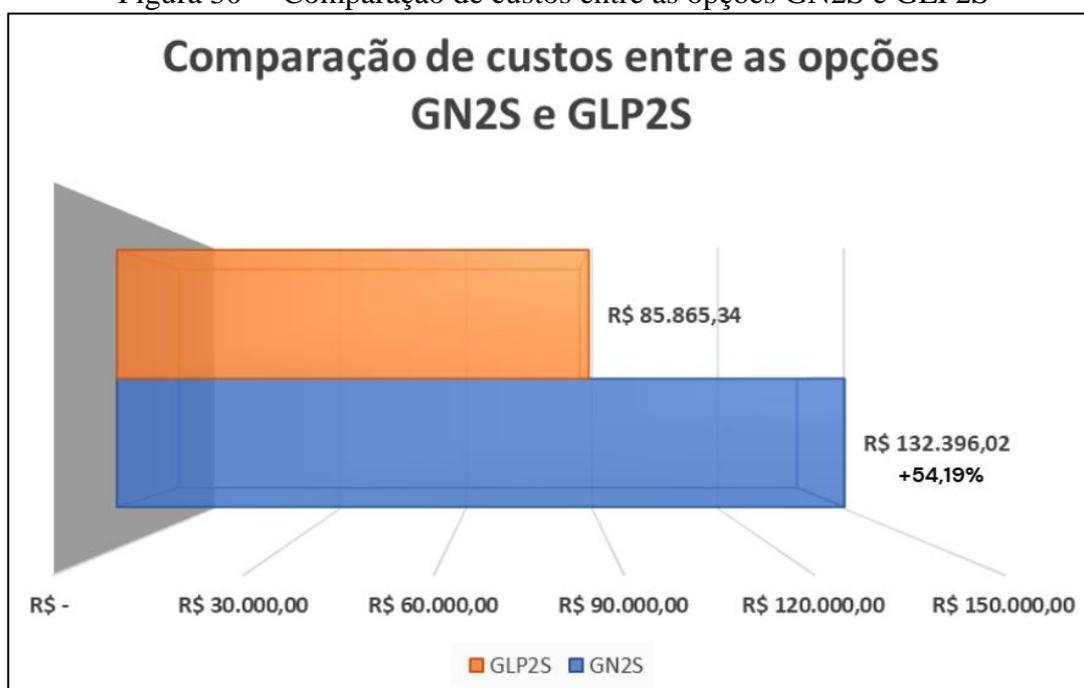
A comparação total de custos entre as opções de gás natural e gás liquefeito de petróleo utilizando *shaft* central na circulação (GN1S e GLP1S), está representada na Figura 29. Já a comparação entre as opções com *shafts* nas extremidades (GN2S e GLP2S) está presente na Figura 30.

Figura 29 – Comparação de custos entre as opções GN1S e GLP1S



Fonte: Autor (2024).

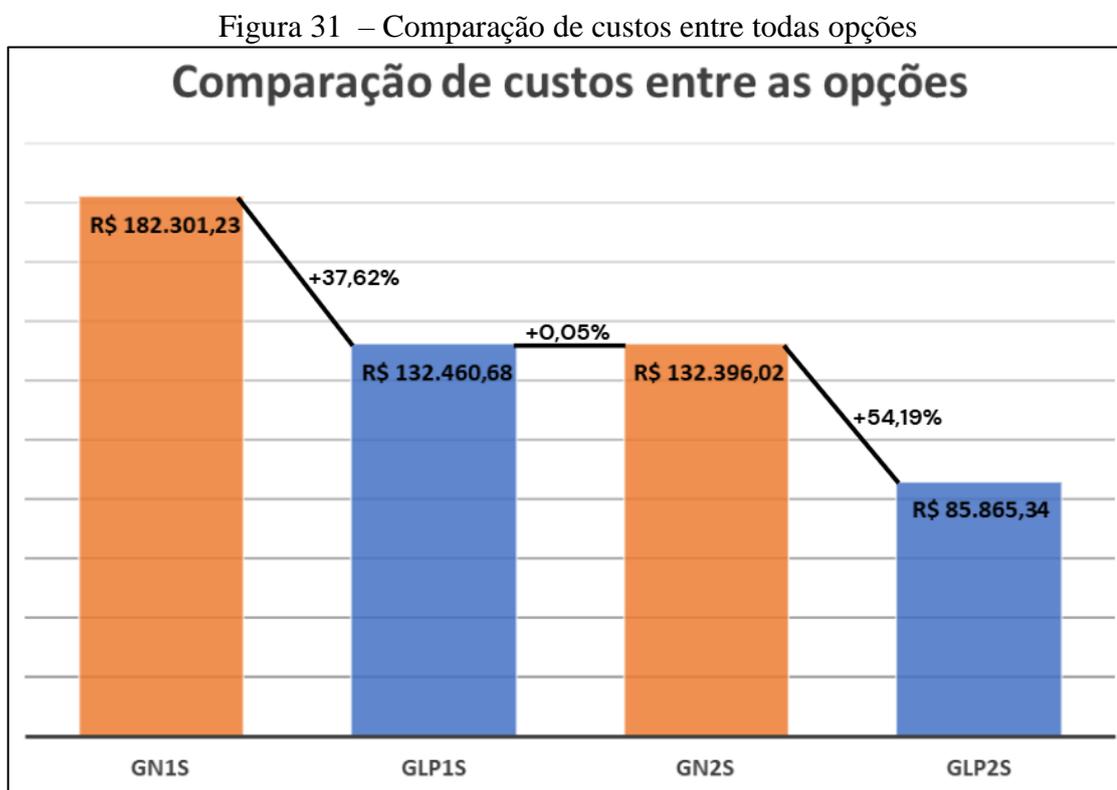
Figura 30 – Comparação de custos entre as opções GN2S e GLP2S



Fonte: Autor (2024).

Através das figuras acima, observando os orçamentos como um todo, verifica-se que a opção GN1S possui um custo 37,62% superior a GLP1S. Já na opção GN2S, o custo é 54,19% superior a opção GLP2S.

Na Figura 31 é representada a comparação do custo total das quatro opções. Em laranja as opções que utilizam gás natural (GN1S e GN2S) e em azul as opções que utilizam gás liquefeito de petróleo (GLP1S e GLP2S).



Fonte: Autor (2024).

Por fim, analisando os resultados econômicos, conclui-se que a opção GLP2S é a mais econômica, além de ser a que melhor apresenta resultados técnicos, tal resultado está associado as positivas propriedades do GLP e a divisão das redes nas extremidades da circulação do pavimento.

A opção GN1S é a mais custosa, devido à grande metragem de tubulação e diâmetros superiores, devido as propriedades do GN serem inferiores ao GLP. No caso de utilização de apenas um *shaft* na circulação, a opção GLP1S é a mais vantajosa.

Ambas as opções possuem características específicas e, antes de sua definição, exigem uma análise aprofundada sobre o tema. O presente estudo foca na análise dos custos de implementação dos sistemas, considerando apenas os custos dos materiais, sem incluir despesas com mão de obra.

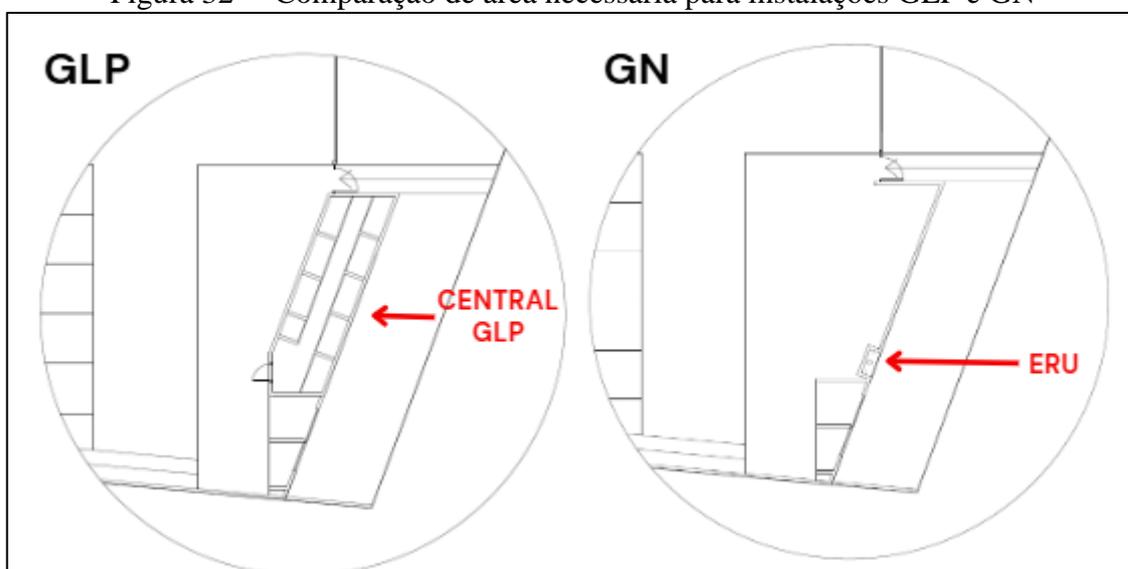
4.3 RESULTADOS ARQUITETÔNICOS

Referente aos resultados arquitetônicos, comparou-se as principais diferenças pela escolha de utilização de gás natural ou gás liquefeito de petróleo no empreendimento, sendo a área utilizável o principal fator analisado. Observou-se que a principal diferença ocorre no pavimento onde fica localizado a central GLP ou a ERU, sendo que nos pavimentos de apartamento, a mudança utilizando uma instalação ou outra é pequena.

Após o dimensionamento da central GLP, de acordo com os parâmetros estabelecidos no capítulo anterior, foi determinado que são necessários dezessete recipientes estacionários do tipo P190 kg. Para acomodá-los adequadamente no empreendimento, foi necessária uma área total de 29,82 m².

Já a alocação da Estação de Redução Urbana (ERU) requer uma área significativamente inferior à da central GLP. Conforme anexo 3 do Regulamento de Instalações Prediais da SULGÁS, as dimensões mínimas requeridas para a ERU resultam em uma área de apenas 1,10 m². A Figura 32 ilustra ambos os cenários da instalação, considerando a escolha entre gás natural ou gás liquefeito de petróleo.

Figura 32 – Comparação de área necessária para instalações GLP e GN



Fonte: Autor (2024).

A diferença de área necessária para implementação de gás natural ou gás liquefeito de petróleo possuem grandes diferenças na área externa do empreendimento. A central de gás GLP necessita de uma área muito superior a ERU, sendo esta diferença 2.610,91% superior, conforme objeto de estudo, representados na planta baixa do pavimento térreo (Apêndices E,

F, G e H). A principal variação entre as duas instalações está associada ao método de armazenamento, onde as instalações GLP necessitam armazenar o combustível diretamente no empreendimento e a ERU, é abastecida pelas redes de gás natural dispostas nas ruas da cidade, não possuindo reserva no local.

É importante destacar que a alocação da central GLP requer diversas análises, principalmente em relação aos afastamentos de segurança exigidos e à necessidade de posicioná-la fora da projeção de cobertura do edifício. No caso específico deste estudo, a alocação foi facilitada pela ampla área do terreno e pela distância adequada em relação às edificações e ao passeio. Contudo, se o projeto envolvesse um empreendimento com áreas limitadas, onde grande parte do terreno fosse ocupada pelo edifício, a alocação da central GLP se tornaria um processo mais complexo.

Observando estas dificuldades na alocação da central GLP, a implementação da ERU é vantajosa pois possui menores restrições de segurança e ocupa uma área muito inferior no empreendimento, a qual poderia ser utilizada para outro fim, além de eliminar a necessidade de reabastecimento contínuo e acesso de pessoas terceirizadas ao empreendimento.

Analisando a parte interna do empreendimento, é verificada diferença de área apenas se utilizado *shaft* único central ou dois *shafts* nas extremidades da circulação, o emprego de gás natural ou gás liquefeito de petróleo não influencia neste parâmetro. A adoção de um *shaft* único central requer uma área de 0,63 m² por pavimento, enquanto a opção de utilizar dois *shafts* nas extremidades da circulação demanda uma área de 0,81 m².

Nota-se que a diferença de área no pavimento é quase imperceptível quando analisada no contexto geral. Dessa forma, é viável a implementação de *shafts* adicionais no empreendimento, desde que seja possível e aprovado pela equipe de arquitetura, incorporadora ou construtora. A distribuição final das redes e posicionamento dos *shafts* no pavimento tipo das quatro opções analisadas podem ser verificadas no Apêndice E (GN1S), Apêndice F (GLP1S), Apêndice G (GN2S) e Apêndice H (GLP2S).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou os aspectos gerais das redes de distribuição de gases combustíveis em instalações residenciais, analisando pontualmente as instalações utilizando gás natural ou gás liquefeito de petróleo. A análise contemplou quatro diferentes opções de instalação: duas com GLP, variando a quantidade e o posicionamento dos *shafts*, e duas com GN, também alterando esses parâmetros. Através do *software* AltoQi Builder foi realizado o dimensionamento dos projetos baseados em um objeto de estudo, sendo este, um empreendimento residencial de dez pavimentos.

Para as quatro opções analisadas, foram obtidos resultados técnicos, econômicos e uma avaliação da influência arquitetônica causada por cada método. Sendo assim, no aspecto técnico, a opção GLP2S (alimentação de GLP com dois *shafts* na circulação) apresentou os melhores resultados, atingindo valores necessários de pressão nos pontos de consumo com o menor diâmetro de tubulação. Caso seja possível adotar apenas um *shaft*, a opção GLP1S (alimentação de GLP com um *shaft* na circulação) se mostra a mais promissora, atendendo as pressões mínimas com diâmetro das redes inferiores a opção GN1S. As opções que utilizam gás natural para abastecimento necessitaram diâmetros superiores nas redes para garantir as pressões mínimas nos pontos de consumo, tornando as instalações tecnicamente inferiores as de GLP.

Os resultados econômicos das quatro opções analisadas apresentaram diferenças significativas, com as instalações alimentadas por GLP sendo as mais econômicas. Em ordem crescente de custo, a opção GLP2S possui o menor orçamento, sendo R\$ 85.865,34, seguida pelas opções GN2S e GLP1S, com valores de R\$ 132.396,02 e R\$ 132.460,68, respectivamente. A opção mais cara é a GN1S, com um custo em materiais de R\$ 182.301,23. Comparando as alternativas, observa-se que a opção GN1S possui um custo 37,62% superior a GLP1S, enquanto a opção GN2S é 54,19% mais onerosa que a GLP2S. Conclui-se, portanto, que as opções de gás natural são menos econômicas, principalmente devido à necessidade de tubulações de maior diâmetro para atender às exigências técnicas.

A análise da influência arquitetônica causada pela implantação das quatro opções no projeto requer análises por parte dos construtores. A presença de central GLP requer uma área muito superior à necessária pela ERU, tal diferença representa 28,72 m² de área ocupada no pavimento térreo. Já nos pavimentos tipo, a diferença entre as instalações ocorre apenas se utilizado *shaft* central ou dois *shafts* nas extremidades, porém a desigualdade é irrisória, variando apenas 0,18 m² por pavimento. Com isso, verifica-se que a utilização do gás natural

traz benefícios e facilita a infraestrutura de alimentação de gás do empreendimento nas áreas de comum acesso. Também é viável a implementação de dois *shafts* na circulação do empreendimento, pois como visto anteriormente, proporciona benefícios técnicos e econômicos as redes de gás.

Conclui-se que, com os resultados obtidos neste estudo, foi possível identificar o tipo de instalação que oferece a melhor solução técnica e econômica para o objeto de análise. As instalações que utilizam gás liquefeito de petróleo mostraram-se mais vantajosas em termos técnicos e econômicos em comparação com as que utilizam gás natural. No entanto, as instalações de gás natural oferecem benefícios arquitetônicos, economizando espaço nas áreas comuns do empreendimento. Assim, cabe aos responsáveis pelo empreendimento a decisão acerca da instalação a ser adotada, levando em consideração as restrições e necessidades específicas de cada projeto.

5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como sugestão para trabalhos futuros, recomenda-se a implementação de reguladores de terceiro estágio (estabilizadores) nos pontos de consumo, em estudos que envolvam pavimentos extensos, para possibilitar uma comparação com as opções de um *shaft* discutidas neste trabalho. Tal abordagem permitiria avaliar a viabilidade de reduzir o diâmetro das redes, considerando que a pressão de saída do regulador de segundo estágio passaria a ser 7,5 kPa para GLP e 5 kPa para GN, valores superiores aos adotados neste estudo (2,8 kPa para GLP e 2 kPa para GN). A perda de carga máxima seria limitada a 30% na rede entre os reguladores de pressão.

Sugere-se avaliar a utilização de equipamentos com diferentes potências caloríficas, tanto menores quanto maiores, para analisar as variações técnicas e econômicas em comparação ao presente trabalho. Em relação à central de GLP e à ERU, recomenda-se a realização de uma análise focada nos impactos financeiros imobiliários relacionados à perda ou ganho de área útil no empreendimento decorrentes da alocação desses sistemas. Com essas propostas, busca-se ampliar e complementar o conhecimento sobre projetos de redes de distribuição interna residencial de gás obtidos durante a realização deste estudo.

REFERÊNCIAS

- AMANCO WAVIN. **Ficha técnica: Gás multicamada**. Joinville, Santa Catarina, 2023. Disponível em: https://eu-assets.contentstack.com/v3/assets/blt573fdbfcb1106c2a/blt78c6992624351832/652d7c4b76edba57b45e10e9/FTC000024_-_FT_G%C3%A1s_multicamada.pdf. Acesso em: 05 maio. 2024.
- APLICAÇÕES E BENEFÍCIOS. **Sulgás**, 2024. Disponível em: <https://www.sulgas.com.vc/residencial/aplicacoes-e-beneficios>. Acesso em: 11 mai. 2024.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13103**: Instalação de aparelhos a gás - Requisitos. 6. ed. Rio de Janeiro, 2024.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13523**: Central de gás liquefeito de petróleo - GLP. 5. ed. Rio de Janeiro, 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15526**: Redes de distribuição interna para gases combustíveis em instalações residenciais – Projeto e execução. 3. ed. Rio de Janeiro, 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16821**: Sistema de tubulação multicamada para a condução de gases combustíveis – Parte 1: Requisitos gerais. 1. ed. Rio de Janeiro, 2020.
- BORGES, Ruth Silveira; BORGES, Wellington Luiz. **Instalações prediais hidráulico-sanitárias e de gás**. 4ª edição. São Paulo: Pini, 1992.
- CARVALHO, Michele Tereza Marques; MARCHIORI, Fernanda Fernandes. **Conhecendo o orçamento de obras: Como tornar seu orçamento mais real**. 1ª edição. Rio de Janeiro: Elsevier, 2019. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595150768/>. Acesso em: 24 mai. 2024.
- COMO OS PREÇOS SÃO FORMADOS. **Petrobras**, 2024. Disponível em: <https://precos.petrobras.com.br/sele%C3%A7%C3%A3o-de-estados-glp>. Acesso em: 25 abr. 2024.
- COMGÁS. **RIP: Regulamento de Instalações Prediais - Gás**. São Paulo, São Paulo, 2023. Disponível em: <https://ripdigital.comgas.com.br/Pager.aspx?ItemId=134&top=0&subnivel=1>. Acesso em: 09 dez. 2024.
- CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO RIO GRANDE DO SUL. Departamento de segurança, prevenção e proteção contra incêndio. **Resolução técnica nº 01, de 2022**. Dispõe sobre as diretrizes básicas de segurança contra incêndio. Disponível em: <https://www.bombeiros.rs.gov.br/>. Acesso em: 10 maio. 2024.
- CREDER, Hélio. **Instalações hidráulicas e sanitárias**. 6ª edição. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

DIMENSIONAMENTO DA CENTRAL DE GÁS GLP E SEUS RECIPIENTES. **AltoQi**, 2024. Disponível em: <https://suporte.altoqi.com.br/hc/pt-br/articles/115001668654>. Acesso em: 25 ago. 2024.

FGS BRASIL. **Tubos PEAD FGS: PE 80 e PE 100 – Aplicação gás**. Cajamar, São Paulo, 2020. Disponível em: <https://fgsbrasil.com.br/wp-content/uploads/2020/04/CAT%C3%81LOGO-TUBO-PEAD-G%C3%81S.pdf>. Acesso em: 04 maio. 2024.

GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO: COMBUSTÍVEL QUE VAI MUITO ALÉM DA COZINHA. **Petrobras**, 2024. Disponível em: <https://petrobras.com.br/quem-somos/gas-liquefeito-de-petroleo>. Acesso em: 01 mai. 2024.

JÚNIOR, Roberto de Carvalho. **Interfaces prediais: hidráulica, gás, segurança contra incêndio, elétrica, telefonia, sanitários acessíveis, NBR 15575: edificações habitacionais – desempenho e BIM – nova forma de projetar**. 3ª edição. São Paulo: Blucher, 2023. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786555064117/>. Acesso em: 05 mai. 2024.

MACINTYRE, Archibald Joseph. **Instalações hidráulicas prediais e industriais**. 3ª edição. Rio de Janeiro: LTC, 1996.

MACINTYRE, Archibald Joseph. **Manual de Instalações Hidráulicas e Sanitárias**. 2ª edição. Rio de Janeiro: LTC, 2020. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521637370/>. Acesso em: 21 abr. 2024.

MATTOS, Aldo Dórea. **Como preparar orçamentos de obras: dicas para orçamentistas, estudos de caso, exemplos**. 1ª edição. São Paulo: Pini, 2006.

NASCIMENTO, José Marcos. A importância da compatibilização de projetos como fator de redução de custos na construção civil. **ESPECIALIZE**, Goiânia, Vol. 01/2014 julho, 2014. Disponível em: https://www.academia.edu/14821981/A_import%C3%A2ncia_da_compatibiliza%C3%A7%C3%A3o_de_projetos_como_fator_de_redu%C3%A7%C3%A3o_de_custos_na_constru%C3%A7%C3%A3o_civil. Acesso em: 20 de jun. de 2024.

PETROBRAS. **Gás liquefeito de petróleo: Informações técnicas**. Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: https://www.petrobras.com.br/documents/2677942/3190768/Manual%20de%20GLP_%20fev%20ereiro%202022.pdf/6a6b8ff4-cd1c-3fbc-9359-6208a2c63e84?version=1.0&t=1691773216000&download=true. Acesso em: 28 abr. 2024.

SULGÁS. **RIP: Regulamento de Instalações de Gás**. Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2020. Disponível em: <https://www.sulgas.com.br/residencial/manuais-e-regulamentos>. Acesso em: 15 abr. 2024.

SULGÁS APRESENTA PLANO DE INVESTIMENTO PARA MUNICÍPIOS DA SERRA GAÚCHA. **Sulgás**, 2023. Disponível em: <https://www.sulgas.com.br/noticias-sala/1571-sulgas-apresenta-plano-de-investimento-para-municipios-da-serra-gaucha>. Acesso em: 20 jun. 2024.

TABELA TARIFÁRIA - RESIDENCIAL. **Sulgás**, 2024. Disponível em: <https://www.sulgas.com.vc/residencial/tabela-tarifaria>. Acesso em: 10 mai. 2024.

TECNOFLUÍDOS. **Manual técnico: Sigas Flex**. São Paulo, São Paulo, 2023. Disponível em: <https://www.tecnofluidos.com.br/pdf/ManualSigasFlex19-05-2023.pdf>. Acesso em: 05 maio. 2024.

TEIXEIRA, João Pedro Braga. **Gás natural: o energético mais competitivo**. 1ª edição. Rio de Janeiro: PoD, 2015.

TEIXEIRA, João Pedro Braga; SANTOS, Alex Álisson Bandeira; GUARIEIRO, Lílian Lefol Nani. Proposta de um método para avaliar a competitividade do gás natural nos setores residencial e comercial. **Revista Gestão Industrial**, Paraná, v. 11, n. 02, p. 186-201, 2015.

VAZ, Célio Eduardo Martins; MAIA, João Luiz Ponce; SANTOS, Walmir Gomes dos. **Tecnologia da indústria do gás natural**. 1ª edição. São Paulo: Blucher, 2008. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 16 mai. 2024.

APÊNDICE A – LISTA DE QUANTITATIVOS DA OPÇÃO GNIS

PVC Esgoto							
Nº	Descrição	Item	Qntd.	Unid.	Ref.	Valor unitário	Valor total
1,0	Joelho 45	75 mm	20,0	pç	SINAPI	R\$ 8,28	R\$ 165,60
2,0	Junção simples	75 mm 75 mm	10,0	pç	SINAPI	R\$ 19,50	R\$ 195,00
3,0	Terminal de ventilação	75 mm	1,0	pç	SINAPI	R\$ 18,32	R\$ 18,32
4,0	Tubo rígido c/ ponta lisa	75 mm - 3"	26,3	m	SINAPI	R\$ 14,73	R\$ 387,99
TOTAL DA CLASSE DE PEÇA =							R\$ 766,91
Aço carbono							
Nº	Descrição	Item	Qntd.	Unid.	Ref.	Valor unitário	Valor total
1,0	Bucha de redução concêntricas	1 1/2"-1 1/4"	1,0	pç	Loja E	R\$ 15,64	R\$ 15,64
2,0	Bucha de redução concêntricas	1 1/2"-1"	3,0	pç	Loja A	R\$ 13,10	R\$ 39,30
3,0	Bucha de redução concêntricas	1 1/4"-1"	5,0	pç	Loja A	R\$ 10,20	R\$ 51,00
4,0	Curva 90°	1 1/2"	3,0	pç	Loja A	R\$ 10,70	R\$ 32,10
5,0	Curva 90°	1"	1,0	pç	Loja I	R\$ 4,91	R\$ 4,91
6,0	Tubo de aço carbono	1 1/2"	8,0	m	SINAPI	R\$ 68,10	R\$ 546,16
7,0	Tubo de aço carbono	1 1/4"	10,8	m	SINAPI	R\$ 62,49	R\$ 677,39
8,0	Tubo de aço carbono	1"	8,1	m	SINAPI	R\$ 46,63	R\$ 379,10
9,0	Tê	1"	2,0	pç	Loja A	R\$ 23,20	R\$ 46,40
10,0	Tê	1 1/2"	3,0	pç	Loja A	R\$ 32,30	R\$ 96,90
11,0	Tê	1 1/4"	4,0	pç	Loja A	R\$ 26,40	R\$ 105,60
TOTAL DA CLASSE DE PEÇA =							R\$ 1.994,51
Ferro galvanizado							
Nº	Descrição	Item	Qntd.	Unid.	Ref.	Valor unitário	Valor total
1,0	Bucha de redução	1" x 1/2"	40,0	pç	SINAPI	R\$ 8,25	R\$ 330,00
2,0	Bucha de redução	1.1/2" x 1"	2,0	pç	SINAPI	R\$ 17,07	R\$ 34,14
3,0	Bucha de redução	1.1/4" x 1"	160,0	pç	SINAPI	R\$ 13,12	R\$ 2.099,20
TOTAL DA CLASSE DE PEÇA =							R\$ 2.463,34
Medidores/Reguladores							
Nº	Descrição	Item	Qntd.	Unid.	Ref.	Valor unitário	Valor total
1,0	Medidores	Medidor de vazão GN - G 2.5	80,0	pç	Loja D	R\$ 438,49	R\$ 35.079,20
2,0	Reguladores	Regulador 1º Estágio 120 m³/h GN - OPSO	1,0	pç	Loja J	R\$ 1.660,51	R\$ 1.660,51
3,0	Reguladores	Regulador 2º Estágio 12 m³/h - GN	20,0	pç	Loja K	R\$ 169,00	R\$ 3.380,00
TOTAL DA CLASSE DE PEÇA =							R\$ 40.119,71
Metais							
Nº	Descrição	Item	Qntd.	Unid.	Ref.	Valor unitário	Valor total
1,0	Válvula esfera F/F borboleta	1"	80,0	pç	Loja J	R\$ 55,09	R\$ 4.407,20
TOTAL DA CLASSE DE PEÇA =							R\$ 4.407,20
Multicamada Gás							
Nº	Descrição	Item	Qntd.	Unid.	Ref.	Valor unitário	Valor total
1,0	Conector de transição F	Conector transição F fixo 32mm x 1"	130,0	pç	Loja D	R\$ 48,60	R\$ 6.318,00
2,0	Conector de transição M	Conector transição M fixo 32mm x 1"	80,0	pç	Loja D	R\$ 22,60	R\$ 1.808,00
3,0	Joelho 90°	DN 20	80,0	pç	Loja D	R\$ 17,61	R\$ 1.408,80
4,0	Joelho 90°	DN 26	80,0	pç	Loja D	R\$ 36,01	R\$ 2.880,80
5,0	Joelho 90°	DN 32	100,0	pç	Loja D	R\$ 33,41	R\$ 3.341,00
6,0	Joelho 90° roscável fêmea	DN 20x1/2	80,0	pç	Loja D	R\$ 19,00	R\$ 1.520,00
7,0	Joelho 90° roscável fêmea	DN 26x3/4"	80,0	pç	Loja D	R\$ 33,07	R\$ 2.645,60
8,0	Tubo Multicamada Gás	DN 20mm	116,1	m	SINAPI	R\$ 23,63	R\$ 2.743,44
9,0	Tubo Multicamada Gás	DN 26mm	226,9	m	SINAPI	R\$ 32,72	R\$ 7.423,19
10,0	Tubo Multicamada Gás	DN 32mm	1.683,1	m	SINAPI	R\$ 45,63	R\$ 76.798,03
11,0	Tê	DN 32	60,0	pç	Loja D	R\$ 100,59	R\$ 6.035,40
12,0	Tê de redução	DN 26x32x26	80,0	pç	Loja D	R\$ 99,90	R\$ 7.992,00
13,0	União de redução	DN 26 x 20	80,0	pç	Loja D	R\$ 27,86	R\$ 2.228,80
14,0	Válvula esfera M haste curta	1/2"	80,0	pç	Loja G	R\$ 31,90	R\$ 2.552,00
15,0	Válvula esfera M/F	3/4"	80,0	pç	Loja F	R\$ 59,57	R\$ 4.765,60
TOTAL DA CLASSE DE PEÇA =							R\$ 130.460,66
PEAD Gás							
Nº	Descrição	Item	Qntd.	Unid.	Ref.	Valor unitário	Valor total
1,0	Transição P/ Aço Rosca fêmea	50 mm x 1.1/2"	2,0	m	Loja H	R\$ 202,89	R\$ 405,78
2,0	Tubo PE 80 SDR 17.6 PN 2.4	50 mm	57,8	m	Loja H	R\$ 29,14	R\$ 1.683,13
TOTAL DA CLASSE DE PEÇA =							R\$ 2.088,91
CUSTO TOTAL DA INSTALAÇÃO GNIS =							R\$ 182.301,23

APÊNDICE B – LISTA DE QUANTITATIVOS DA OPÇÃO GLP1S

PVC Esgoto							
Nº	Descrição	Item	Qntd.	Unid.	Ref.	Valor unitário	Valor total
1,0	Joelho 45	75 mm	18,0	pç	SINAPI	R\$ 8,28	R\$ 149,04
2,0	Joelho 90	75 mm	1,0	pç	SINAPI	R\$ 7,26	R\$ 7,26
3,0	Junção simples	75 mm 75 mm	8,0	pç	SINAPI	R\$ 19,50	R\$ 156,00
4,0	Terminal de ventilação	75 mm	2,0	pç	SINAPI	R\$ 18,32	R\$ 36,64
5,0	Tubo rígido c/ ponta lisa	75 mm - 3"	23,9	m	SINAPI	R\$ 14,73	R\$ 351,90
TOTAL DA CLASSE DE PEÇA =							R\$ 700,84
Aço carbono							
Nº	Descrição	Item	Qntd.	Unid.	Ref.	Valor unitário	Valor total
1,0	Bucha de redução concêntricas	1 1/4"-1"	1,0	pç	Loja A	R\$ 10,20	R\$ 10,20
1,0	Bucha de redução concêntricas	1 1/4"-3/4"	1,0	pç	Loja A	R\$ 9,11	R\$ 9,11
2,0	Bucha de redução concêntricas	1"-3/4"	3,0	pç	Loja A	R\$ 6,60	R\$ 19,80
3,0	Curva 90°	1 1/4"	5,0	pç	Loja A	R\$ 9,80	R\$ 49,00
4,0	Curva 90°	3/4"	1,0	pç	Loja A	R\$ 4,20	R\$ 4,20
5,0	Tubo de aço carbono	1 1/4"	43,2	m	SINAPI	R\$ 62,49	R\$ 2.697,69
6,0	Tubo de aço carbono	1"	5,4	m	SINAPI	R\$ 46,63	R\$ 252,73
7,0	Tubo de aço carbono	3/4"	8,1	m	SINAPI	R\$ 41,44	R\$ 336,91
8,0	Tê	1 1/4"	21,0	pç	Loja A	R\$ 26,40	R\$ 554,40
8,0	Tê	1"	2,0	pç	Loja A	R\$ 23,20	R\$ 46,40
9,0	Tê	3/4"	2,0	pç	Loja A	R\$ 16,90	R\$ 33,80
TOTAL DA CLASSE DE PEÇA =							R\$ 4.014,25
Ferro galvanizado							
Nº	Descrição	Item	Qntd.	Unid.	Ref.	Valor unitário	Valor total
1,0	Bucha de redução	1/2" x 5/8"	80,0	pç	Loja B	R\$ 14,51	R\$ 1.160,80
2,0	Bucha de redução	3/4" x 1/2"	80,0	pç	SINAPI	R\$ 5,69	R\$ 455,20
3,0	Bucha de redução	3/4" x 3/8"	80,0	pç	Loja C	R\$ 9,83	R\$ 786,40
TOTAL DA CLASSE DE PEÇA =							R\$ 2.402,40
Medidor/Regulador							
Nº	Descrição	Item	Qntd.	Unid.	Ref.	Valor unitário	Valor total
1,0	Medidores	Medidor de vazão GLP - G 1.6	80,0	pç	Loja D	R\$ 326,70	R\$ 26.136,00
2,0	Reguladores	Regulador 1º Estágio 60 kg/h - GLP - OPSO	1,0	pç	Loja D	R\$ 517,76	R\$ 517,76
3,0	Reguladores	Regulador 2º Estágio com borb. e registro - 5 kg/h - GLP	80,0	pç	Loja E	R\$ 61,07	R\$ 4.885,60
TOTAL DA CLASSE DE PEÇA =							R\$ 31.539,36
Metais							
Nº	Descrição	Item	Qntd.	Unid.	Ref.	Valor unitário	Valor total
1,0	Válvula de Esfera	1 1/4"	10,0	pç	SINAPI	R\$ 132,03	R\$ 1.320,30
TOTAL DA CLASSE DE PEÇA =							R\$ 1.320,30
Multicamada Gás							
Nº	Descrição	Item	Qntd.	Unid.	Ref.	Valor unitário	Valor total
1,0	Conector de transição F	Conector transição F 26mm x 3/4"	250,0	pç	Loja D	R\$ 22,43	R\$ 5.607,50
2,0	Joelho 90°	DN 20	160,0	pç	Loja D	R\$ 17,61	R\$ 2.817,60
3,0	Joelho 90°	DN 26	80,0	pç	Loja D	R\$ 36,01	R\$ 2.880,80
4,0	Joelho 90° roscável fêmea	DN 20x1/2	160,0	pç	Loja D	R\$ 19,00	R\$ 3.040,00
5,0	Joelho 90° roscável fêmea	DN 26x3/4	10,0	pç	Loja D	R\$ 33,74	R\$ 337,40
6,0	Tubo Multicamada Gás	DN 20mm	343,0	m	SINAPI	R\$ 23,63	R\$ 8.104,38
7,0	Tubo Multicamada Gás	DN 26mm	1.677,8	m	SINAPI	R\$ 32,72	R\$ 54.898,92
8,0	Tê de transição - Rosca fêmea	DN 26x3/4	70,0	pç	Loja D	R\$ 75,95	R\$ 5.316,50
9,0	Tê de redução	DN 20x26x20	80,0	pç	Loja F	R\$ 37,45	R\$ 2.996,00
10,0	Válvula esfera M haste curta	1/2"	80,0	pç	Loja G	R\$ 31,90	R\$ 2.552,00
11,0	Válvula esfera M/F	1/2"	80,0	pç	Loja G	R\$ 32,90	R\$ 2.632,00
TOTAL DA CLASSE DE PEÇA =							R\$ 91.183,11
PEAD Gás							
Nº	Descrição	Item	Qntd.	Unid.	Ref.	Valor unitário	Valor total
1,0	Transição P/ Aço Rosca fêmea	40 mm x 1.1/4"	2,0	m	Loja H	R\$ 156,71	R\$ 313,42
2,0	Tubo PE 80 SDR 17.6 PN 2.4	40 mm	56,1	m	Loja H	R\$ 17,60	R\$ 987,01
TOTAL DA CLASSE DE PEÇA =							R\$ 1.300,43
CUSTO TOTAL DA INSTALAÇÃO GLPIS =							R\$ 132.460,68

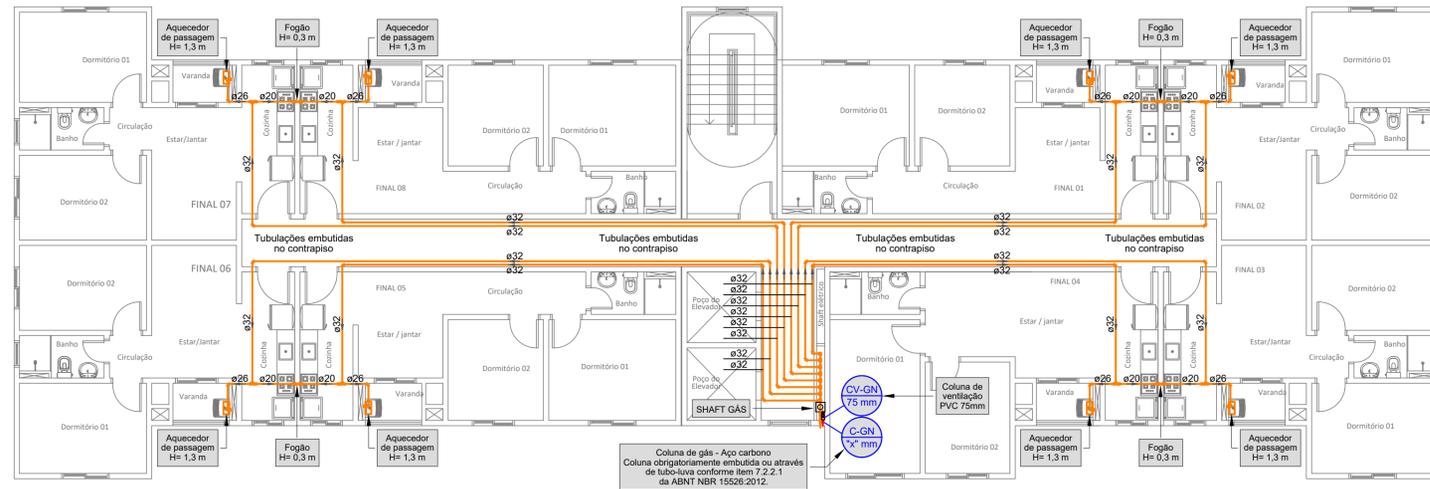
APÊNDICE C – LISTA DE QUANTITATIVOS DA OPÇÃO GN2S

PVC Esgoto							
Nº	Descrição	Item	Qntd.	Unid.	Ref.	Valor unitário	Valor total
1,0	Joelho 45	75 mm	40,0	pç	SINAPI	R\$ 8,28	R\$ 331,20
2,0	Junção simples	75 mm 75 mm	20,0	pç	SINAPI	R\$ 19,50	R\$ 390,00
3,0	Terminal de ventilação	75 mm	2,0	pç	SINAPI	R\$ 18,32	R\$ 36,64
4,0	Tubo rígido c/ ponta lisa	75 mm - 3"	52,7	m	SINAPI	R\$ 14,73	R\$ 775,98
TOTAL DA CLASSE DE PEÇA =							R\$ 1.533,82
Aço carbono							
Nº	Descrição	Item	Qntd.	Unid.	Ref.	Valor unitário	Valor total
1,0	Bucha de redução concêntricas	1 1/4"-1"	8,0	pç	Loja A	R\$ 10,20	R\$ 81,60
2,0	Bucha de redução concêntricas	1 1/2"-1 1/4"	2,0	pç	Loja A	R\$ 15,64	R\$ 31,28
3,0	Curva 90°	1 1/2"	2,0	pç	Loja A	R\$ 10,70	R\$ 21,40
4,0	Curva 90°	1 1/4"	2,0	pç	Loja A	R\$ 9,80	R\$ 19,60
5,0	Curva 90°	1"	2,0	pç	Loja I	R\$ 4,91	R\$ 9,82
6,0	Tubo de aço carbono	1 1/2"	6,4	m	SINAPI	R\$ 68,10	R\$ 433,80
7,0	Tubo de aço carbono	1 1/4"	39,3	m	SINAPI	R\$ 62,49	R\$ 2.457,73
8,0	Tubo de aço carbono	1"	37,9	m	SINAPI	R\$ 46,63	R\$ 1.769,14
9,0	Tê	1 1/2"	1,0	pç	Loja A	R\$ 32,30	R\$ 32,30
10,0	Tê	1 1/4"	6,0	pç	Loja A	R\$ 26,40	R\$ 158,40
11,0	Tê	1"	12,0	pç	Loja A	R\$ 23,20	R\$ 278,40
TOTAL DA CLASSE DE PEÇA =							R\$ 5.293,47
Ferro galvanizado							
Nº	Descrição	Item	Qntd.	Unid.	Ref.	Valor unitário	Valor total
1,0	Bucha de redução	1" x 1/2"	40,0	pç	SINAPI	R\$ 8,25	R\$ 330,00
2,0	Bucha de redução	1.1/2" x 1"	2,0	pç	SINAPI	R\$ 17,07	R\$ 34,14
3,0	Bucha de redução	1.1/4" x 1"	160,0	pç	SINAPI	R\$ 13,12	R\$ 2.099,20
TOTAL DA CLASSE DE PEÇA =							R\$ 2.463,34
Medidores/Reguladores							
Nº	Descrição	Item	Qntd.	Unid.	Ref.	Valor unitário	Valor total
1,0	Medidores	Medidor de vazão GN - G 2.5	80,0	pç	Loja D	R\$ 438,49	R\$ 35.079,20
2,0	Reguladores	Regulador 1º Estágio 120 m³/h GN - OPSO	1,0	pç	Loja J	R\$ 1.660,51	R\$ 1.660,51
3,0	Reguladores	Regulador 2º Estágio 12 m³/h - GN	20,0	pç	Loja K	R\$ 169,00	R\$ 3.380,00
TOTAL DA CLASSE DE PEÇA =							R\$ 40.119,71
Metais							
Nº	Descrição	Item	Qntd.	Unid.	Ref.	Valor unitário	Valor total
1,0	Válvula esfera F/F borboleta	1"	80,0	pç	Loja J	R\$ 55,09	R\$ 4.407,20
TOTAL DA CLASSE DE PEÇA =							R\$ 4.407,20
Multicamada Gás							
Nº	Descrição	Item	Qntd.	Unid.	Ref.	Valor unitário	Valor total
1,0	Conector de transição F	Conector transição F fixo 32mm x 1"	140,0	pç	Loja D	R\$ 48,60	R\$ 6.804,00
2,0	Conector de transição M	Conector transição M fixo 32mm x 1"	80,0	pç	Loja D	R\$ 22,60	R\$ 1.808,00
3,0	Joelho 90°	DN 20	80,0	pç	Loja D	R\$ 17,61	R\$ 1.408,80
4,0	Joelho 90°	DN 26	80,0	pç	Loja D	R\$ 36,01	R\$ 2.880,80
5,0	Joelho 90°	DN 32	100,0	pç	Loja D	R\$ 33,41	R\$ 3.341,00
6,0	Joelho 90° roscável fêmea	DN 20x1/2	80,0	pç	Loja D	R\$ 19,00	R\$ 1.520,00
7,0	Joelho 90° roscável fêmea	DN 26x3/4"	80,0	pç	Loja D	R\$ 33,07	R\$ 2.645,60
8,0	Tubo Multicamada Gás	DN 20mm	111,9	m	SINAPI	R\$ 23,63	R\$ 2.644,20
9,0	Tubo Multicamada Gás	DN 26mm	233,7	m	SINAPI	R\$ 32,72	R\$ 7.646,99
10,0	Tubo Multicamada Gás	DN 32mm	486,5	m	SINAPI	R\$ 45,63	R\$ 22.200,36
11,0	Tê	DN 32	60,0	pç	Loja D	R\$ 100,59	R\$ 6.035,40
12,0	Tê de redução	DN 26x32x26	80,0	pç	Loja D	R\$ 99,90	R\$ 7.992,00
13,0	União de redução	DN 26 x 20	80,0	pç	Loja D	R\$ 27,86	R\$ 2.228,80
14,0	Válvula esfera M haste curta	1/2"	80,0	pç	Loja G	R\$ 31,90	R\$ 2.552,00
15,0	Válvula esfera M/F	3/4"	80,0	pç	Loja F	R\$ 59,57	R\$ 4.765,60
TOTAL DA CLASSE DE PEÇA =							R\$ 76.473,55
PEAD Gás							
Nº	Descrição	Item	Qntd.	Unid.	Ref.	Valor unitário	Valor total
1,0	Transição P/ Aço Rosca fêmea	50 mm x 1.1/2"	2,0	m	Loja H	R\$ 202,89	R\$ 405,78
2,0	Tubo PE 80 SDR 17.6 PN 2.4	50 mm	58,3	m	Loja H	R\$ 29,14	R\$ 1.699,15
TOTAL DA CLASSE DE PEÇA =							R\$ 2.104,93
CUSTO TOTAL DA INSTALAÇÃO GN2S =							R\$ 132.396,02

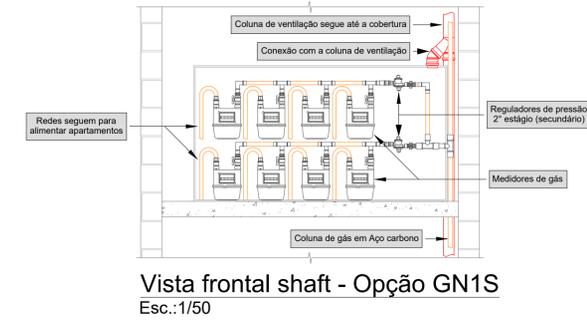
APÊNDICE D – LISTA DE QUANTITATIVOS DA OPÇÃO GLP2S

PVC Esgoto							
Nº	Descrição	Item	Qntd.	Unid.	Ref.	Valor unitário	Valor total
1,0	Joelho 45	75 mm	36,0	pç	SINAPI	R\$ 8,28	R\$ 298,08
2,0	Joelho 90	75 mm	4,0	pç	SINAPI	R\$ 7,26	R\$ 29,04
3,0	Junção simples	75 mm 75 mm	16,0	pç	SINAPI	R\$ 19,50	R\$ 312,00
4,0	Terminal de ventilação	75 mm	4,0	pç	SINAPI	R\$ 18,32	R\$ 73,28
5,0	Tubo rígido c/ ponta lisa	75 mm - 3"	73,6	m	SINAPI	R\$ 14,73	R\$ 1.083,39
TOTAL DA CLASSE DE PEÇA =							R\$ 1.795,79
Aço carbono							
Nº	Descrição	Item	Qntd.	Unid.	Ref.	Valor unitário	Valor total
1,0	Bucha de redução concêntricas	1"-3/4"	2,0	pç	Loja A	R\$ 6,60	R\$ 13,20
2,0	Bucha de redução concêntricas	1"-1/2"	8,0	pç	Loja A	R\$ 10,90	R\$ 87,20
3,0	Bucha de redução concêntricas	3/4"-1/2"	12,0	pç	Loja A	R\$ 6,30	R\$ 75,60
4,0	Bucha de redução concêntricas	1 1/4"-1"	2,0	pç	Loja A	R\$ 10,20	R\$ 20,40
5,0	Curva 90°	1 1/4"	5,0	pç	Loja A	R\$ 9,80	R\$ 49,00
6,0	Curva 90°	1/2"	2,0	pç	Loja A	R\$ 4,70	R\$ 9,40
7,0	Tubo de aço carbono	1 1/4"	36,4	m	SINAPI	R\$ 62,49	R\$ 2.274,01
8,0	Tubo de aço carbono	1"	44,7	m	SINAPI	R\$ 46,63	R\$ 2.082,03
9,0	Tubo de aço carbono	1/2"	6,6	m	SINAPI	R\$ 30,37	R\$ 201,35
10,0	Tubo de aço carbono	3/4"	27,1	m	SINAPI	R\$ 41,44	R\$ 1.123,02
11,0	Tê	1 1/4"	17,0	pç	Loja A	R\$ 26,40	R\$ 448,80
12,0	Tê	1"	8,0	pç	Loja A	R\$ 23,20	R\$ 185,60
13,0	Tê	3/4"	10,0	pç	Loja A	R\$ 16,90	R\$ 169,00
TOTAL DA CLASSE DE PEÇA =							R\$ 6.738,62
Ferro galvanizado							
Nº	Descrição	Item	Qntd.	Unid.	Ref.	Valor unitário	Valor total
1,0	Bucha de redução	1/2" x 3/8"	80,0	pç	Loja B	R\$ 4,73	R\$ 378,40
2,0	Bucha de redução	1/2" x 5/8"	80,0	pç	Loja C	R\$ 14,51	R\$ 1.160,80
TOTAL DA CLASSE DE PEÇA =							R\$ 1.539,20
Medidor/Regulador							
Nº	Descrição	Item	Qntd.	Unid.	Ref.	Valor unitário	Valor total
1,0	Medidores	Medidor de vazão GLP - G 1.6	80,0	pç	Loja D	R\$ 326,70	R\$ 26.136,00
2,0	Reguladores	Regulador 1º Estágio 60 kg/h - GLP - OPSO	1,0	pç	Loja D	R\$ 517,76	R\$ 517,76
3,0	Reguladores	Regulador 2º Estágio com borb. e registro - 5 kg/h - GLP	80,0	pç	Loja E	R\$ 61,07	R\$ 4.885,60
TOTAL DA CLASSE DE PEÇA =							R\$ 31.539,36
Metais							
Nº	Descrição	Item	Qntd.	Unid.	Ref.	Valor unitário	Valor total
1,0	Válvula de Esfera	1 1/4"	10,0	pç	SINAPI	R\$ 132,03	R\$ 1.320,30
TOTAL DA CLASSE DE PEÇA =							R\$ 1.320,30
Multicamada Gás							
Nº	Descrição	Item	Qntd.	Unid.	Ref.	Valor unitário	Valor total
1,0	Conector de transição F	Conector transição F fixo 20mm x 1/2"	100,0	pç	Loja D	R\$ 17,89	R\$ 1.789,00
2,0	Conector de transição F	Conector transição F fixo 20mm x 3/4"	160,0	pç	Loja D	R\$ 25,54	R\$ 4.086,40
3,0	Joelho 90°	DN 20	240,0	pç	Loja D	R\$ 17,61	R\$ 4.226,40
4,0	Joelho 90° roscável fêmea	DN 20x1/2	180,0	pç	Loja D	R\$ 19,00	R\$ 3.420,00
5,0	Tubo Multicamada Gás	DN 20mm	833,9	m	SINAPI	R\$ 23,63	R\$ 19.705,77
6,0	Tê	DN 20	80,0	pç	Loja D	R\$ 25,04	R\$ 2.003,20
7,0	Tê de transição - Rosca fêmea	DN 20x1/2	60,0	pç	Loja D	R\$ 20,12	R\$ 1.207,20
8,0	Válvula esfera M haste curta	1/2"	80,0	pç	Loja G	R\$ 31,90	R\$ 2.552,00
9,0	Válvula esfera M/F	1/2"	80,0	pç	Loja G	R\$ 32,90	R\$ 2.632,00
TOTAL DA CLASSE DE PEÇA =							R\$ 41.621,97
PEAD Gás							
Nº	Descrição	Item	Qntd.	Unid.	Ref.	Valor unitário	Valor total
1,0	Transição P/ Aço Rosca fêmea	40 mm x 1.1/4"	2,0	m	Loja H	R\$ 156,71	R\$ 313,42
2,0	Tubo PE 80 SDR 17.6 PN 2.4	40 mm	56,6	m	Loja H	R\$ 17,60	R\$ 996,69
TOTAL DA CLASSE DE PEÇA =							R\$ 1.310,11
CUSTO TOTAL DA INSTALAÇÃO GLP2S =							R\$ 85.865,34

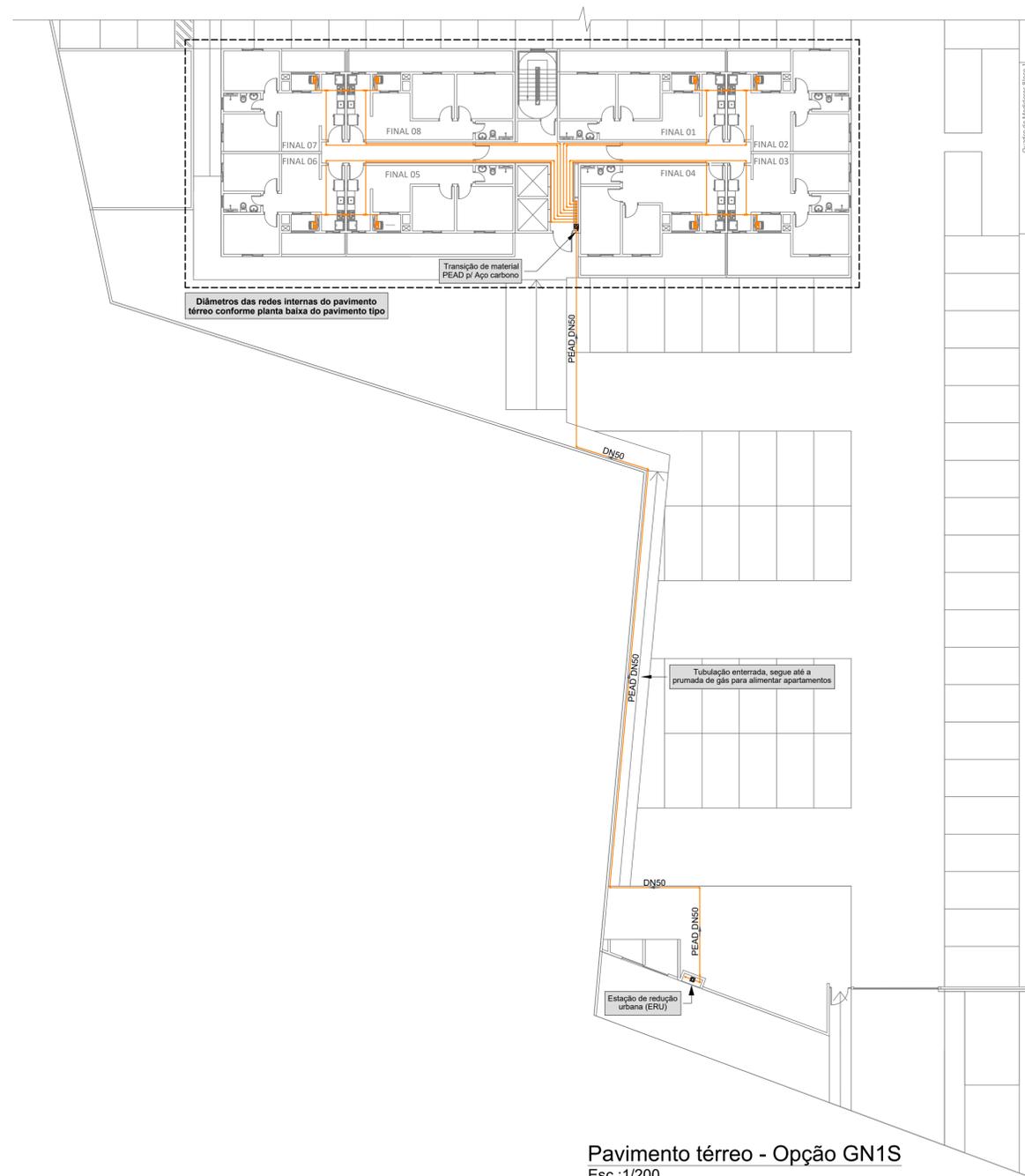
APÊNDICE E – PLANTAS BAIXAS E DETALHAMENTOS OPÇÃO GN1S



Pavimento tipo - Opção GN1S
Esc.:1/100



Vista frontal shaft - Opção GN1S
Esc.:1/50

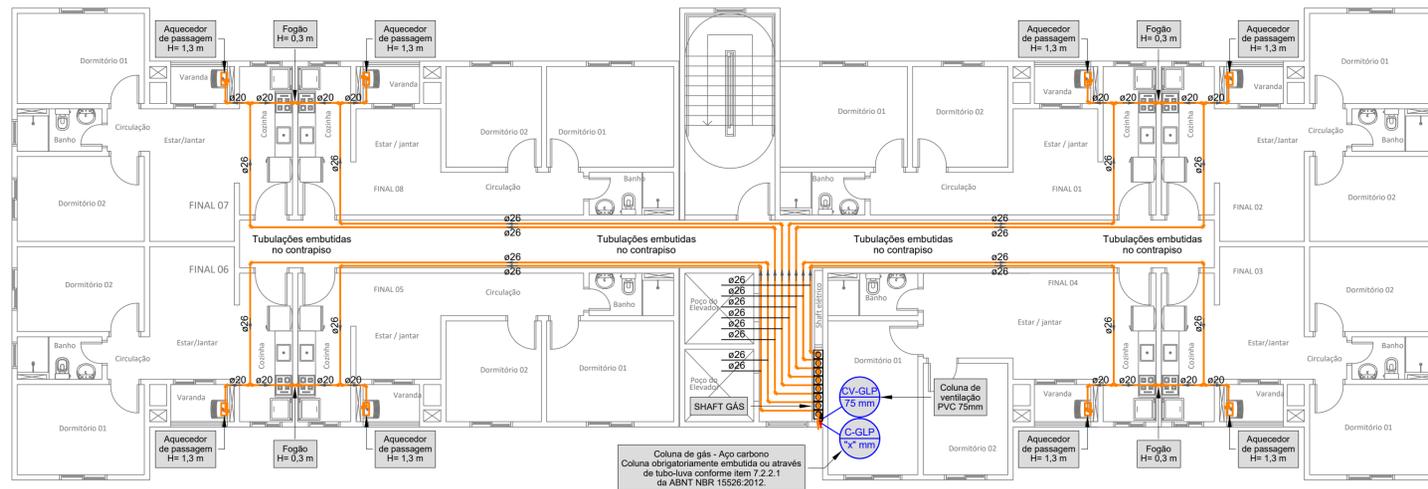


Esquema vertical - Opção GN1S
Esc.:1/100

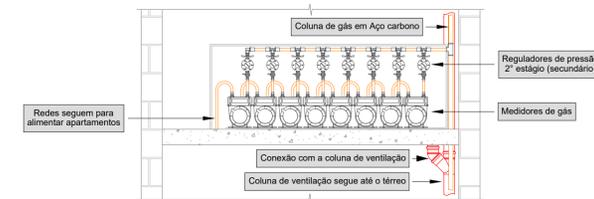
Pavimento térreo - Opção GN1S
Esc.:1/200

PROJETO DE GÁS - OPÇÃO GN1S		
UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL		
 UCS UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL	ENGENHARIA CIVIL	
	DISCIPLINA: TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO	
DATA: 22/11/2024	ORIENTADOR: Prof. Me. Luciano Zatti	
ESCALA: Indicada	ESTUDANTE: Leonardo Dallé	
	DESCRIÇÃO: Plantas baixas e detalhes	Apêndice E

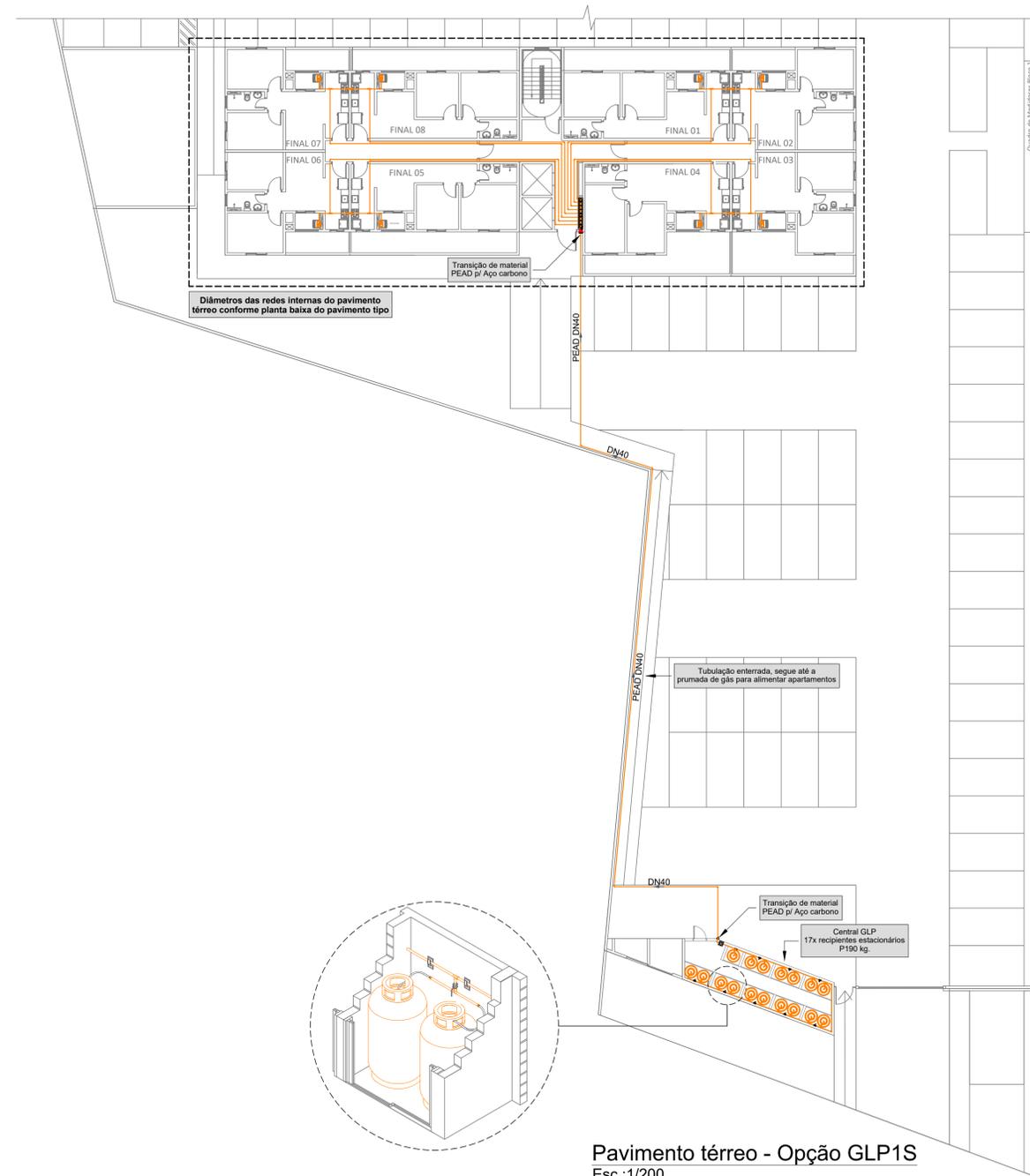
APÊNDICE F – PLANTAS BAIXAS E DETALHAMENTOS OPÇÃO GLP1S



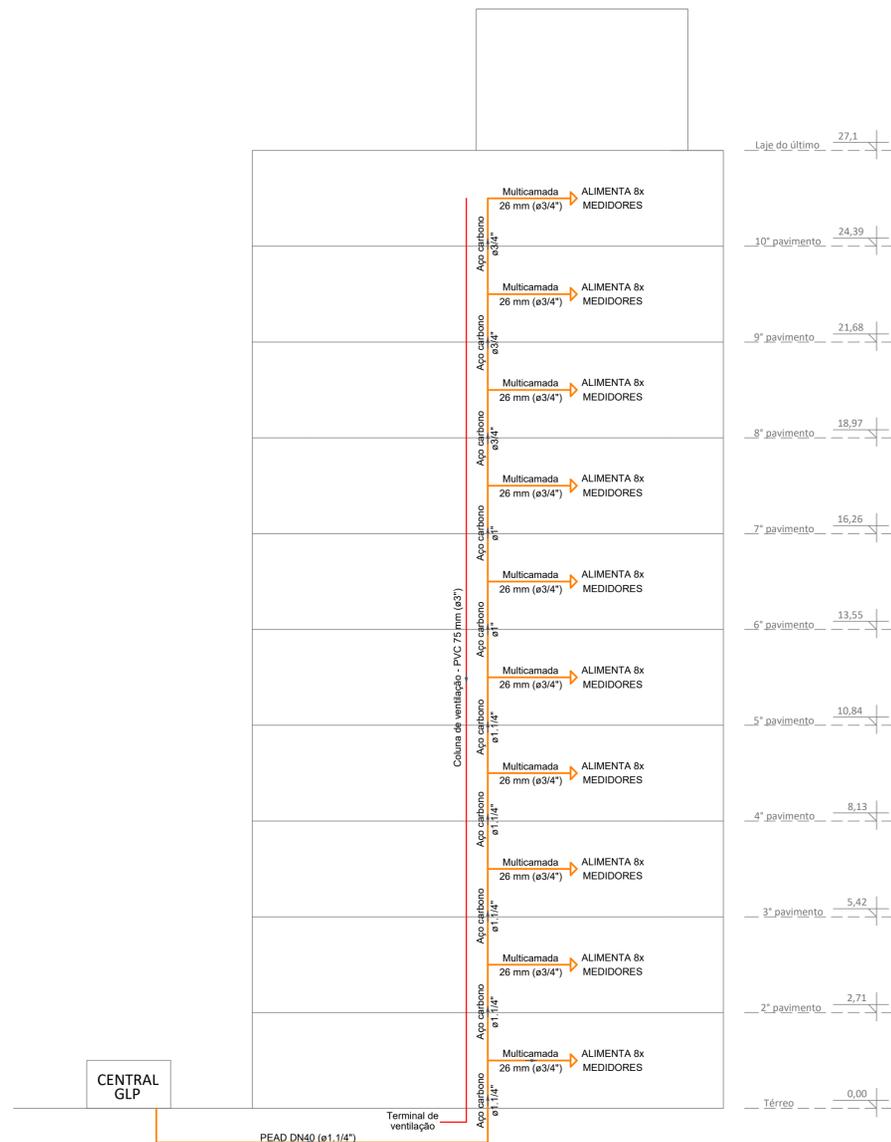
Pavimento tipo - Opção GLP1S
Esc.:1/100



Vista frontal shaft - Opção GLP1S
Esc.:1/50



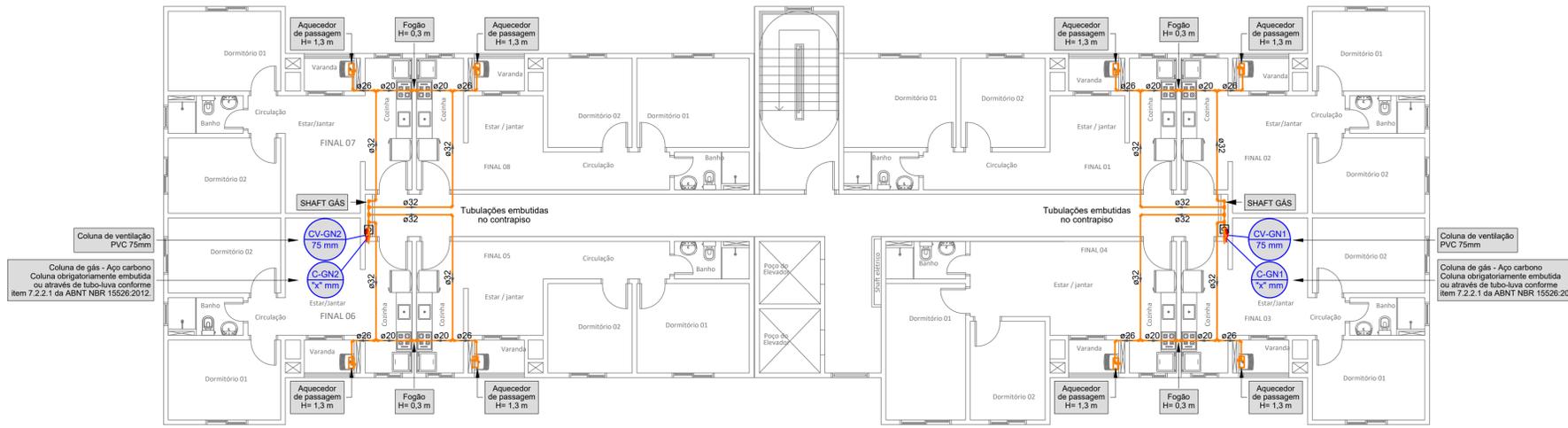
Pavimento térreo - Opção GLP1S
Esc.:1/200



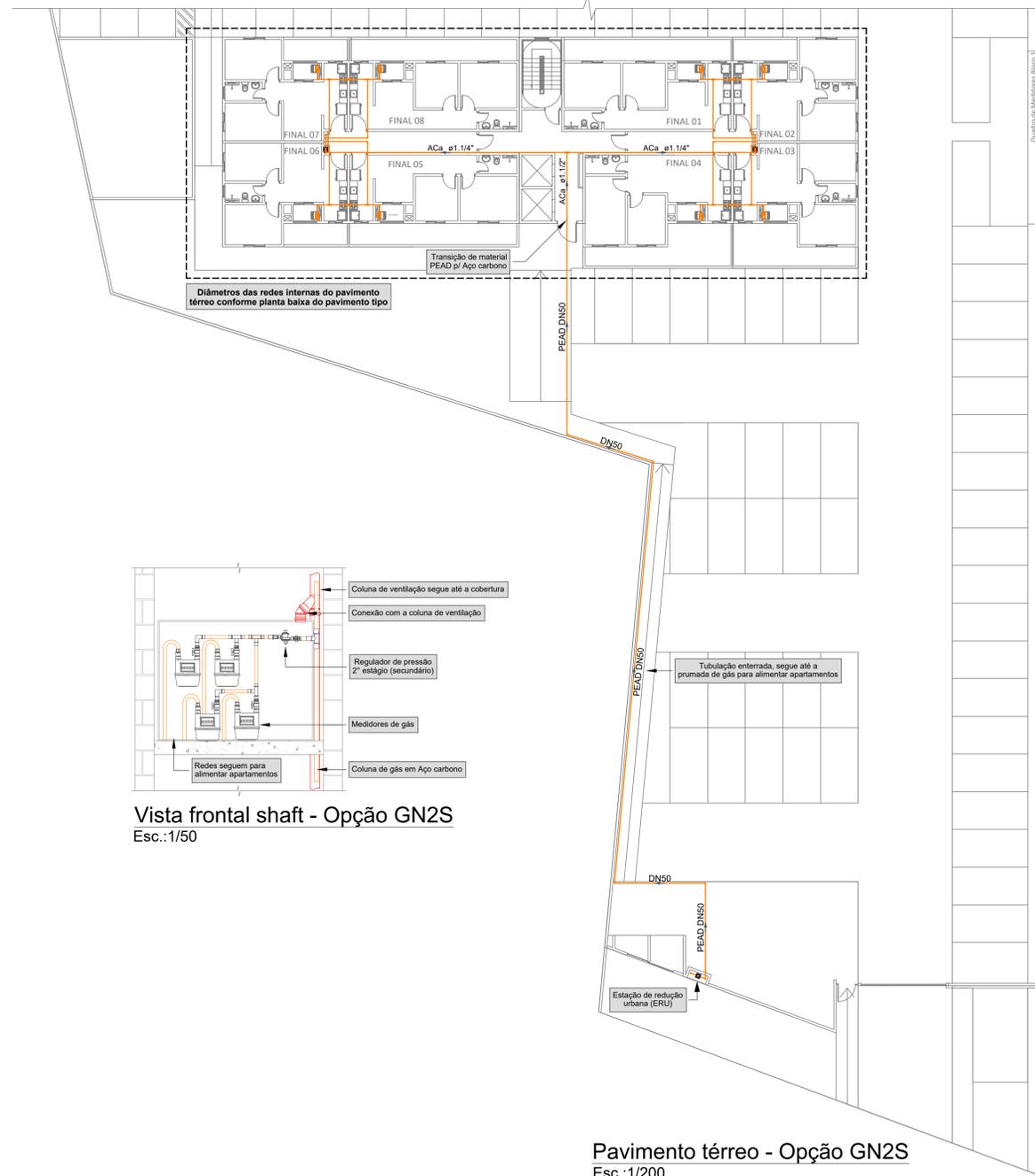
Esquema vertical - Opção GLP1S
Esc.:1/100

PROJETO DE GÁS - OPÇÃO GLP1S		
UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL		
 UCS UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL	ENGENHARIA CIVIL	
	DISCIPLINA: TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO	
DATA: 22/11/2024	ORIENTADOR: Prof. Me. Luciano Zatti	
ESCALA: Indicada	ESTUDANTE: Leonardo Dallé	
	DESCRIÇÃO: Plantas baixas e detalhes	Apêndice F

APÊNDICE G – PLANTAS BAIXAS E DETALHAMENTOS OPÇÃO GN2S

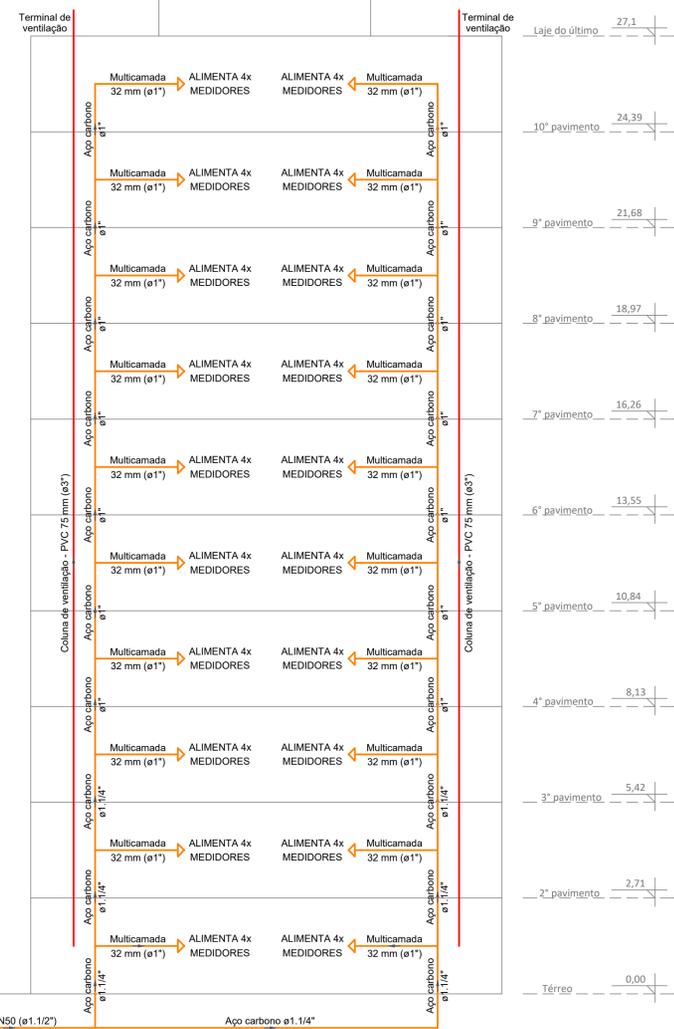


Pavimento tipo - Opção GN2S
Esc.:1/100



Pavimento térreo - Opção GN2S
Esc.:1/200

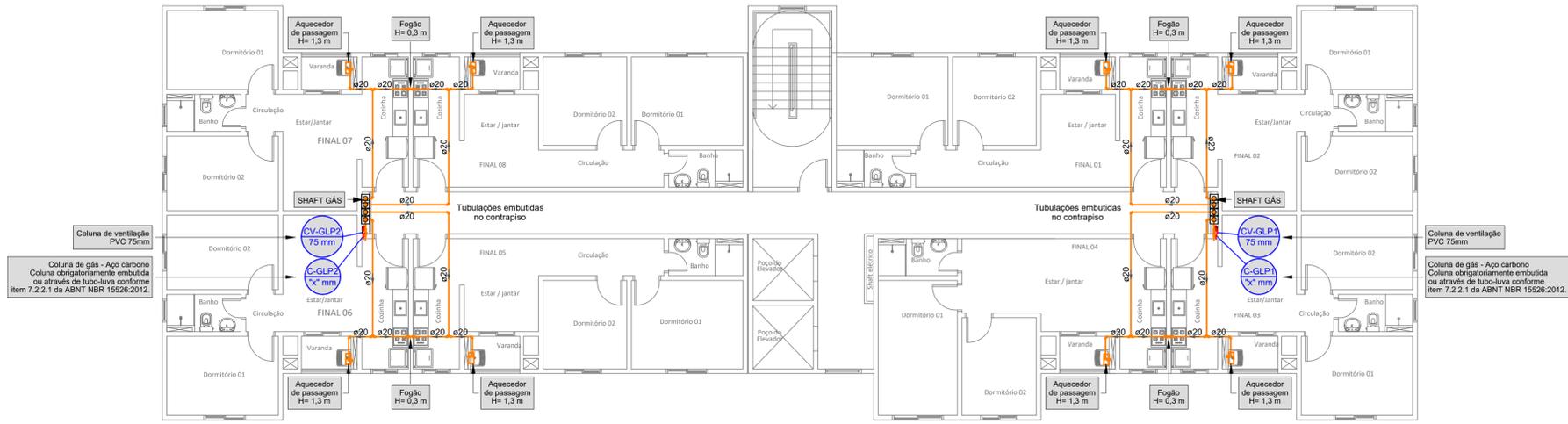
Vista frontal shaft - Opção GN2S
Esc.:1/50



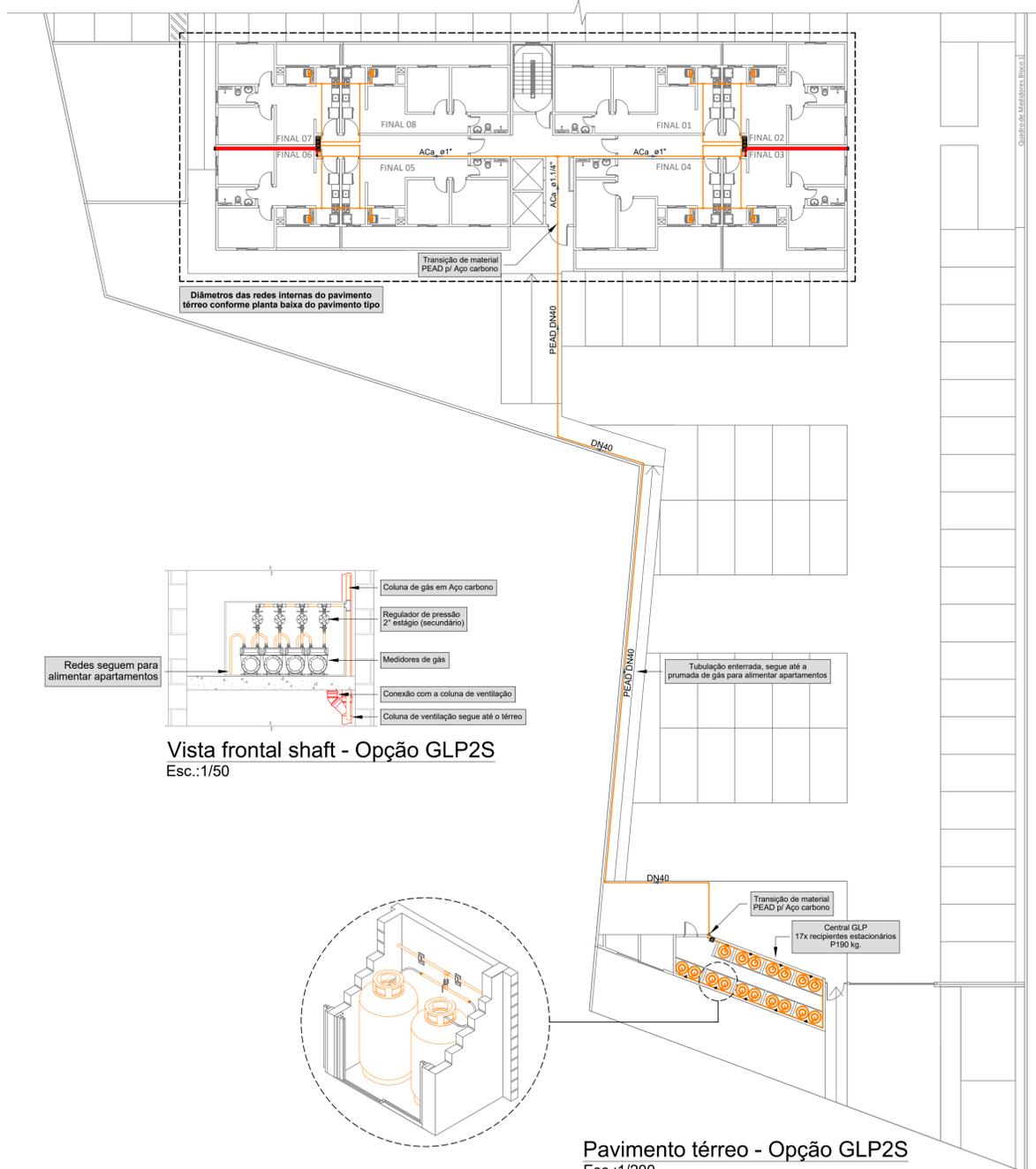
Esquema vertical - Opção GN2S
Esc.:1/100

PROJETO DE GÁS - OPÇÃO GN2S	
UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL	
ENGENHARIA CIVIL	DISCIPLINA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO	ORIENTADOR
Prof. Me. Luciano Zatti	ESTUDANTE
Leonardo Dallé	DATA
22/11/2024	ESCALA
Indicada	DESCRIÇÃO
Plantas baixas e detalhes	Apêndice G

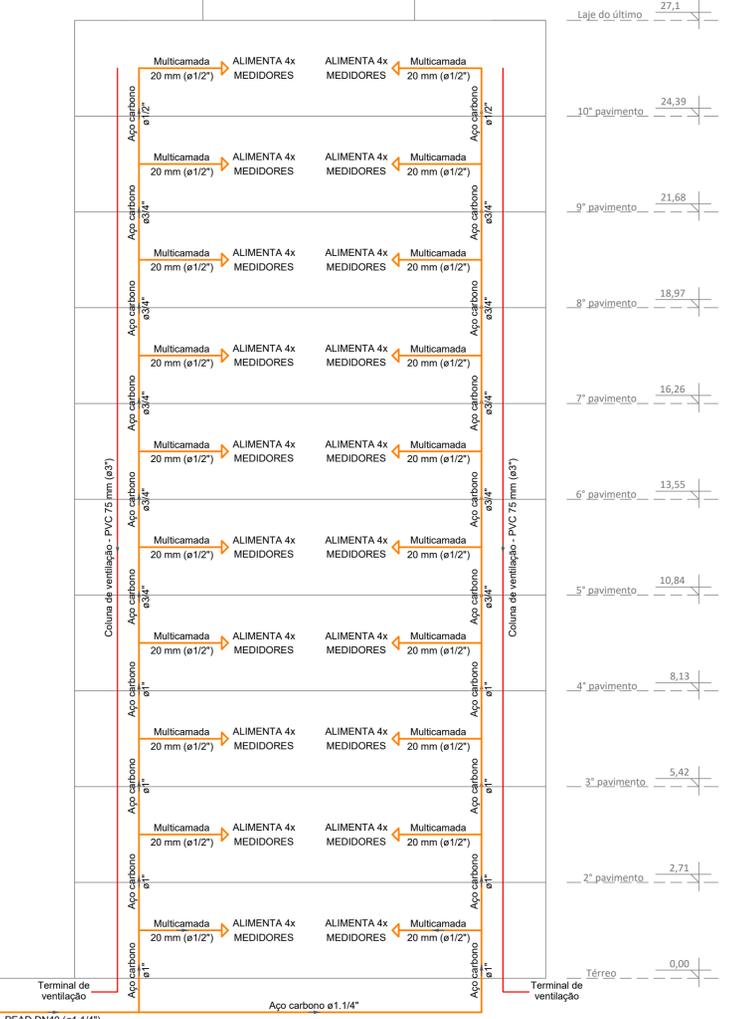
APÊNDICE H – PLANTAS BAIXAS E DETALHAMENTOS OPÇÃO GLP2S



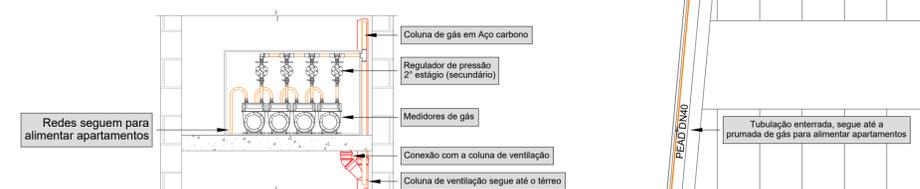
Pavimento tipo - Opção GLP2S
Esc.:1/100



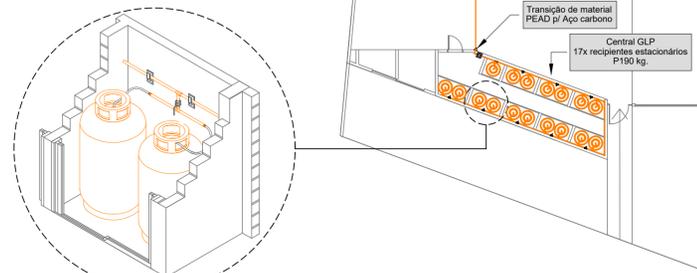
Pavimento térreo - Opção GLP2S
Esc.:1/200



Esquema vertical - Opção GLP2S
Esc.:1/100



Vista frontal shaft - Opção GLP2S
Esc.:1/50



PROJETO DE GÁS - OPÇÃO GLP2S		
UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL		
 UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL	ENGENHARIA CIVIL	
	DISCIPLINA: TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO	
DATA: 22/11/2024	ORIENTADOR: Prof. Me. Luciano Zatti	
ESCALA: Indicada	ESTUDANTE: Leonardo Dallé	DESCRÇÃO: Plantas baixas e detalhes
		Apêndice H