

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE GOIÁS

DEPARTAMENTO DE ÁREAS ACADÊMICAS III

ÁREA DE CONSTRUÇÃO CIVIL

CURSO BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL

**O IMPACTO DO USO DA TUBULAÇÃO DE
MULTICAMADA (PEX) NO CUSTO DE
INSTALAÇÃO DE GÁS GLP**

JUPITER TOKATJIAN NETO

GOIÂNIA,

2022.



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
SISTEMA INTEGRADO DE BIBLIOTECAS

**TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO
NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG**

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☐ Artigo Científico |
| ☐ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia - Especialização | ☐ Livro |
| ☒ TCC - Graduação | ☐ Trabalho Apresentado em Evento |
| ☐ Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: JUPITER TOKATJIAN NETO

Matrícula: 20152011050070

Título do Trabalho: O IMPACTO DO USO DA TUBULAÇÃO DE MULTICAMADA (PEX) NO CUSTO DE INSTALAÇÃO DE GÁS GLP

Autorização - Marque uma das opções

- ☒ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso aberto);
- ☐ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG somente após a data ____/____/____ (Embargo);
- ☐ Não autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso restrito).

Ao indicar a opção 2 ou 3, marque a justificativa:

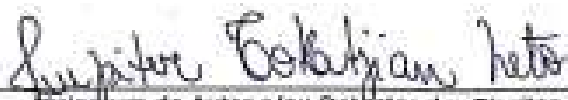
- ☐ O documento está sujeito a registro de patente.
- ☐ O documento pode vir a ser publicado como livro, capítulo de livro ou artigo.
- ☐ Outra justificativa: _____

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Goiânia, 23/02/2023.
Local Data



Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

JUPITER TOKATJIAN NETO

O IMPACTO DO USO DA TUBULAÇÃO DE MULTICAMADA (PEX) NO CUSTO DE INSTALAÇÃO DE GÁS GLP

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Coordenação da Graduação do
Curso de Engenharia Civil do Instituto
Federal de Goiás, como parte dos requisitos
necessários para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Me. Ricardo de Alcântara
Ferreira

Goiânia,

2022.

T646i Tokatjian Neto, Jupiter.

O impacto do uso da tubulação de multicamada (PEX) no custo de instalação de gás GLP / Jupiter Tokatjian Neto. – Goiânia: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia, 2022.
58 f.: il.

Orientador: Prof. Me. Ricardo de Alcântara Ferreira.

TCC (Trabalho de Conclusão de Curso) – Curso de Bacharelado em Engenharia Civil, Departamento de Áreas Acadêmicas III, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia.

1. Instalação predial – gás GLP. 2. Tubulação de multicamada (PEX). I. Ferreira, Ricardo de Alcântara (orientador). II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia. III. Título.

CDD 696.1

Ficha catalográfica elaborada pelo Bibliotecário Alisson de Sousa Belthodo Santos CRB1/ 2.264
Biblioteca Professor Jorge Félix de Souza,
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia.



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CÂMPUS GOIÂNIA

Jupiter Tokatjian Neto

O IMPACTO DO USO DA TUBULAÇÃO DE MULTICAMADA (PEX) NO CUSTO DE INSTALAÇÃO DE GÁS GLP

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Campus Goiânia, como parte dos quesitos necessários para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Membros da banca: Me. Ricardo de Alcântara Ferreira (orientador), Me. Matilde Batista Melo, Dr. Marcus Vinicius Araújo da Silva Mendes.

Aprovado em 21 de Dezembro de 2022.

Documento assinado eletronicamente por:

- Ricardo de Alcântara Ferreira, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 22/12/2022 11:53:16.
- Marcus Vinicius Araujo da Silva Mendes, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 22/12/2022 10:28:07.
- Matilde Batista Melo, COORDENADOR DE CURSO - FUC1 - GYN-CCBEC, em 22/12/2022 10:08:41.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 22/12/2022. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifg.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 359619

Código de Autenticação: 370739c834



AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por tantas bênçãos, e aos meus pais, que não mediram esforços para que eu tivesse a oportunidade de acesso aos estudos.

Um agradecimento especial aos professores do Instituto Federal de Goiás (IFGO), em especial ao meu Orientador Professor Me. Ricardo de Alcântara Ferreira, bem como a todos os demais que participaram ativamente da minha formação como pessoa e profissional, com destaque aos Professores Claudio Marra, Douglas Pitaluga e Liana de Lucca Jardim Borges.

A toda a equipe da empresa, permitindo o acompanhamento das atividades na rotina do dia a dia, pela confiança e todo o suporte, além do fornecimento de dados.

A minha noiva e minha irmã que de forma direta e indireta me apoiaram na realização deste trabalho, principalmente pela paciência. E a meu afilhado que sempre me trouxe momentos de paz e esparecimento.

RESUMO

A escolha do tipo de tubulação da rede de distribuição de gás GLP em empreendimentos residenciais influencia o orçamento das instalações prediais e em consequência, impacta diretamente todo o custo do empreendimento. A avaliação comparativa entre os orçamentos como o uso da tubulação multicamada (PEX) e dos demais tipos de materiais disponíveis no mercado, permite identificar e definir quais materiais são economicamente mais vantajosos. O presente trabalho tem o objetivo de avaliar o uso da tubulação multicamada PEX e o impacto orçamentário que a sua aplicação proporciona. Os resultados obtidos demonstram os impactos positivos no custo do material e na contratação da mão de obra. O trabalho também demonstra a importância da elaboração do projeto, que permite a definição prévia dos materiais e a compatibilização com as demais instalações existentes, garantindo assim maior qualidade técnica, gerando maior segurança, economia, menor tempo de execução e redução de retrabalhos.

Palavras-chave: instalações prediais. rede distribuição de gás. gás GLP. tubo multicamada PEX.

ABSTRACT

The choice of the type of piping for the LPG gas distribution network in residential developments influences the budget for building installations and, as a result, directly impacts the entire cost of the development. The comparative evaluation between budgets such as the use of multilayer piping (PEX) and other types of materials available on the market, allows identifying and defining which materials are economically more advantageous. The present work aims to evaluate the use of PEX multilayer piping and the budgetary impact that its application provides. The results obtained demonstrate the positive impacts on the cost of material and on the hiring of labor. The work also demonstrates the importance of designing the project, which allows the prior definition of materials and compatibility with other existing facilities, thus ensuring greater technical quality, generating greater safety, economy, shorter execution time and reduction of rework.

Keywords: building installations. gas distribution network. LPG gas. PEX multilayer pipe.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Anexo A – ABNT NBR 15526:2012 – Exemplos de rede de distribuição interna	22
Figura 2 – Anexo A – ABNT NBR 15526:2012 – Exemplos de rede de distribuição interna	22
Figura 3 – ABNT NBR 15526:2012 – Afastamento mínimos na instalação aparente de tubulação de gás GLP	23
Figura 4 – ABNT NBR 15526:2012 – Afastamento gerais na instalação de tubulação de gás GLP	23
Figura 5 – Medidores de gás GLP mais comuns	25
Figura 6 – Regulador de pressão de 2º estágio com válvula de bloqueio e válvula de alívio de pressão	25
Figura 7 – Central de medição de gás – Tubos e conexões em aço galvanizado	25
Figura 8 – Central medição de gás – Tubo multicamada PEX, cobre flexível, conexões ..	26
Figura 9 – PEX multicamada - Constituição Multicamadas – Manual Técnico	28
Figura 10 – Conexões PEX multicamada - Constituição – Manual Técnico Amanco	28
Figura 11 – Crimpagem conexão tubo PEX multicamada - Manual Técnico Amanco	29
Figura 12 – Abrigo – Tubo multicamada PEX, tubo cobre flexível e Conexões Aço Carbono – Acervo Autor	31
Figura 13 – Evolução do uso dos materiais na instalação predial de gás GLP – BRATFISCH; COLLELA, 2012	32

Figura 14 – Relação dos custos por tubulação para serviços de instalação de gás GLP – VENEGAS <i>et al.</i> , 2017	33
Figura 15 – Projeto da Rede de Distribuição de Gás GLP – Projeto 1 – Planta Baixa	38
Figura 16 – Projeto da Rede de Distribuição de Gás GLP – Projeto 1 - Corte 1 e 2	39
Figura 17 – Projeto 2 – Planta Baixa – Térreo	40
Figura 18 – Projeto 2 – Planta Baixa – 1º Pavimento	41
Figura 19 – Projeto 2 – Planta Baixa – 2º Pavimento	42
Figura 20 – Projeto 3 – Corte – Prumada - Sub-solo 2, Lazer e Pavimento Tipo	44
Figura 21 – Projeto 3 – Corte – Prumada - Pavimento Tipo e Pavimento Penthouses	44
Figura 22 – Projeto 3 – Trajeto prumada de gás GLP - Pavimento Subsolo 2	45
Figura 23 – Projeto 3 – Trajeto ramal de gás GLP - Pavimento Tipo	45
Figura 24 – Projeto 3 – Trajeto ramal de gás GLP – Penthouse (1º e 2º)	46
Figura 25 – Projeto 3 – Trajeto ramal de gás GLP – Penthouse (3º e 4º)	46
Figura 26 – Projeto 3 – Trajeto ramal de gás GLP - Pavimento Lazer	47
Figura 27 – Gráfico comparativo do orçamento – Projeto 1	50
Figura 28 – Gráfico comparativo do orçamento – Projeto 2	51
Figura 29 – Gráfico comparativo do orçamento – Projeto 3	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Especificação Material - Rede de Distribuição de Gás GLP – Projeto 1	39
Tabela 2 – Especificação Material - Rede de Distribuição de Gás GLP – Projeto 2	41
Tabela 3 – Especificação Material - Rede de Distribuição de Gás GLP – Projeto 3	48
Tabela 4 – Orçamento Rede de Distribuição de Gás GLP – Projeto 1	49
Tabela 5 – Orçamento Rede de Distribuição de Gás GLP – Projeto 2	49
Tabela 6 – Orçamento Rede de Distribuição de Gás GLP – Projeto 3	49
Tabela 7 – Orçamento Rede de Distribuição de Gás GLP – Projeto 1	50
Tabela 8 – Orçamento Rede de Distribuição de Gás GLP – Projeto 2	50
Tabela 9 – Orçamento Rede de Distribuição de Gás GLP – Projeto 3	51

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

AL – Alumínio.

ANP – Agência Nacional de Petróleo.

ART – Anotação de Responsabilidade Técnica.

BSP – *British Standard Pipe*: conexões com rosca paralela.

CBMGO – Corpo Militar de Bombeiros Militar do Estado de Goiás.

CDC – Código de Defesa do Consumidor – Lei Federal nº 8.078/1990

DN – Diâmetro Nominal

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ISO – Organização Internacional de Padronização.

GLP – Gás Liquefeito de Petróleo.

GN – Gás Natural.

NBR – Norma brasileira

NPT – *National Pipe Thread*: conexões com rosca cônica em cunhas para conexão fêmea.

PE – Polietileno

PEX – Polietileno reticulado por peróxido

PVC – Cloreto de Polivinila

SEPLAN – Secretaria do Planejamento e Desenvolvimento

SGQ – Sistema de Gestão da Qualidade

UV – Ultravioleta

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
1.1 Justificativa	15
1.2 Objetivo Geral	16
1.3 Objetivo específico	16
1.4 Estrutura do Trabalho	16
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1 O Gás GLP	17
2.2 Normas e Orientações Técnicas	18
2.3 Instalações Prediais	19
2.3.1 Instalações prediais de gás GLP	20
2.3.2 O trajeto da rede de distribuição de gás GLP	21
3. METODOLOGIA	35
3.1 Local de Estudo	35
3.2 Estudo de caso – Obras escolhidas	35
3.3 Orçamento	35
3.6 Considerações sobre cada etapa	36
4. MATERIAIS E MÉTODOS	37
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	49
5.1 Quanto ao material	51
5.2 Quanto à mão de obra	53
6. CONCLUSÃO	54
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55

1. INTRODUÇÃO

A busca por processos construtivos mais eficientes e de menor custo é uma característica fundamental na engenharia. As descobertas de novos equipamentos, materiais e métodos construtivos exigem que as empresas estejam sempre informadas e atualizadas para garantir um serviço duradouro, de excelência e qualidade (MARTINS; RODRIGUES, 2021).

Para alcançar uma posição de destaque e liderança, as empresas adotam estratégias competitivas que melhor se adaptem e as diferenciem das demais. Na construção civil, as empresas enfrentam grandes concorrentes, e em função dessa concorrência, devem equacionar pelo menos duas, mas relevantes exigências dos clientes, que são: maior qualidade estética e funcional, com o menor preço (MATOS, 2011).

No que diz respeito à qualidade do produto, os empreendimentos estão parametrizados pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), por meio da NBR 15575 (ABNT, 2021), que trata sobre “Edificações habitacionais — Desempenho”, e contém os procedimentos para avaliar o desempenho em uso dos sistemas construtivos; já a Lei Federal nº 8.078 (LEI FEDERAL, 1990), dispõe sobre a proteção do consumidor, conhecida como Código de Defesa do Consumidor (CDC), e garante aos consumidores, produtos e serviços, os padrões de qualidade, segurança e durabilidade.

Assim, as construtoras estão norteadas por leis e normativas, que garantam uma satisfação mínima ao consumidor. O domínio do custo de produção é o processo mais eficaz, pelo qual as empresas alcançam seus objetivos, pois a relação entre o custo de um produto e seu processo de produção estão intensamente ligados ao domínio em transformar de forma mais eficaz os seus recursos (MATOS, 2011).

Visando a redução do custo de produção, as empresas têm buscado uma série de ações na implantação de processos, no desenvolvimento de produtos e no uso de insumos (produtos e mão de obra), e focadas também em metas de produtividade, economia e qualidade das instalações prediais, o que impacta consideravelmente no orçamento, execução e manutenção de seus produtos.

O planejamento operacional pode intervir no processo construtivo, dada a importância da produtividade para a programação da obra, e desta para o planejamento dos

serviços, tanto para o controle do custo, quanto para o processo de produção. Quanto menos se tem domínio sobre um serviço, mais se deve analisá-lo. (MATOS, 2011).

Os serviços de instalação de sistemas prediais hidráulicos, sanitários e de gás combustíveis são comumente terceirizados, o que demanda maior atenção e gerenciamento da produtividade, da mão de obra de execução e dos materiais empregados.

1.1 Justificativa

A entrada no mercado nacional de distribuidores de tubulações multicamada para gás, do tipo PEX, sigla em inglês para polietileno reticulado por peróxido, tanto do tipo gás liquefeito de petróleo (GLP) quanto gás natural (GN), tinha como meta o desenvolvimento de uma instalação mais segura, mais rápida e com menor custo, o que motivou diversas construtoras, a partir de 2009, a realizar testes pilotos com esse novo produto.

A tubulação multicamada (PEX) trazia a promessa de qualidade e de desempenho superiores, quando comparada aos materiais de cobre e aço galvanizado utilizados nas instalações de gás GLP. Outras expectativas geradas com esse novo produto eram: a redução no tempo de execução das instalações, aumento da qualidade do produto final, bem como o aumento do tempo de vida útil e a eliminação dos vazamentos dessas instalações. A promessa de redução era de 40% do tempo de instalação do sistema de distribuição de gás, quando comparado ao tubo de cobre, e até 60%, se comparado ao uso da tubulação de aço galvanizado, que eram os dois materiais mais utilizados nas instalações de gás GLP.

A característica principal da tubulação multicamada (PEX) é a capacidade desse material de não oxidação, já que as camadas internas de polietileno reticulado (PEX) e externas de polietileno (PE) protegem a camada de alumínio (PEX-AL-PE), o que garantem maior resistência e durabilidade, além de ser 100% reciclável.

O presente trabalho avalia o impacto no custo das instalações de gás GLP, a partir da comparação quanto ao uso da tubulação multicamada (PEX) com outros materiais historicamente utilizados nessas instalações, aplicados em edifícios residências, permitindo avaliar a economia ao contratante, seja no momento da contratação e/ou execução. Os resultados confirmam a redução dos custos da obra a partir da escolha do tipo de tubulação

da instalação da rede de distribuição de gás GLP, além de contribuir com a importância da elaboração e compatibilização dos projetos na segurança e economia gerada nos processos construtivos.

1.2 Objetivo Geral

Avaliar o custo do uso da tubulação multicamada do tipo PEX na execução da instalação da rede de distribuição de gás GLP.

1.3 Objetivo específico

- Avaliar comparativamente o impacto do custo de instalação da rede de distribuição de gás GLP com o uso da tubulação de multicamada do tipo PEX e as demais opções de tubulação disponível e aprovada pelas normas técnicas (tubo galvanizado e tubo de cobre maleável);
- Avaliar a importância da definição do tipo de material da tubulação no projeto de instalação da rede de distribuição de gás GLP.

1.4 Estrutura do Trabalho

O trabalho aborda uma visão geral do uso do gás GLP, *commodity* de relevante importância para a matriz energética brasileira, no abastecimento de aparelhos em unidades habitacionais residenciais unifamiliar e/ou multifamiliar.

Apresenta a importância das instalações prediais com uma descrição mais detalhada para a rede de distribuição de gás GLP, com base nas previsões das normas e orientações técnicas relacionadas.

A metodologia aborda de forma comparativa a escolha dos diferentes tipos de tubulação de gás GLP que podem ser adotados para a instalação da rede de distribuição.

A escolha do material da tubulação da rede de distribuição influencia o custo de instalação e conseqüentemente do empreendimento como todo, além de resultar em menor ou maior complexidade na execução.

O trabalho é desenvolvido no município de Goiânia, no Estado de Goiás, considerando empreendimentos residenciais.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O trabalho aborda em linhas gerais a importância do uso do gás GLP como fonte energética, os parâmetros de instalação e segurança, os tipos de tubulação mais utilizados no mercado brasileiro e o impacto na escolha do tipo de tubulação.

2.1 O Gás GLP

O gás GLP, abreviação para o gás liquefeito de petróleo, é um dos subprodutos do refino do petróleo e conforme especificado pela Agência Nacional de Petróleo (ANP) pode ser entendido como a mistura de hidrocarbonetos, onde predominam frações de propano e butano (TOMÁZIO, 2006). Em condições atmosféricas, o produto se apresenta sob a forma gasosa, porém, com pequeno nível de pressão se liquefaz, e é relativamente estável, o que facilita sua armazenagem e utilização em diferentes setores (MOURA, 2012).

Uma de suas maiores vantagens é seu elevado poder energético, sendo largamente utilizado na cocção de alimentos e por esse motivo, no Brasil, é conhecido como “gás de cozinha”, sendo comercializado principalmente por meio do botijão de 13kg, também conhecido como P13 (TOMÁZIO, 2006).

O GLP pode ser utilizado em residências, comércios, indústrias, transportes e no agronegócio, em substituição ao carvão vegetal (lenha), querosene e óleo combustível, contribuindo inclusive com a preservação ambiental, por se tratar de um combustível de elevado rendimento energético e combustão eficiente, não produzindo resíduos tóxicos após a queima (MOURA, 2012).

No caso dos condomínios residenciais multifamiliares verticais e horizontais, predomina o abastecimento com o gás GLP feito pela distribuidora na modalidade a granel, sendo o transporte realizado por meio de caminhões próprios, que abastecem as centrais de gás GLP dimensionadas e equipadas nos estabelecimentos. As centrais de gás possuem os tanques das distribuidoras (cilindros), fornecido em forma de comodato, em troca do contrato de fornecimento do produto por período determinado.

O armazenamento do GLP ocorre em uma bateria de cilindros (botijões) de 45kgf (P45) a 90kgf (P90) cada, ou em tanques de capacidade equivalente, para

abastecimento a granel. Os cilindros ou tanques de serviço do edifício são colocados em áreas externas, podendo-se ainda optar por enterrar o tanque, se necessário.

O GLP no recipiente abastecido, no estado líquido e porção gasosa, possui pressões da ordem de 50 a 150 *psi* (35 a 105 mH₂O). Na saída dos recipientes, por meio do “regulador de alta” ou de 1º estágio, ocorre a redução da pressão para 15 *psi* (10 mH₂O) e, posteriormente, pelo “regulador de baixa” ou 2º estágio, a pressão chega a 0,4 *psi* (0,28 mH₂O), que corresponde ao valor indicado para o consumo nos aparelhos residenciais (BORGES; BORGES, 1987).

2.2 Normas e Orientações Técnicas

Até 2020 a norma de referência utilizada era a ISO 17484-1 (ISO, 2014), editada em 2006 e revisada em 2014, com o título “Plastics piping systems — Multilayer pipe systems for indoor gas installations with a maximum operating pressure up to and including 5 bar (500 kPa)”, em tradução literal “Sistemas de tubulação de plástico - Sistemas de tubulação multicamadas para instalações de gás internas com pressão operacional máxima de até 5 bar (500 kPa) inclusive”, de ampla aceitação internacional, que serviu de base para a elaboração do projeto da norma brasileira pelo Comitê de Estudos CB09 (Gases Combustíveis) da ABNT.

A norma NBR 15526 (ABNT, 2012) sobre “Redes de distribuição interna para gases combustíveis em instalações residenciais – projeto e execução” estabelece os requisitos mínimos exigíveis para o projeto e a execução de redes de distribuição interna para gases combustíveis e instalações residenciais que não excedam a pressão de operação de 150 kPa (1,53 kgf/cm²). A NBR 15526 (ABNT, 2012) se aplica tanto ao gás natural (GN) quanto ao gás GLP, em fase vapor e na mistura ar-GLP.

Apesar da norma NBR 15526 (ABNT, 2012) não mencionar ser admitido o uso do tubo multicamada do tipo PEX, objeto do presente estudo, inclui ressalvas em que os materiais, equipamentos e dispositivos não explicitamente citados, poderiam ser adotados, por não possuir a intenção de restringir o desenvolvimento de outros itens ou tecnologias.

Normas em caráter complementar foram editadas pela autoridade competente em função da legislação e necessidades específicas locais. No Estado de Goiás, o Corpo de Bombeiros Militar (CBMGO) editou a Norma Técnica nº 28 (CBMGO, 2014a)

que trata para o gás liquefeito de petróleo (GLP) quanto a “manipulação, utilização e central de GLP” e “área de armazenamento de recipientes transportáveis de GLP destinados ou não à comercialização – critérios de segurança” (CBMGO, 2014b). Já em 2017 publicou a Orientação Técnica nº 01 sobre o “uso dos tubos multicamadas para instalação em redes de distribuição de gás liquefeito de petróleo – GLP”, substituída pela Orientação Técnica nº 03 (CBMGO, 2020).

O uso da tubulação de multicamada do tipo PEX passa a contar com referência técnica normativa a partir da publicação da NBR 16821 (ABNT, 2020), que trata do “sistema de tubulação multicamada para a condução de gases combustíveis”. Apesar disso, a utilização da tubulação multicamada para a rede de distribuição de gás GLP já se encontrava consolidada bem antes da sua promulgação.

A NBR 16821 (ABNT, 2020) é composta por 8 (oito) itens. No item 1 trata dos requisitos gerais do uso desse sistema; no item 2 dos requisitos e métodos de ensaio dos tubos; no item 3, dos requisitos e métodos de ensaio das uniões; no item 4, traz recomendações quanto a conexão mecânica de compressão radial por crimpagem (item observado no presente estudo); os itens 5, 6 e 7 tratam das demais formas de conexões possíveis com o uso deste tipo de tubulação; e, por fim, no item 8, especifica o código de prática de manuseio e montagem.

A utilização desses materiais levou em consideração a existência do histórico de uso pelo mercado consumidor, a avaliação dos materiais nas redes internas de distribuição de gases combustíveis (normalização internacional), conforme previsto no Anexo H da NBR 15526 (ABNT, 2012).

2.3 Instalações Prediais

Os projetos de instalações prediais necessitam ser integrados e compatibilizados com os demais projetos estruturais. Devem ter um nível de detalhamento que garanta a execução na obra sem improvisações, o que contribui para uma solução mais econômica e eficaz. Entretanto, na prática verifica-se um certo desprezo para os projetos de instalações prediais e mais tarde, após a instalação na obra, vários problemas poderão surgir (BORGES; BORGES, 1987).

2.3.1 Instalações prediais de gás GLP

A instalação de gás GLP pode ser individual, onde cada domicílio possui seu reservatório próprio (botijão), ou por distribuição central, com um medidor de consumo para cada domicílio. Em residências, até as mais simples, o recipiente de GLP (botijão) deve ficar localizado na área externa, reservada, sendo o gás conduzido até os pontos de consumo por meio de canalizações destinadas exclusivamente para esse fim, às quais denominamos de instalações prediais de gás ou de GLP.

Com a grande demanda de energia elétrica no país, sugere-se ainda que o GLP seja considerado como uma alternativa da matriz energética e, assim, os projetos de gás devem prever pontos de alimentação de combustível também para o aquecimento de água.

Os diâmetros mínimos das instalações de gás, quando exposta, é de 9,5mm ou 3/8"; para tubulações embutidas é de 15mm ou 1/2" e o barrilete tem diâmetro mínimo de 20mm ou 3/4". A vazão ou descarga é calculada pela fórmula de Pole ($Q=1,49\sqrt{D^5}/L$), onde Q é a vazão em m³/h; D o diâmetro em centímetros (no caso do ferro galvanizado e tubo multicamada PEX é o diâmetro interno, para o cobre o diâmetro externo) e o L o comprimento do tubo, em metros. O consumo nos pontos de utilização aproxima-se dos valores de 30-45 kcal/min para queimadores de forno e fogões e 200 kcal/min para aquecedores de água (BORGES; BORGES, 1987).

Os materiais, equipamentos e dispositivos utilizados na rede de distribuição interna devem possuir resistência físico-química adequada à sua aplicação e compatível com o gás utilizado, bem como resistente ou estar adequadamente protegidos contra agressões do meio.

A pressão máxima da rede de distribuição interna deve ser de até 150 kPa, levando-se em consideração na definição dessa pressão as condições climáticas e limitações operacionais. A pressão da rede de distribuição dentro das unidades habitacionais deve ser limitada a 7,5 kPa. O dimensionamento da tubulação deve atender à máxima vazão necessária para suprir os aparelhos de gás, considerando a pressão adequada para sua operação.

O traçado da rede deve considerar que a tubulação seja instalada em locais nos quais, caso venha ocorrer vazamento de gás, não haja possibilidade, em hipótese alguma, de acúmulo ou concentração.

Assim a tubulação da rede de distribuição pode ser classificada conforme sua instalação, em: aparente, embutida em paredes ou muros ou enterrada.

As tubulações das redes de distribuição e abastecimento de gás GLP devem atender à algumas recomendações, sendo proibida sua instalação em: dutos em atividade (ar condicionado, exaustão, chaminés, etc.), cisterna e reservatório de água, compartimentos de equipamentos ou dispositivos elétricos (painéis elétricos, subestação) e também em depósitos de combustível inflamável.

É vedado a execução de redes de distribuição de gás GLP embutidas em elementos estruturais (lajes, pilares, vigas), espaços fechados que possibilitem o acúmulo de gás (eventuais vazamentos), além de poço de elevador e/ou vazio de piso elevado (caixão perdido).

2.3.2 O trajeto da rede de distribuição de gás GLP

A partir da central de gás ou do barrilete partem uma ou mais tubulações gerais, que podem abastecer diretamente os pontos de consumos, ou se ramificar em cada pavimento para o abastecimento de cada unidade habitacional (os apartamentos).

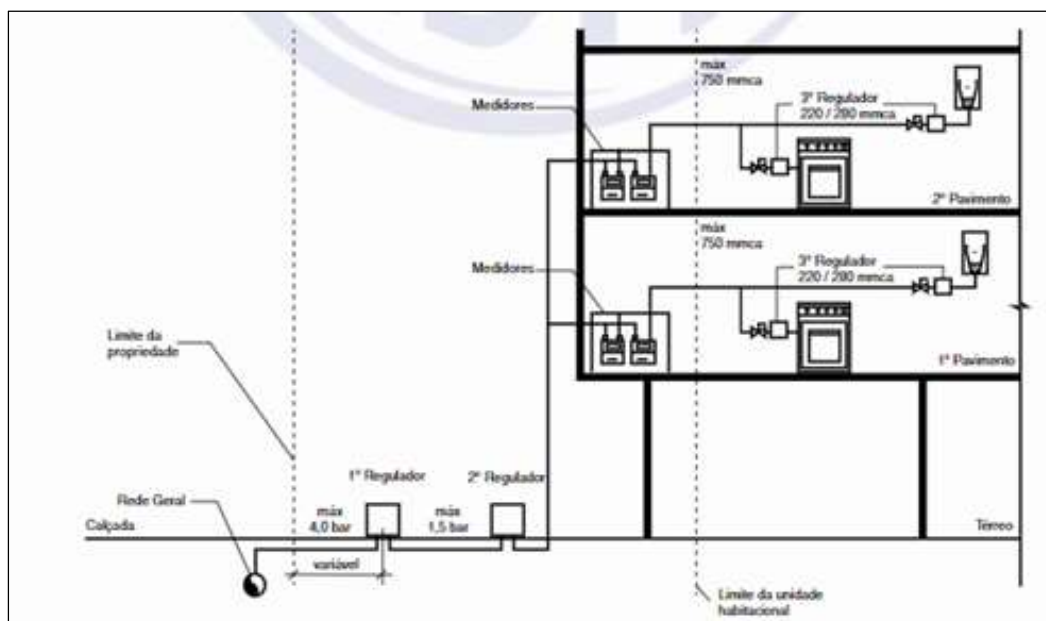
Os medidores são comumente instalados nos pavimentos onde se encontram os pontos de consumo (os apartamentos) e em local de fácil acesso para medição desse consumo e/ou interrupção do fornecimento quando necessário (tanto em caso de falta de pagamento da unidade consumidora, como nos casos de manutenção e/ou emergência).

O traçado da rede de distribuição inicia-se na válvula de corte da central de gás, de onde partem os ramais externos, geralmente aéreos (quando o trajeto passa pelo subsolo) ou enterrados (com a devida proteção), em trajeto horizontal até o barrilete ou *shaft*.

Os tipos mais comuns de distribuição da rede estão representados nas Figuras 1 e 2, sendo que o tipo de rede de distribuição considerados no presente trabalho é o “Tipo 3” (que compõem os tipos de rede da figura 2). Os tipos de redes de gás GLP para o abastecimento das edificações, caracterizadas nas Figuras 1 e 2, constam no Anexo A, da NBR 15526 (ABNT, 2012), que contém os “Exemplos de rede de distribuição interna”.

As Figuras 3 e 4 apresentam os afastamentos mínimos na instalação aparente de tubulação de gás GLP e os afastamentos gerais na instalação de tubulação de gás GLP, respectivamente.

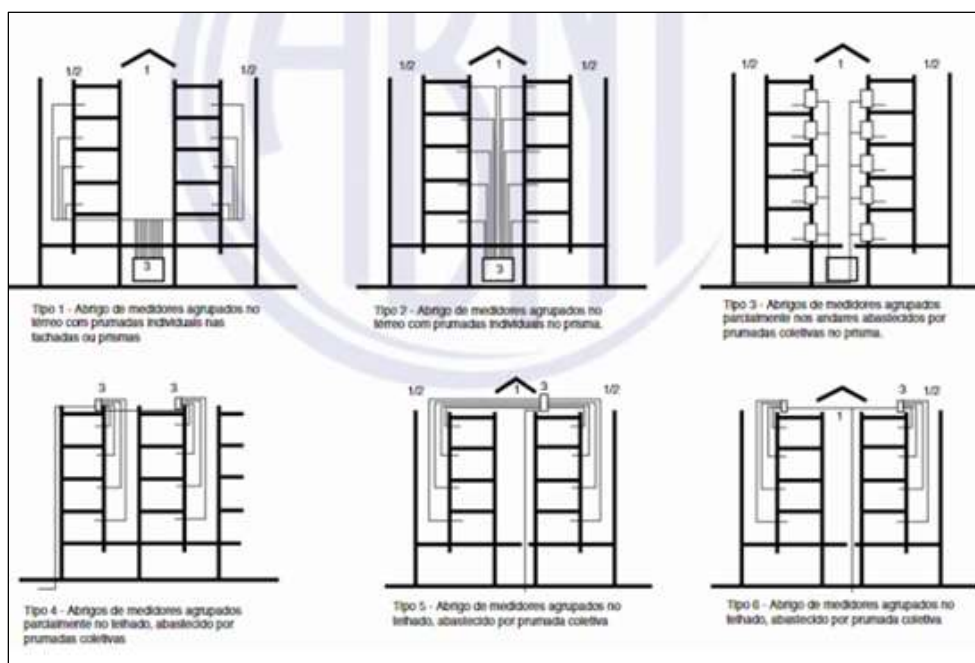
Figura 1 – Exemplos de rede de distribuição interna



Fonte: ABNT, NBR 15526:2012

Disponível em: <https://www.abntcolegao.com.br>

Figura 2 - Exemplos de rede de distribuição interna



Fonte: ABNT, NBR 15526:2012

Disponível em: <https://www.abntcolegao.com.br>

Figura 3 – Afastamento mínimos na instalação aparente de tubulação de gás GLP

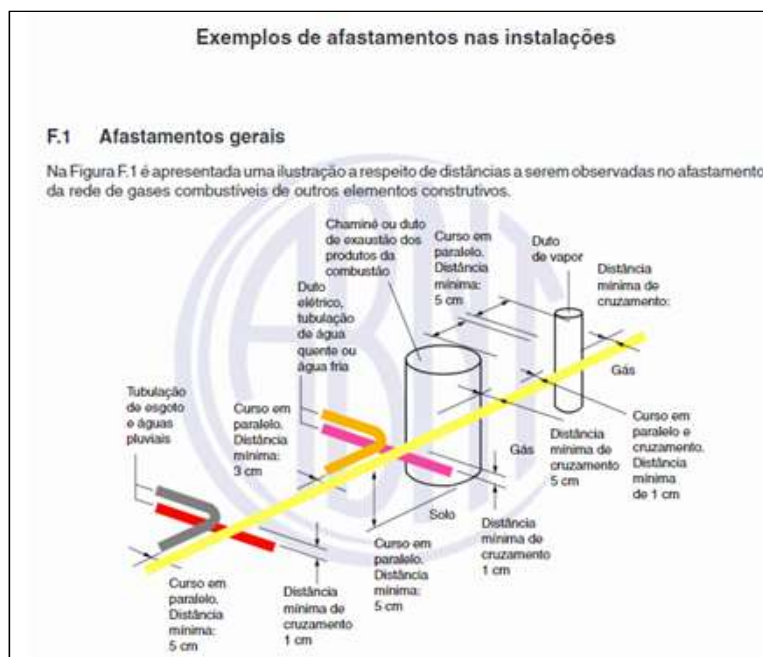
Tabela 1 – Afastamento mínimo na instalação de tubos		
Tipo	Redes em paralelo ^b mm	Cruzamento de redes ^b mm
Sistemas elétricos de potência em baixa tensão isolados em eletrodutos não metálicos ^a	30	10 (com material isolante aplicado na tubulação de gás)
Sistemas elétricos de potência em baixa tensão isolados em eletrodutos metálicos ou sem eletrodutos ^a	50	^c
Tubulação de água quente e fria	30	10
Tubulação de vapor	50	10
Chaminés (duto e terminal)	50	50
Tubulação de gás	10	10
Outras tubulações (águas pluviais, esgoto)	50	10

^a cabos telefônicos, de tv e de telecontrole não são considerados sistemas de potência.
^b considerar um afastamento suficiente para permitir a manutenção.
^c Nestes casos a instalação elétrica deve ser protegida por eletroduto numa distância de 50 mm para cada lado e atender à recomendação para sistemas elétricos de potência em eletrodutos em cruzamento.

Fonte: ABNT, NBR 15526:2012

Disponível em: <https://www.abntcolegao.com.br>

Figura 4 – Afastamento gerais na instalação de tubulação de gás GLP



Fonte: ABNT, NBR 15526:2012

Disponível em: <https://www.abntcolegao.com.br>

No traçado da rede de distribuição entre a central de gás e o *shaft* diversos trajetos são possíveis. Por ser comum a proximidade com outras instalações, como calhas de

tubulações elétricas, rede de esgoto, água e outros, a atenção aos afastamentos mínimos é imprescindível para garantir a segurança das instalações.

É comum ainda o uso de fitas de proteção em material PVC (Cloro de Polivinila), sendo a tubulação de aço galvanizado, quando enterrada, envelopada previamente em toda sua extensão e, após, protegida com cobrimento de concreto. A proteção pode ser ainda de revestimento asfáltico, pintura epóxi ou por meio de proteção catódica à rede, o que aumenta o custo de instalação no caso do tubo galvanizado. Essa exigência é minimizada no caso do tubo multicamada PEX, por meio da camada de polietileno externo já existente.

No caso de instalação em empreendimentos residências de multipavimento, ao chegar no *shaft* central, destinado exclusivamente a instalação da prumada da rede de distribuição de gás, o caminhamento agora passa a ser verticalizado, alcançando todos os pavimentos que possuirão pontos de consumo.

A tubulação interna embutida pode atravessar elementos estruturais, como lajes, paredes e vigas, seja transversal ou longitudinalmente, desde que não exista contato entre a tubulação embutida e estes elementos, evitando-se tensões inerentes à estrutura sobre a tubulação. No sentido vertical, a prumada alcança os andares a serem abastecidos, por meio do acesso aos abrigos dos medidores.

No abrigo, além dos medidores de consumo (figura 5), devem ser instalados os reguladores de pressão de 2º estágio (figura 6), responsáveis por reduzir a pressão para 0,4 *psi* (0,28 mH₂O ou 280 mm de coluna d'água).

Ainda no abrigo, após passar pelo medidor e regulador, é obrigatória a presença do registro ou válvula de bloqueio manual, que permita a interrupção do suprimento de gás, seja para manutenção dos equipamentos ou em caso de emergência, para cada unidade habitacional.

As tubulações, equipamentos de medição e reguladores de pressão são interligados entre si por meio de tubos flexíveis, como o tubo de cobre ou o próprio tubo multicamada PEX, ou por meio de elementos rígidos, como o tubo de cobre soldável, de aço galvanizado e conexões.

Nas Figuras 7 e 8 estão ilustrados alguns exemplos de centrais de medição de gás GLP, utilizando-se “Tubos e conexões em aço carbono galvanizado” e “Tubo multicamada PEX, cobre flexível e conexões”, respectivamente.

Figura 5 – Medidores de gás GLP volumétrico – Marca: LAO



Fonte: LAO Indústria, 2022.

Disponível em: <http://laointustria.com.br/produtos/medidores-de-gas/>

Figura 6 – Regulador de pressão de 2º estágio com válvula de bloqueio e válvula de alívio de pressão



Fonte: ALIANÇA METALÚRGICA, 2022.

Disponível em: <https://aliancametalurgica.com.br/grupo-produtos.aspx?post=2>

Figura 7 – Central de medição de gás – Tubos e conexões em aço carbono galvanizado



Fonte: ARCH Daily, 2020.

Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/922048/instalacoes-de-gas-conceitos-basicos-para-arquitetura>

Figura 8 – Central de medição de gás – Tubo multicamada PEX, cobre flexível e conexões



Fonte: EMMETI, 2022.

Disponível em: <https://www.emmeti.com.br/conexao-multicamada-gas>

A partir do abrigo partem as tubulações que alimentam, individualmente, cada unidade habitacional, com trajeto no sentido horizontal, preferencialmente pelo piso do pavimento até o ponto de consumo dentro do imóvel. Os ramais de distribuição possuem o traçado no sentido vertical ao sair do abrigo e para alcançar a altura do ponto de consumo na unidade habitacional, sendo admitidas curvas de acordo com o material utilizado, com restrições na angulação, o que pode ser favorecido com o uso da conexão adequada.

Desta forma, temos a descrição do traçado, desde o cilindro instalado na central de gás GLP até o ponto de consumo da unidade habitacional.

2.4 Tubulações para uso em instalações de gás GLP

As instalações prediais de gás GLP podem ser realizadas utilizando diversos tipos de materiais. A escolha pode ter influências regionais de uso, estar relacionada a questões técnicas, econômicas e operacionais. Nos casos em que há projeto para as instalações de gás GLP, o tipo de material já consta definido e especificado no memorial descritivo e no projeto.

A escolha do tipo de material a ser utilizado na maioria das vezes fica a critério do empreendedor contratante, que possui práticas construtivas desenvolvidas ao longo do tempo, que se adaptam a determinado material. Em alguns casos a escolha é sugerida pela parte contratada executora da instalação, em função do maior domínio de determinada técnica relacionada ao material a ser instalado.

O traçado da rede de distribuição interna deve considerar o tipo de tubulação que será utilizado, pois a escolha em alguns casos impactará no trajeto da rede, bem como nas conexões que serão utilizadas para interligação dos trechos e pontos de consumo. A escolha tem repercussão nas tecnologias construtivas adotadas pelo empreendedor (altura do revestimento, cortes nas paredes e piso para embutir a tubulação e conexões, dentre outros) e no cronograma de instalação, antes ou após a concretagem de estruturas.

A depender do material que constitui a tubulação escolhida, o traçado deverá ser exclusivamente interno, enterrado ou ainda exigir o uso de algum tipo de proteção adicional (mecânica, contra corrosão, raios ultravioletas, contra intempéries do ambiente, dentre outras).

2.4.1 O tubo multicamada PEX

O polietileno reticulado (PEX) é um tipo de tubulação constituído de polímero flexível projetado para resistir a altas temperaturas. A sua tecnologia, desenvolvida na Europa na década de 70, chegou à América do Norte na década de 80 para aquecimento de pisos e logo depois foi aprovada para utilização em sistemas de abastecimento de água quente (MARTINS; RODRIGUES, 2021).

De acordo com Amanco (2021 *apud* MARTINS; RODRIGUES, 2021), o PEX é um polímero que sofre em sua produção um processo físico-químico deixando de ser um material termoplástico e se transformando em um termofixo (ou termorrígido) e com essa tecnologia, adquire uma resistência maior à pressão e temperatura, sendo uma das ramificações do polietileno de alta densidade, e devido suas fibras estarem concentradas em forma de rede, sua resistência mecânica e à temperatura se torna elevada.

O tubo PEX pode ser encontrado de dois tipos no mercado nacional, monocamada ou multicamada. Esse último tem a capacidade de transportar além da água quente e fria, o GN e GLP, graças a uma camada de alumínio no interior do tubo, que auxilia no ganho de resistência, tornando todo o sistema estanque, não permitindo que o gás permeie as paredes da tubulação. Essa camada resulta em uma baixa rugosidade e consequentemente baixa perda de carga ao longo da linha (MARTINS; RODRIGUES, 2021). Devido às camadas intercaladas, possui ainda o benefício de boa resistência térmica, química, à corrosão, ao envelhecimento e a intemperismos (AMANCO, 2015).

Figura 9 – PEX multicamada - Constituição das Multicamadas – Manual Técnico AMANCO

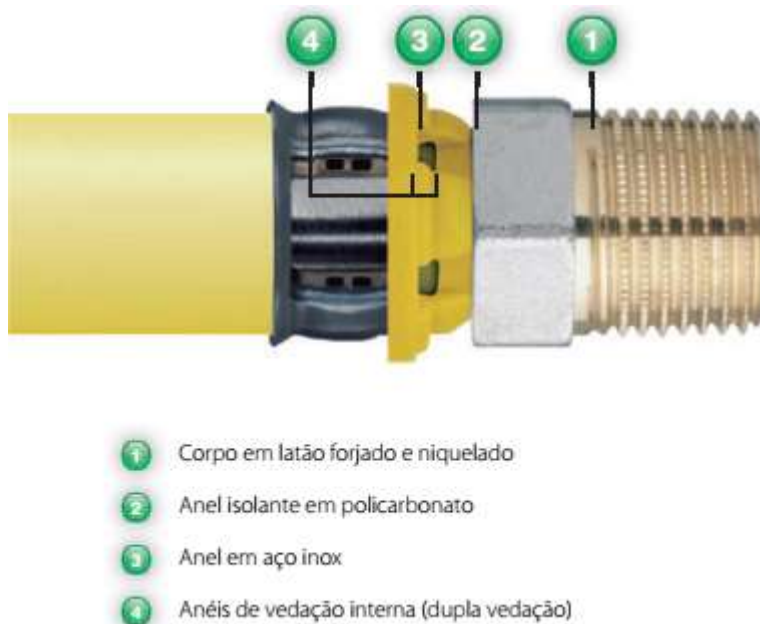


Fonte: AMANCO, 2015.

Disponível em: www.amanco.com.br

O tubo multicamada PEX pode ser encontrado no mercado nacional nas bitolas de diâmetro nominal (DN) de 16mm, 20mm, 25mm e 32mm e em bobinas de comprimento comercial de 50m e 100m, o que facilita o transporte e estoque em obras. As conexões são fabricadas em latão e a junta mecânica por prensagem ou crimpagem que completam a segurança do sistema (AMANCO, 2015).

Figura 10 – Conexões PEX multicamada - Constituição – Manual Técnico



Fonte: AMANCO, 2015.

Disponível em: www.amanco.com.br

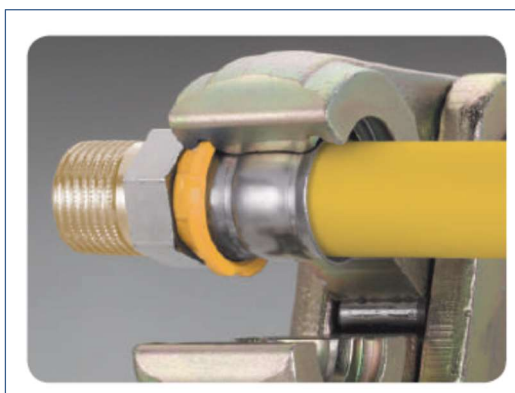
Uma das características desse sistema de instalação predial é o chamado processo ponto a ponto, em que a partir do abrigo do cilindro de gás GLP ou do medidor a tubulação multicamada PEX, individual para cada unidade consumidora, seja instalada até o ponto de consumo, sem a necessidade de uso de qualquer conexão.

Ainda dentre as vantagens de utilização, podemos destacar as facilidades promovidas devido à maleabilidade da tubulação, não havendo necessidade de grande número de operadores, conexões ou desperdícios de materiais, proporcionando diminuição no tempo de instalação e redução do custo de mão de obra requerida. A tubulação multicamada PEX se caracteriza por ser leve e de fácil manuseio.

Entretanto, a mão de obra deve possuir treinamento específico, principalmente para evitar cortes e recortes, perdas de conexões ou de trechos da tubulação. São requeridas ainda ferramentas adequadas e específicas, sendo exclusivo o uso para cada marca de tubo e conexão, não podendo ser adotadas marcas diferentes.

As tubulações, após as medições dos trechos do traçado, podem ser cortadas com alicate de corte ou tesoura corta-tubo. Na ponta realiza-se a calibração da extremidade cortada ou o seu escareamento (processo de usinagem destinado à criação de um alargamento cônico em um objeto já cilíndrico), etapa essa fundamental para determinação correta do tubo interno e da criação do chanfro para a inserção das conexões. Essas por sua vez passam por um processo de crimpagem ou “grampeamento”, por meio do uso do alicate crimpador manual (crimpagem ou prensagem).

Figura 11 – Crimpagem da conexão no tubo PEX multicamada - Manual Técnico



Fonte: AMANCO, 2015.

Disponível em: www.amanco.com.br

O PEX é visto como um produto inovador na indústria da construção civil, podendo dinamizar inúmeros processos, principalmente devido ao sistema ponto a ponto. A acomodação dos tubos em lajes ou passagem destes pela laje, por meio de passantes, torna desnecessários em alguns casos os cortes muito profundos, diminuindo entulhos e o enfraquecimento de elementos da estrutura.

É possível fazer curvas a frio que tenham raio de seis a oito vezes o diâmetro do tubo, e a quente por volta de duas vezes e meia. O tubo quando aquecido à temperatura de amolecimento, retorna a forma original, o chamado de memória térmica.

Por apresentar uma baixa condutividade térmica, há pouca dissipação de calor e o sistema se mantém isolado. Tem a capacidade de absorver oscilações sem apresentar ruptura, pois ficam soltos dentro de *shafts* e possui isolamento elétrico, devido a sua composição química. Há ainda facilidade de remoção e manutenção do material, quando a instalação está protegida por *shafts*.

Mesmo diante de inúmeras vantagens, algumas precauções são importantes. O tubo deve ser armazenado em sua embalagem original até a utilização, ser protegido da exposição direta aos raios ultravioletas (UV) e intemperismos durante o transporte, armazenamento e instalação. Não deve ser armazenado diretamente no solo, sobre terrenos ásperos, com superfícies cortantes ou que possam causar danos na tubulação. Em hipótese alguma deverá ser instalado se amassado. (AMANCO, 2015)

A Orientação Técnica nº 03 (CBMGO, 2020) admite o uso de sistemas de tubulação multicamada nas instalações de GLP desde que o sistema projetado para aplicações externas às edificações, sujeitos às intempéries, possua proteção específica contra raios ultravioletas (UV).

2.4.2 O tubo de cobre maleável

Na construção civil, o cobre é usado na fabricação de aparelhos de ar condicionado, rede hidráulica e de gás, com tubulações e conexões, sistemas de aquecimento solar, válvulas, condensadores, evaporadores, compressores, refrigeradores, freezers, trocadores de calor, bombas, caldeiras, fornos e aquecedores, etc. (BRANDÃO, 2010).

O prestígio do encanamento de cobre é devido a várias instalações funcionarem sem problemas durante anos em todo o mundo, demonstrando assim suas

vantagens, como diversidade, flexibilidade, por ser um tipo de tubo totalmente modelável, permitir uniões, dobras, ajuste a qualquer contorno ou ângulo e fácil instalação; durabilidade, uma vez que o cobre não sofre corrosão com a água ou o ar; apresenta facilidade de transporte, por ser leve, e corrosão quase nula, já que é resistente a qualquer tipo de produto químico. Mostra-se como um produto sustentável por ser 100% reciclável.

O cobre pode ser unido com conexões capilares que permitem poupar material e produzir uniões lisas, limpas, fortes e livres de vazamentos. Possuem o comportamento antichama, não queimam nem espalham a chama, além de não produzirem gases tóxicos. Portanto, não propagam o fogo e não produzem compostos orgânicos voláteis na instalação. (BRANDÃO, 2010).

A NBR 15526 (ABNT, 2012) admite o uso de tubulações de cobre no sistema de instalações prediais para o gás GLP, do tipo flexível, sem costura, classes 2 e 3. Seu uso é comum tanto para a instalação da rede secundária, entre abrigo e ponto de consumo, como no abrigo interligando o medidor e regulador de segundo estágio às redes primárias e secundárias.

Figura 12 – Abrigo – Tubo multicamada PEX, tubo de cobre flexível e Conexões Aço Carbono



Fonte: Acervo do autor

2.4.3 O tubo de aço-carbono

Os tubos de aço-carbono possuem na sua composição apenas quantidades limitadas dos elementos Carbono, Silício, Manganês, Cobre, Enxofre e Fósforo. Outros elementos existem apenas em quantidades residuais. Seu processo de fabricação é feito a

partir de chapas de aço ou lingotes de aço. Os tubos soldados constituem os chamados tubos com costura, os fabricados por extrusão ou perfuração, os sem costura. Apresentam compatibilidade com outros materiais, grande flexibilidade de dimensionamento, total estanqueidade e elevada resistência a impactos ou sobrepressões. (BRANDÃO, 2010).

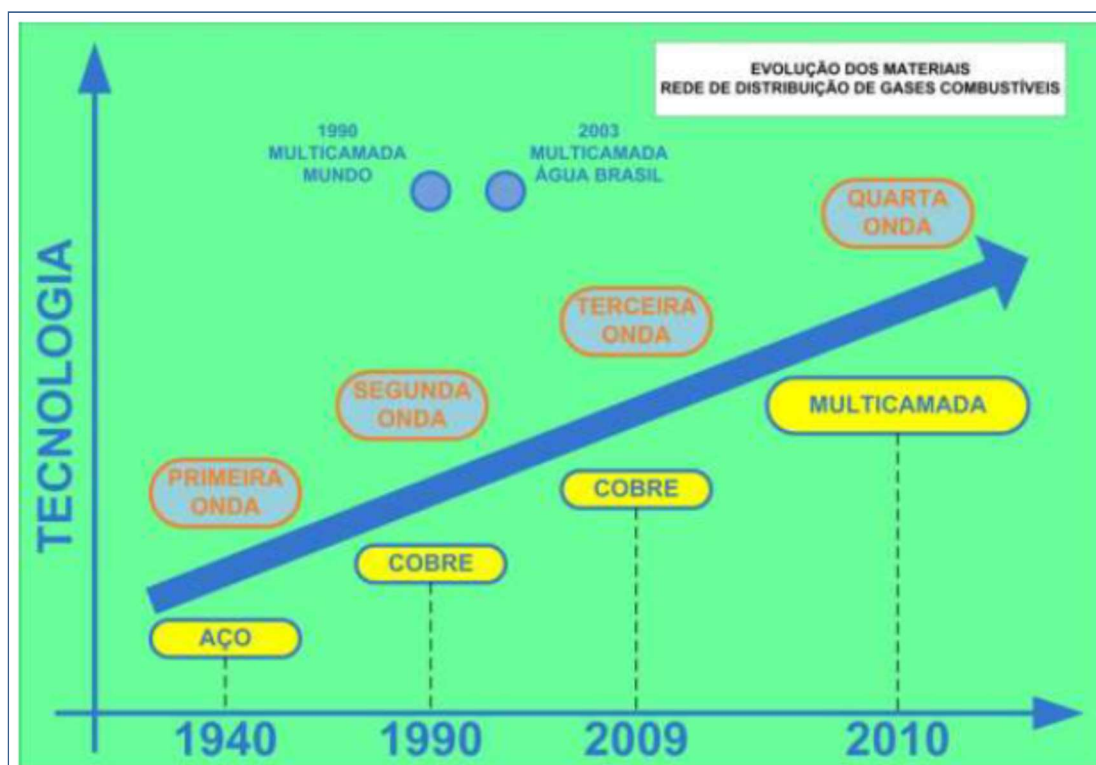
A NBR 15526 (ABNT, 2012) admite para a execução da rede de distribuição interna o tubo de condução de aço-carbono, com ou sem costura.

2.4.4 A escolha da tubulação para instalação de gás GLP

Os três materiais em destaque mencionados são os que possuem o uso mais comum nas instalações prediais de rede de distribuição de gás GLP.

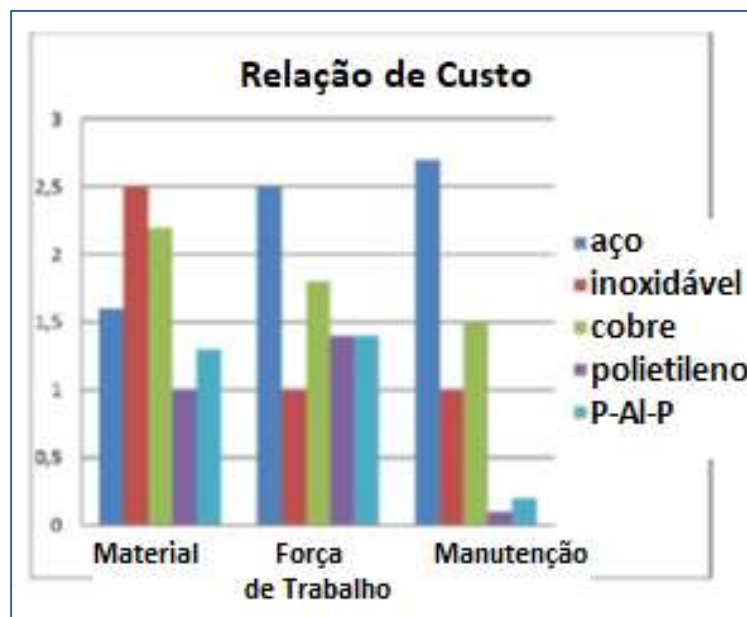
À medida que novas tecnologias foram surgindo, houve a substituição gradual. Alguns fatores foram determinantes, como o custo de mão de obra, de aquisição e estocagem do produto, qualidade e rapidez de instalação, facilidade e economia com substituição e manutenções, qualidade e estanqueidade das instalações.

Figura 13 – Evolução uso dos materiais na instalação predial de gás GLP



Fonte: BRATFISCH; COLLELA, 2012.

Figura 14 – Relação custos por tubulação para serviços de instalação de gás GLP



Fonte: VENEGAS *et al.*, 2017. (modificada pelo autor)

Disponível em <http://doi.org/10.17163/ings.n19.2018.05>

Para facilitar a inspeção, manutenção e reparo em caso de vazamentos, recomenda-se que as tubulações que conduzem o GLP sejam instaladas à vista de todos. No entanto, na maioria das vezes os usuários preferem sua instalação embutida, por questões estéticas (VENEGAS *et al.*, 2017).

Além disso, a depender do trajeto feito pela tubulação, entre o ponto de alimentação com o GLP e o de consumo, é imprescindível a proteção mecânica e química desta tubulação e consequentemente do gás que ela conduz. Portanto, a garantia de integridade neste trajeto é crucial.

Entre outros aspectos fundamentais está o custo de instalação, que depende diretamente dos preços dos materiais, compatibilidade de acessórios e facilidade de aquisição dos materiais, além da disponibilidade e do custo da mão de obra apta a realizar as montagens e instalações, do custo de manutenção preventiva e/ou corretiva.

Geralmente os tubos que são instalados visivelmente, exigirão maior manutenção, enquanto aqueles que são instalados embutidos quase não requerem (VENEGAS *et al.*, 2017). Entretanto, a atuação de outros prestadores de serviços durante ou após a instalação da tubulação e até mesmo pelos usuários, após a entrega dos serviços, aumenta consideravelmente os riscos de danos às tubulações embutidas.

Os resultados dos custos apresentados na Figura 14, obtidos por VENEGAS *et al.* (2017), podem ser interpretados da seguinte forma:

Quanto ao material escolhido, o tubo de polietileno tem o valor correspondente a 1; o tubo P-Al-P é 1,3 vezes mais caro; o de aço é 1,6 vezes mais caro; o de cobre é 2,2 vezes; e, por fim, o aço inoxidável é 2,5 vezes mais caro.

Quanto a força de trabalho, o mais barato foi o tubo de aço inox, cujo o método exige apenas o encaixe de uniões por pressão e o uso de abraçadeiras. Em seguida o uso do tubo de polietileno e do P-Al-P com 1,4 vezes. Os tubos de cobre seguem com um valor de 1,8 vezes, e, por fim, o maior custo de mão de obra (2,5 vezes) corresponde ao tubo de aço, cuja instalação requer instaladores com grande habilidade, experiência qualificada e certificada.

Já com relação a manutenção, o menor valor unitário foi do tubo de aço inoxidável, que pode ser instalada sem cobrimento, o que exige, a depender do local, uma manutenção mínima, pois não corrói e é esteticamente agradável aos olhos. Em seguida, o cobre, com 1,5 vezes, que exige maior cuidado e proteção para seções à vista de todos. Por fim, o tubo de aço carbono fica em 2,7 vezes, já que sua manutenção requer repintura futura de seções que foram instalados em atmosferas altamente corrosivas ou mesmo repintura total.

Outros fatores indiretos devem ser considerados pelo usuário ou empreendedor contratante no momento da definição da tubulação.

Há locais que exigirá da tubulação maior resistência mecânica, como fator de proteção a mordida de roedores e outros animais, amassamentos por compressão ou fluxo de pessoas e veículos, etc.; resistência a intempéries, quando instalados expostos a atmosfera ou até mesmo embutidos, quando estão sujeitos a ação do solo e produtos de limpeza corrosivos, que exigirão custos maiores com pintura e proteção; e do ponto de visto estético, em que algumas tubulações possuem uma avaliação e aceitação maior.

Deve-se considerar ainda a disponibilidade de todos os materiais e acessórios, quando necessário, de pessoal qualificado e em quantidade suficiente para a instalação na região da realização do empreendimento.

Além disso, cada projeto tem um tempo de execução diferente, o que faz a depreciação das máquinas e ferramentas difíceis de determinar (VENEGAS *et al.*, 2017).

3 METODOLOGIA

3.1 Local de Estudo

O presente trabalho foi conduzido no município de Goiânia, capital do Estado de Goiás, na Região Centro-Oeste do Brasil.

De acordo com as estimativas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2021) é a sexta maior cidade do Brasil em tamanho e o décimo município mais populoso, em estimativa realizada em 2020.

3.2 Estudo de caso – Obras escolhidas

As obras escolhidas para a análise comparativa dos orçamentos da instalação da rede de distribuição de gás GLP são: 1 (uma) unidade habitacional residencial uni familiar, 1 (uma) unidade habitacional residencial multifamiliar de pequeno porte e 1 (uma) unidade habitacional residencial multifamiliar de grande porte.

Nas unidades multifamiliares, cada apartamento que compõe o pavimento tem no máximo 1 (um) ponto de consumo.

A rede a ser instalada é composta pelo traçado entre a central de gás GLP e o ponto de consumo, compreendendo a prumada de alimentação e os ramais de distribuição, contendo a tubulação, conexões e mão de obra de instalação.

Os itens relacionados à central de gás GLP e centrais de medição de consumo individual (medidores de gás GLP) não são abordados no estudo.

3.3 Orçamento

Os orçamentos dos empreendimentos foram solicitados e apresentados pela empresa colaboradora no mês de novembro de 2022.

Esses orçamentos contém o custo da instalação para a tubulação da rede de distribuição de gás GLP com os 3 (três) tipos diferentes de tubulação – tubo de cobre flexível, tubo de aço galvanizado e tubo multicamada de polietileno reticulado (PEX) – dos empreendimentos selecionados e serão comparados entre si, considerando o material e mão de obra.

Os empreendimentos foram selecionados de forma aleatória pela empresa colaboradora, em sua base de dados histórica, em atenção aos seguintes critérios:

- Exclusivamente empreendimentos residenciais;
- Pontos de consumo de gás GLP de baixa pressão (até 280mmCa) destinados exclusivamente ao abastecimento de fogões e fornos residenciais;
- Exclusão de empreendimentos que possuam previsão de pontos de consumo para aquecedores de água, de qualquer tipo (por acumulação ou de passagem), devido sua influência nas especificações da tubulação (diâmetros) e exigirem, em alguns casos, que a rede seja mista (mais de um tipo de material adotado na mesma rede de distribuição);
- Serão selecionados o total de 3 (três) empreendimentos, sendo 1 (um) com apenas 1 (um) pavimento ou pavimento térreo, 1 (um) com até 5 (cinco) pavimentos tipo e 1 (um) com mais de 10 (dez) pavimentos tipo, visando avaliar se a extensão e tipo de empreendimento influenciam na análise comparativa do custo de instalação da rede de distribuição de gás GLP;
- A elaboração dos orçamentos para cada tipo de tubulação (aço galvanizado, cobre flexível e multicamada PEX) com base nos projetos, as compatibilizações e adequações, a depender do material especificado e o traçado, são de responsabilidade da empresa colaboradora;

3.6 Considerações sobre cada etapa

Para todas as etapas os orçamentos serão fornecidos em valores da moeda nacional corrente (Real – R\$), calculados e fornecidos pela empresa colaboradora.

A empresa colaboradora foi selecionada considerando o seu reconhecimento técnico e comercial local.

Empresas que possuem atuação no mercado há menos de 5 (cinco) anos não foram consideradas como opção na escolha, pois possuem baixa expertise e vantagens e desvantagens competitivas. Por estarem a pouco tempo inseridas no mercado, poderiam ter o custo de mão de obra menor, pois possuem equipes reduzidas, e o custo de aquisição do material maior, por realizar compras menores em seu histórico, o que acarreta menor

poder de negociação junto a fornecedores. Esses fatores poderiam influenciar nos orçamentos solicitados.

Os projetos das redes de distribuição de gás GLP dos empreendimentos selecionados foram elaborados e fornecidos pelo empreendedor contratante da empresa colaboradora à época, portanto, a identificação de ambos será omitida e preservada.

Caso o projeto já contenha a especificação do tipo de tubulação a ser utilizada na instalação de gás GLP, o orçamento com as outras opções de materiais (aço galvanizado, cobre flexível ou tubo multicamada PEX) foi fornecido pela empresa colaboradora garantindo a funcionalidade, segurança e operação do sistema.

Para o traçado da rede de distribuição de gás GLP, quando ausente nos projetos, foi requerido à empresa colaboradora que fosse considerado o de menor trajeto, com menor quantidade de conexões (curvas) e a compatibilização com as demais instalações, bem como o atendimento aos requisitos de segurança.

Não foram considerados no orçamento qualquer outro tipo de material, peça ou equipamento, além dos que forem estritamente necessários para a instalação da rede de distribuição de gás GLP.

Assim, não serão considerados, por exemplo, fitas de fixação de tubulação para o trajeto aéreo ou vertical.

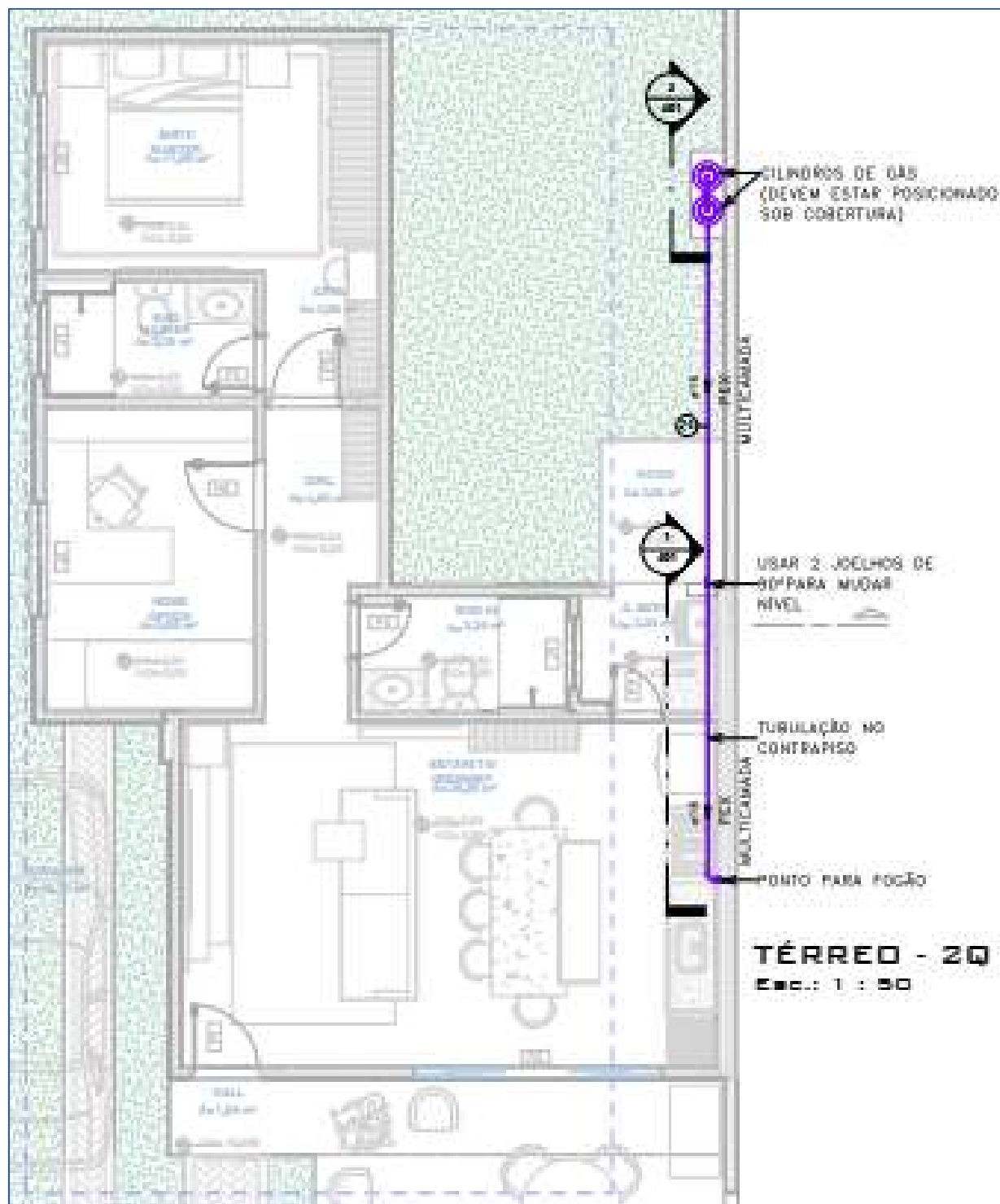
4 MATERIAIS E MÉTODOS

A empresa colaboradora forneceu o orçamento de 3 (três) projetos de empreendimentos residenciais com base nos critérios informados no item 3.3. Dentre os empreendimentos escolhidos, o primeiro é 1 (uma) unidade habitacional residencial unifamiliar (Projeto 1), com pavimento térreo.

O traçado é reproduzido abaixo e está representado na Figura 15, que especifica o “Projeto da Rede de Distribuição de Gás GLP – Projeto 1 – Planta Baixa”.

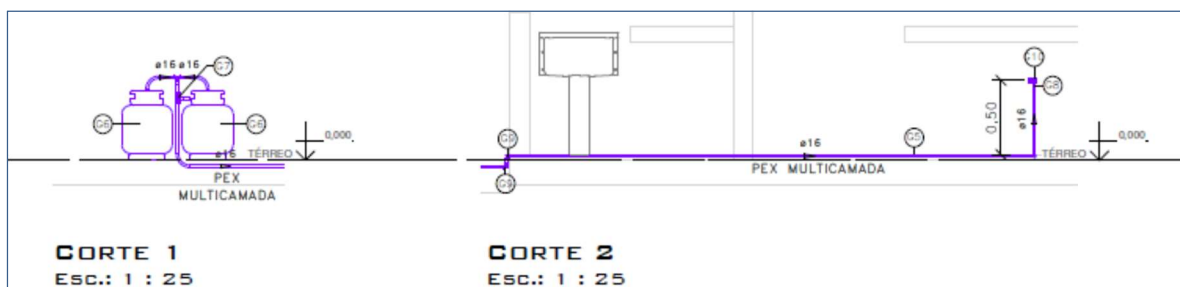
Neste caso o projeto já prevê o uso do tubo multicamada PEX, com 16mm de diâmetro ($\varnothing$), para atender 1 (um) ponto de consumo do aparelho de gás para cocção de alimentos de baixa pressão – limitado a potência nominal de 216 kcal/min (figura 16).

Figura 15 – Projeto da Rede de Distribuição de Gás GLP – Projeto 1 – Planta Baixa



Fonte: Acervo histórico da empresa colaboradora

Figura 16 – Projeto da Rede de Distribuição de Gás GLP – Projeto 1 - Corte 1 e 2



Fonte: Acervo histórico da empresa colaboradora

O trajeto previsto, a partir da central de gás GLP, é praticamente retilíneo. As dimensões da tubulação e quantidade das conexões utilizadas são especificadas na Tabela 1:

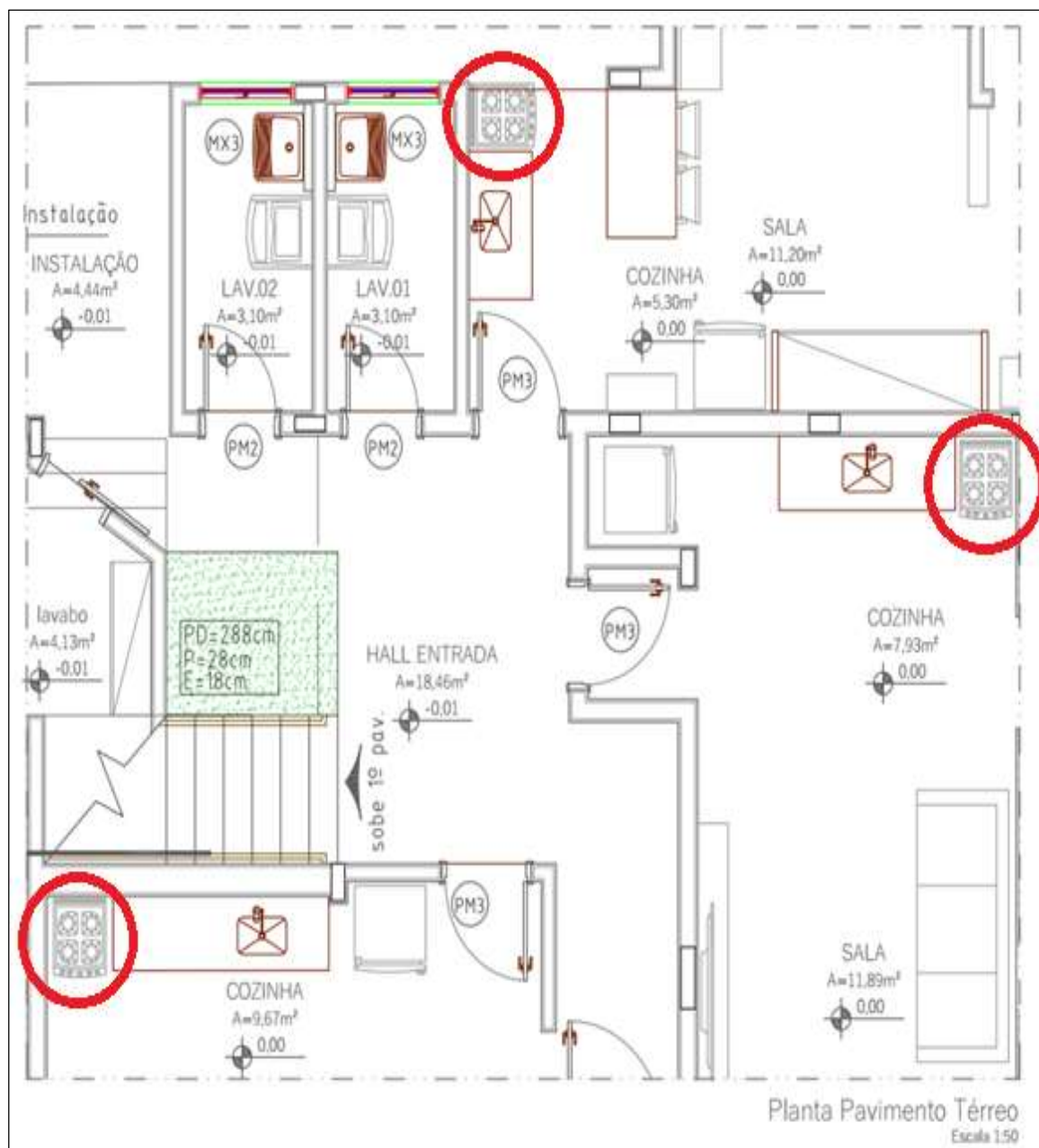
Tabela 1 – Especificação Material - Rede de Distribuição de Gás GLP – Projeto 1

DESCRIÇÃO	QUANT.	UNID.	TIPO
Tubulação ø16mm	7	m	PEX
Cotovelo 90° ø16mm	2	unit.	PEX
Cotovelo 90° rosca fêmea ø16mm x 1/2"	1	unit.	PEX

O segundo projeto selecionado (Projeto 2) trata-se de 1 (um) empreendimento residencial multifamiliar com 3 (três) pavimentos, sendo composto por 1 (um) pavimento térreo e 2 (dois) pavimentos tipos.

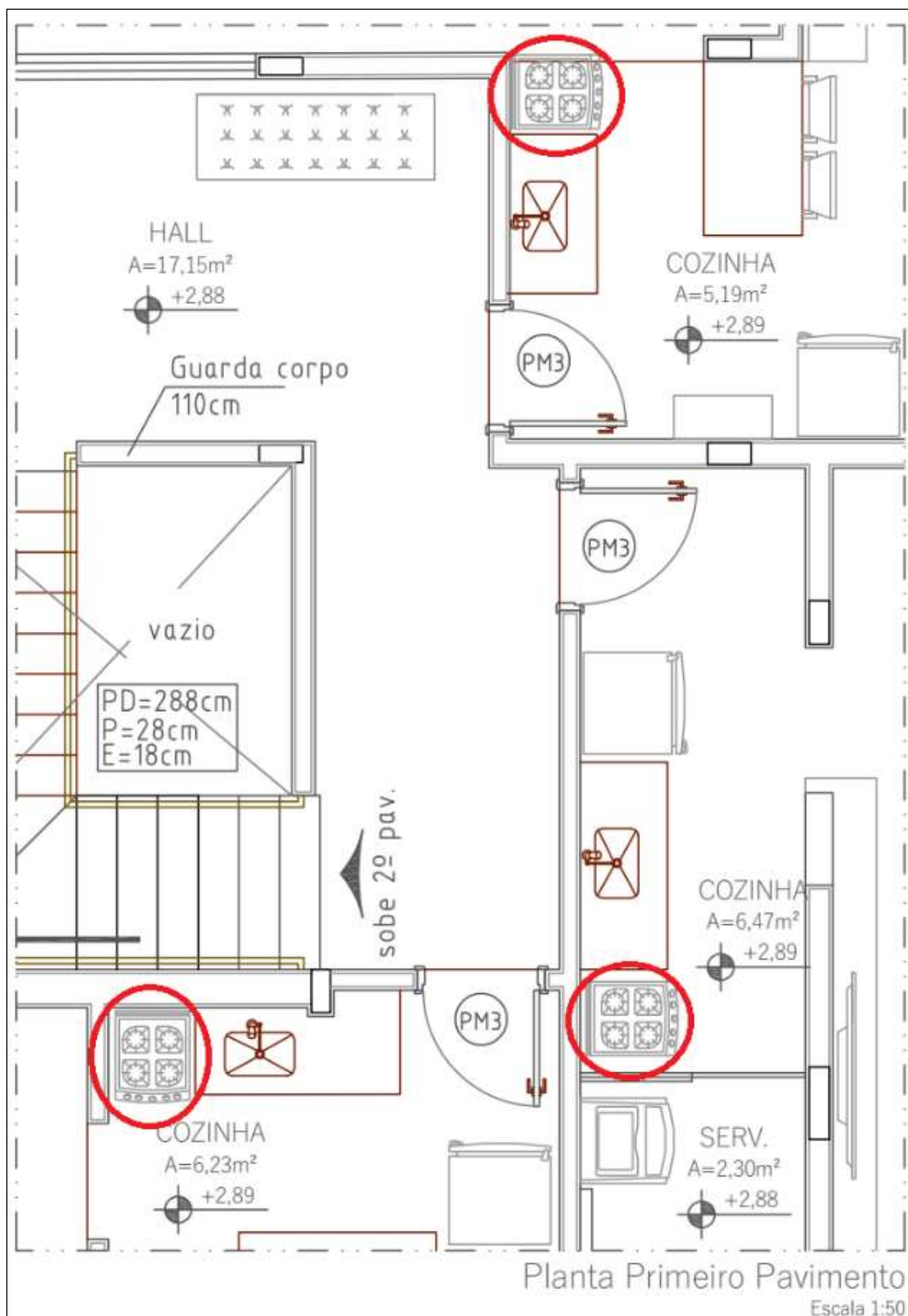
Todos os pavimentos possuem 3 (três) unidades habitacionais, com 1 (um) ponto de consumo cada para atender o aparelho de gás de cocção de alimentos de baixa pressão – limitado a potência nominal de 216 kcal/min. O projeto é reproduzido nas figuras abaixo visando ilustra-los (Figuras 17 a 19).

Figura 17 – Projeto 2 – Planta Baixa – Térreo (pontos de consumo em destaque)



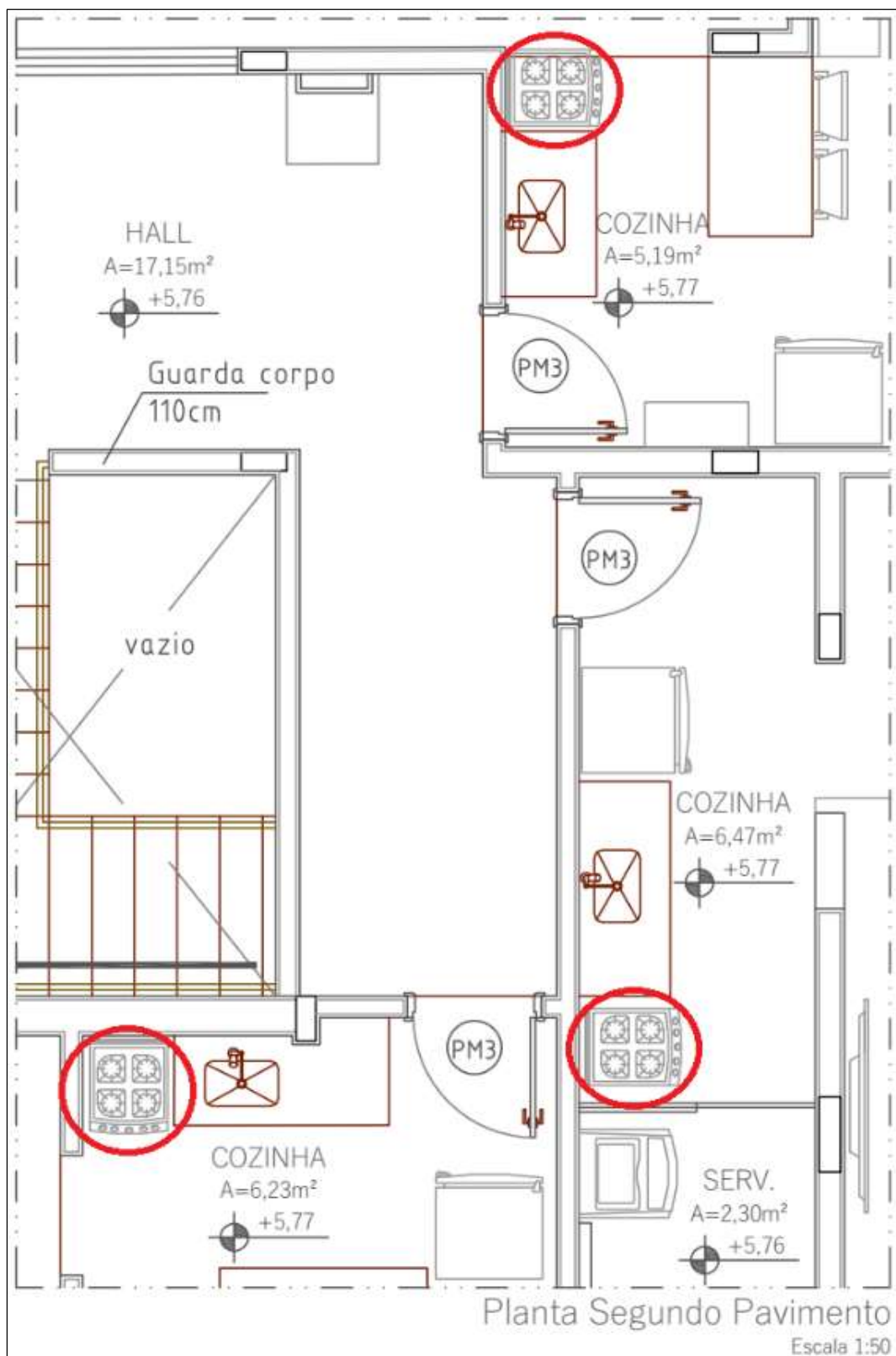
Fonte: Acervo histórico da empresa colaboradora

Figura 18 – Projeto 2 – Planta Baixa – 1º Pavimento (pontos de consumo em destaque)



Fonte: Acervo histórico da empresa colaboradora

Figura 19 – Projeto 2 – Planta Baixa – 2º Pavimento (pontos de consumo em destaque)



Fonte: Acervo histórico da empresa colaboradora

Neste caso o projeto fornecido não prevê a rede de distribuição de gás GLP, mas apenas a localização dos pontos de consumo (em destaque na Fig. 17 a 19). As dimensões da tubulação e quantidade das conexões utilizadas foram fornecidas pela empresa colaboradora e são especificadas na tabela abaixo (Tabela 2):

Tabela 2 – Especificação Material - Rede de Distribuição de Gás GLP – Projeto 2

DESCRIÇÃO	QUANT.	UNID.	TIPO
Tubulação ø20mm	40	m	PEX
Tubulação ø16mm	100	m	PEX
Cotovelo 90° ø20mm	5	unit.	PEX
Cotovelo 90° rosca fêmea ø20mm x 1/2”	3	unit.	PEX
Cotovelo 90° rosca fêmea ø16mm x 1/2”	9	unit.	PEX
União ø16mm	5	unit.	PEX
União ø16mm rosca fêmeas x 1/2”	9	unit.	PEX
Tê ø20mm rosca fêmeas x 1/2”	3	unit.	PEX

Por fim, o terceiro projeto selecionado (Projeto 3) trata-se de 1 (um) empreendimento residencial multifamiliar com 32 (trinta e dois) pavimentos, sendo composto por 1 (um) pavimento subsolo 2, subsolo 1, térreo, pavimento garagem, pavimento lazer, 27 (vinte e sete) pavimentos tipos, 4 (quatro) pavimentos tipo *penthouse*.

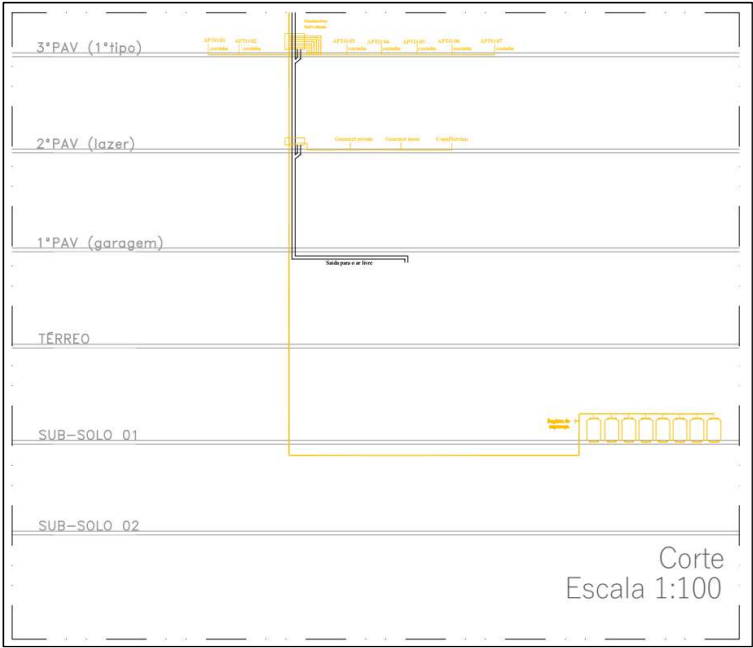
O *penthouse* é uma construção de cobertura, mas que não precisa ter uma altura elevada ou terraços. Em geral, possuem alguns diferenciais, quando são comparadas a outros tipos de apartamentos, como pé direito alto, janelas amplas, mais luz natural, ambientes integrados, vista panorâmica e área de lazer com uma grande área ao ar livre (WIKIPEDIA, 2022).

Assim, o Projeto 3 tem 31 (trinta e um) pavimentos habitáveis com diferentes configurações. Os pavimentos tipo possuem 7 (sete) unidades habitacionais cada (apartamentos); já os pavimentos tipo *penthouse* temos 2 (dois) pavimentos que possuem 5 (cinco) unidades habitacionais e 2 (dois) pavimentos com 4 (quatro) unidades habitacionais. Além disso, o pavimento lazer prevê 4 (quatro) pontos de consumo.

Cada unidade habitacional possui 1 (um) ponto de consumo cada para atender o aparelho de gás para cocção de alimentos de baixa pressão – limitado a potência

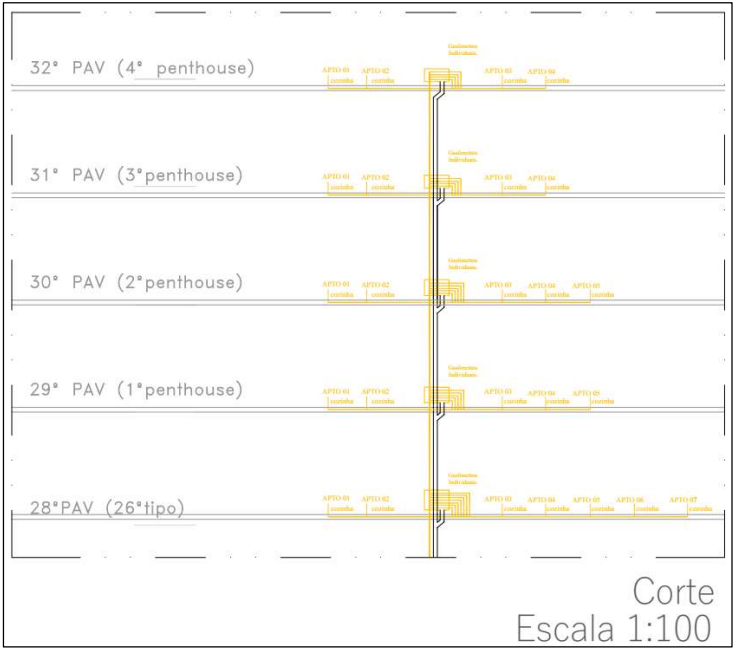
nominal de 216 kcal/min, assim como o pavimento lazer. O projeto com os traçados é reproduzido abaixo (Fig. 20 a 26), com a tubulação na cor amarela, visando ilustra-lo.

Figura 20 – Projeto 3 – Corte – Prumada - Sub-solo 2, Pavimento Lazer e Pavimento Tipo



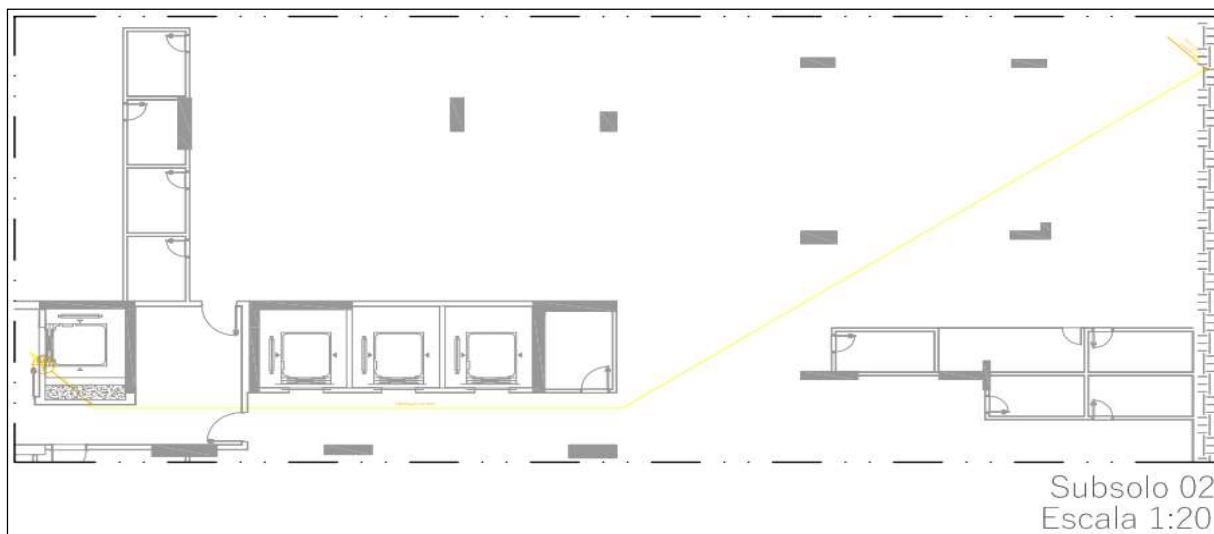
Fonte: Acervo histórico da empresa colaboradora

Figura 21 – Projeto 3 – Corte – Prumada - Pavimento Tipo e Pavimento *Penthouses*



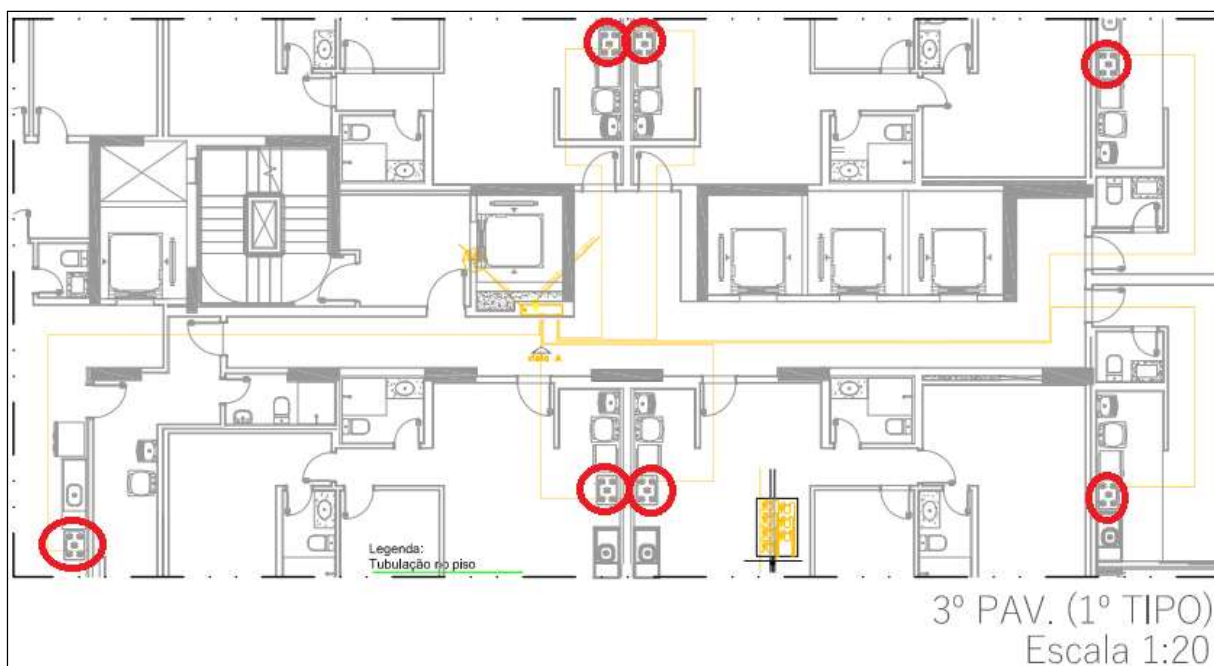
Fonte: Acervo histórico da empresa colaboradora

Figura 22 – Projeto 3 – Trajeto prumada de gás GLP - Pavimento Subsolo 2



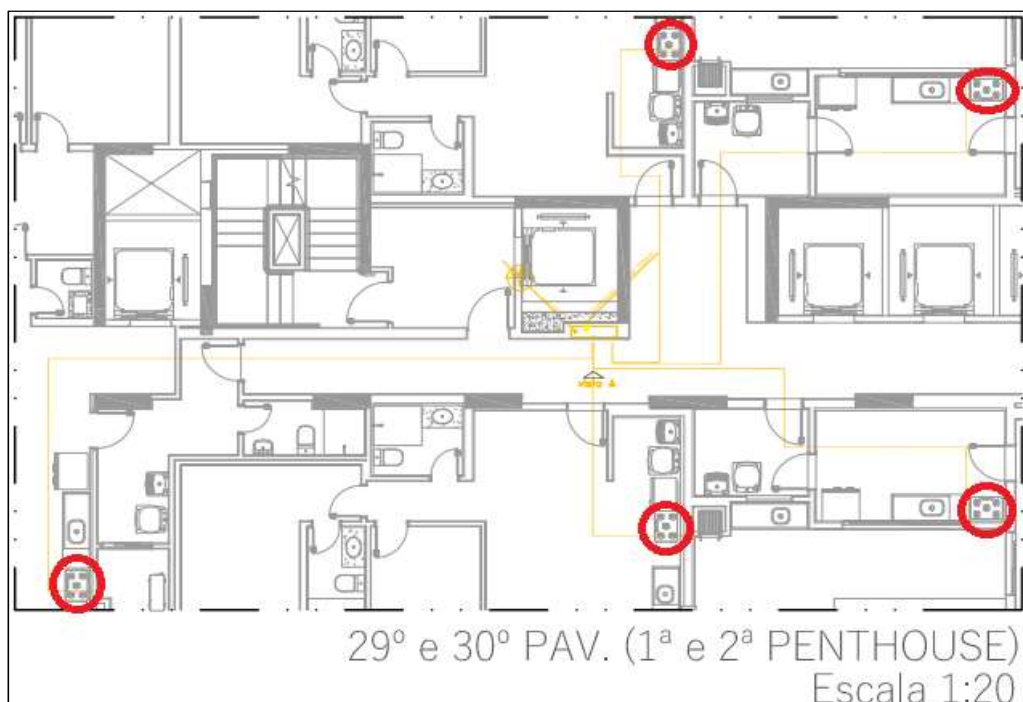
Fonte: Acervo histórico da empresa colaboradora

Figura 23 – Projeto 3 – Trajeto ramal de gás GLP - Pavimento Tipo (pontos de consumo em destaque)



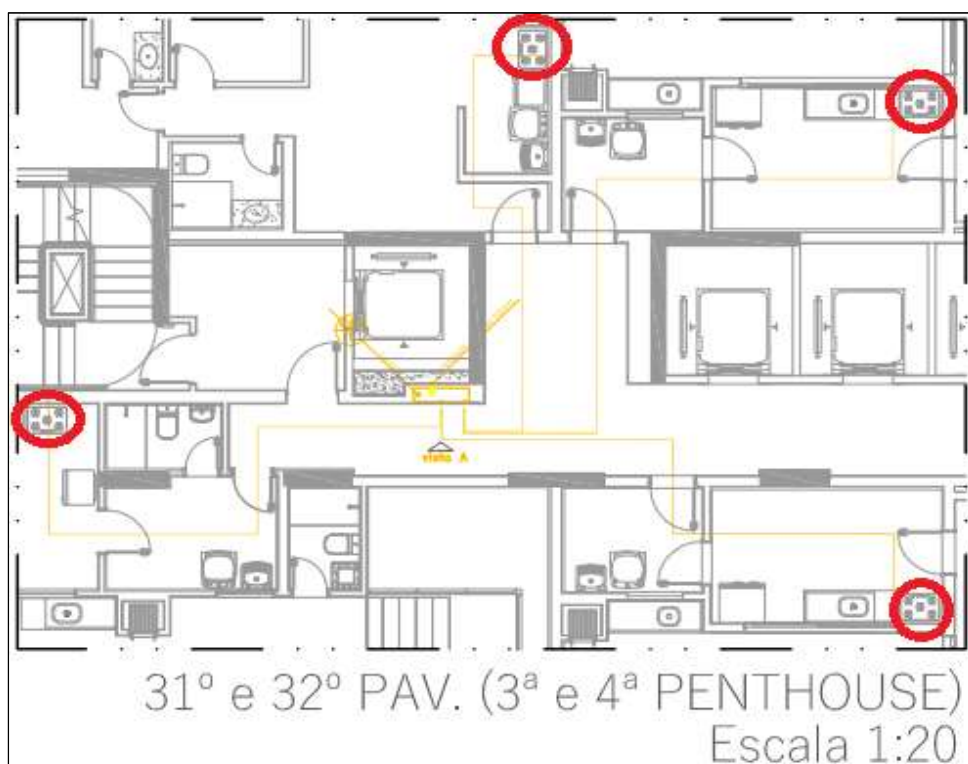
Fonte: Acervo histórico da empresa colaboradora

Figura 24 – Projeto 3 – Trajeto ramal de gás GLP – *Penthouse 1º e 2º* (pontos de consumo em destaque)



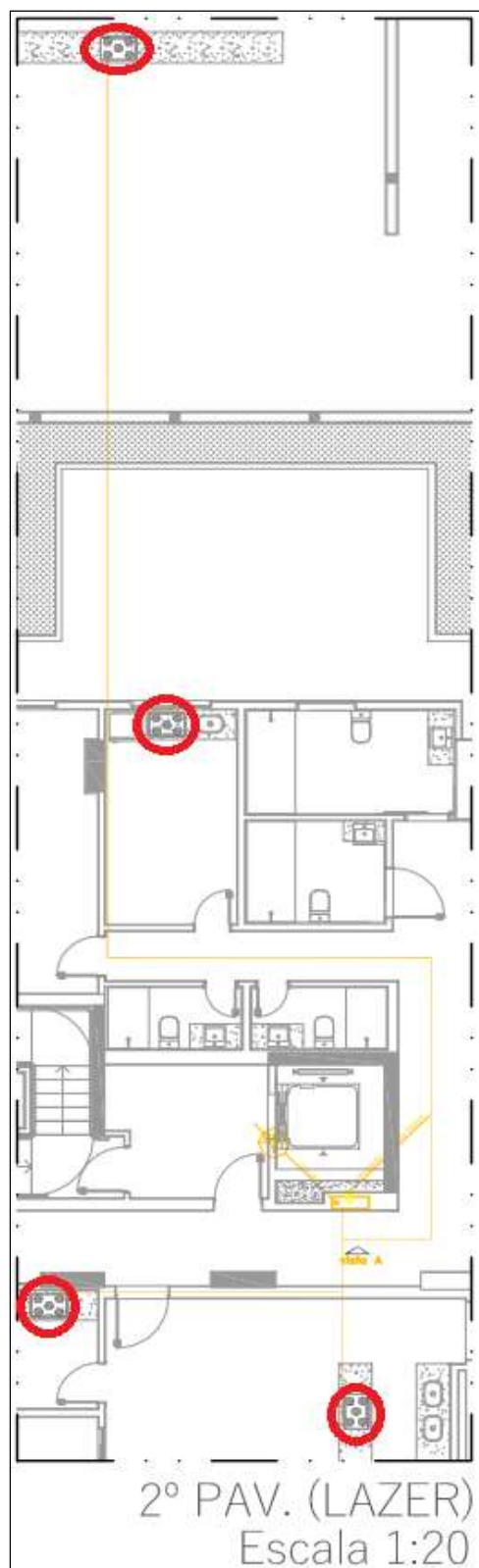
Fonte: Acervo histórico da empresa colaboradora

Figura 25 – Projeto 3 – Trajeto ramal de gás GLP – *Penthouse 3º e 4º* (pontos de consumo em destaque)



Fonte: Acervo histórico da empresa colaboradora

Figura 26 – Projeto 3 – Trajeto ramal de gás GLP - Pavimento Lazer (pontos de consumo em destaque)



Fonte: Acervo histórico da empresa colaboradora

O Projeto 3 prevê apenas o traçado da rede de distribuição de gás GLP, sem especificar o tipo de tubulação e suas dimensões. Em alguns trechos a tubulação possui trajeto aéreo, como no pavimento subsolo 2; já nos demais pavimentos, que possuem pontos de consumo (lazer, tipo e tipo *penthouse*), o traçado ocorre embutido no piso.

As dimensões da tubulação e quantidade das conexões utilizadas são especificadas na tabela abaixo (Tabela 3):

Tabela 3 – Especificação Material - Rede de Distribuição de Gás GLP – Projeto 3

DESCRIÇÃO	QUANT.	UNID.	TIPO
Tubulação ø25mm	150	m	PEX
Tubulação ø16mm	3898	m	PEX
Cotovelo 90° ø25mm	8	unit.	PEX
Cotovelo 90° rosca fêmea ø25mm x 1/2"	4	unit.	PEX
Cotovelo 90° rosca fêmea ø16mm x 1/2"	210	unit.	PEX
União ø25mm	10	unit.	PEX
União ø16mm	10	unit.	PEX
União ø16mm rosca fêmea x 1/2"	210	unit.	PEX
Tê ø20mm rosca fêmeas x 3/4"	28	unit.	PEX
Tê ø16mm	2	unit.	PEX

Com base nos 3 (três) projetos foram solicitados os orçamentos, incluindo material e mão de obra, em valores em moeda corrente (R\$), que permitiu as comparações e inferências a partir dos resultados.

A especificação dos materiais da rede de distribuição de gás GLP pela empresa colaboradora no uso do tubo multicamada PEX considerou o Catálogo Guia Rápido – Gaspex (EMMETI, 2022b).

A lista dos materiais considerados nas instalações de gás GLP, com o uso predominante da tubulação de aço galvanizado, teve como parâmetro: para as conexões, em ferro maleável preto, galvanizado, o Catálogo TUPY NPT Média Pressão (TUPY, 2022); para o tubo galvanizado, a barra de 6 (seis) metros, com rosca, NBR 5580 / BS 1387 / DIN 2440, classe M (LOSADA, 2022);

Já para a instalação com o uso predominante da tubulação de cobre flexível, teve como referência: para o tubo de cobre flexível, *drysealed* liso, sem costura, em formato de *pancakes*, do Catálogo de Refrigeração da Termomecânica (TERMOMECÂNICA, 2021); e, para as conexões, tipo latão, o Catálogo de Instalação de Gás (CASA AMARELA, 2022).

O critério de compatibilização e substituição adequada entre a especificação do tipo de material e conexão, prevista ou não em projeto, e a fornecida pela empresa colaboradora em seu orçamento não são objeto de discussão, bem como a apresentação dos orçamentos considerando essa substituição.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com base nos projetos, a empresa colaboradora apresentou os seguintes orçamentos compatibilizados com os 3 (três) tipos de materiais considerados no presente trabalho, os quais estão representados nas Tabelas 4, 5 e 6.

Tabela 4 – Orçamento Rede de Distribuição de Gás GLP – Projeto 1.

DESCRIÇÃO	Material (R\$)	Mão de Obra (R\$)	TOTAL (R\$)
Tubo multicamada PEX	250,00	150,00	350,00
Tubo aço galvanizado	420,00	225,00	645,00
Tubo cobre flexível	340,00	150,00	480,00

Tabela 5 – Orçamento Rede de Distribuição de Gás GLP – Projeto 2.

DESCRIÇÃO	Material (R\$)	Mão de Obra (R\$)	TOTAL (R\$)
Tubo multicamada PEX	3.092,80	1.960,00	5.052,80
Tubo aço galvanizado	6.463,00	4.480,00	10.943,00
Tubo cobre flexível	5.314,50	2.800,00	8.114,50

Tabela 6 – Orçamento Rede de Distribuição de Gás GLP – Projeto 3.

DESCRIÇÃO	Material (R\$)	Mão de Obra (R\$)	TOTAL (R\$)
Tubo multicamada PEX	70.818,20	56.672,00	127.490,20
Tubo aço galvanizado	189.288,00	129.536,00	318.824,00
Tubo cobre flexível	169.823,20	80.960,00	250.783,20

Com base nos resultados desses orçamentos podemos inferir que em todas as situações foi comprovado que o uso da tubulação multicamada do tipo PEX na instalação de gás GLP se mostrou economicamente mais viável, quanto o custo do material e de mão de obra.

As tabelas abaixo (Tabela 7 a 9) apresentam o resumo comparativo dos resultados, com os respectivos valores e acréscimos no orçamento da instalação da rede de distribuição de gás GLP, considerando os diferentes tipos de tubulação, a partir do custo de instalação com o tubo multicamada PEX. Os gráficos reproduzidos nas Figuras 27 a 29 ilustram os resultados.

Tabela 7 – Orçamento Rede de Distribuição de Gás GLP – Projeto 1

Descrição	Material (R\$)		Mão de obra (R\$)		TOTAL (R\$)	
Tubo multicamada PEX	250,00	Acréscimo	150,00	Acréscimo	400,00	Acréscimo
Tubo aço galvanizado	420,00	68%	225,00	50%	645,00	61%
Tubo cobre flexível	340,00	36%	150,00	0%	490,00	23%

Figura 27 – Gráfico comparativo do orçamento – Projeto 1

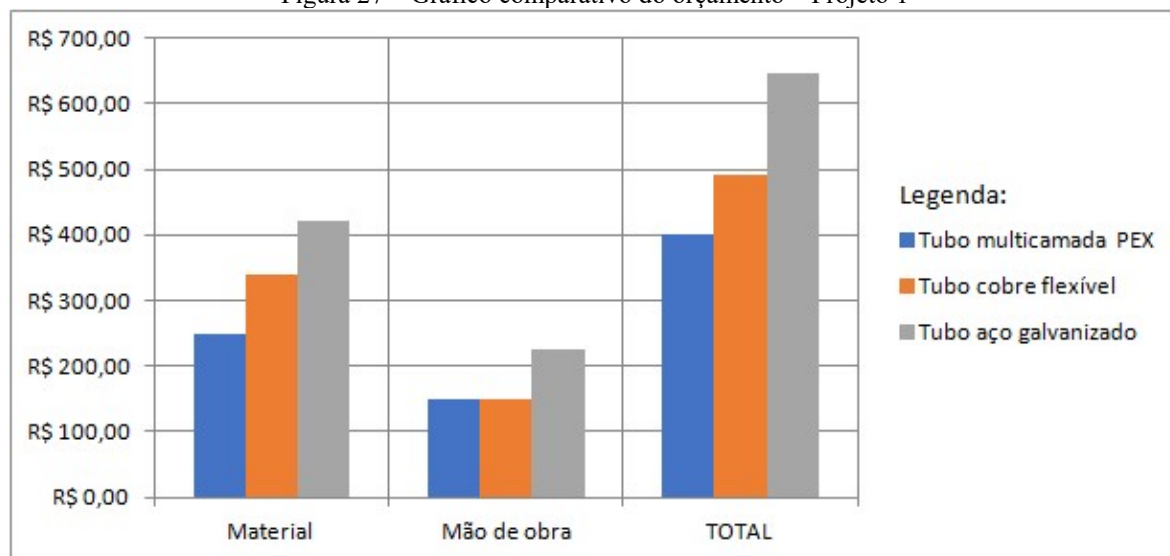


Tabela 8 – Orçamento Rede de Distribuição de Gás GLP – Projeto 2

Descrição	Material (R\$)		Mão de obra (R\$)		TOTAL (R\$)	
Tubo multicamada PEX	3.092,80	Acréscimo	1.960,00	Acréscimo	5.052,80	Acréscimo
Tubo aço galvanizado	6.463,00	109%	4.480,00	129%	10.943,00	117%
Tubo cobre flexível	5.314,50	72%	2.800,00	43%	8.114,50	61%

Figura 28 – Gráfico comparativo do orçamento – Projeto 2

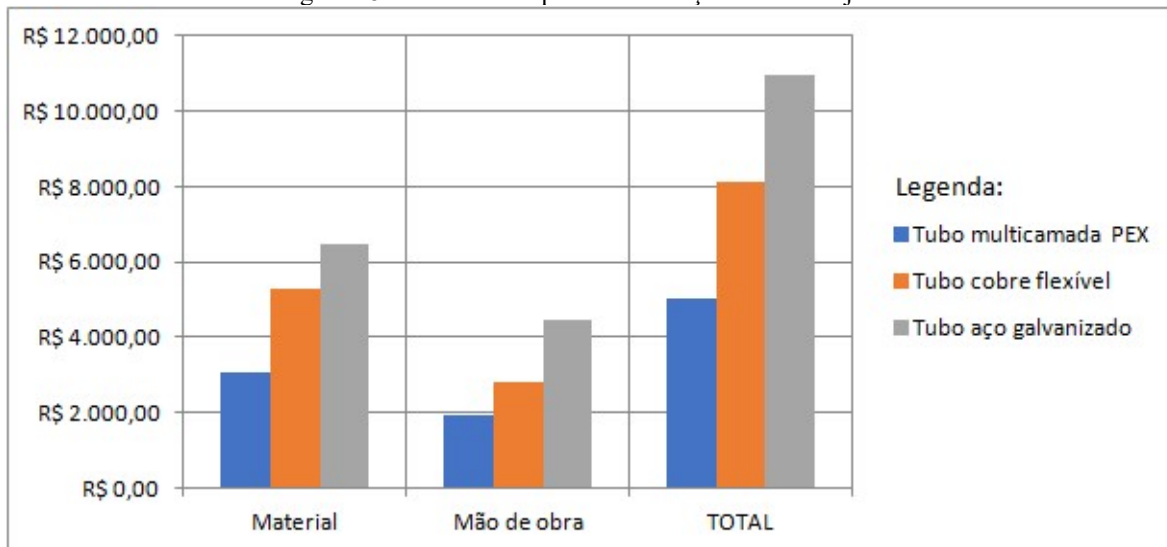
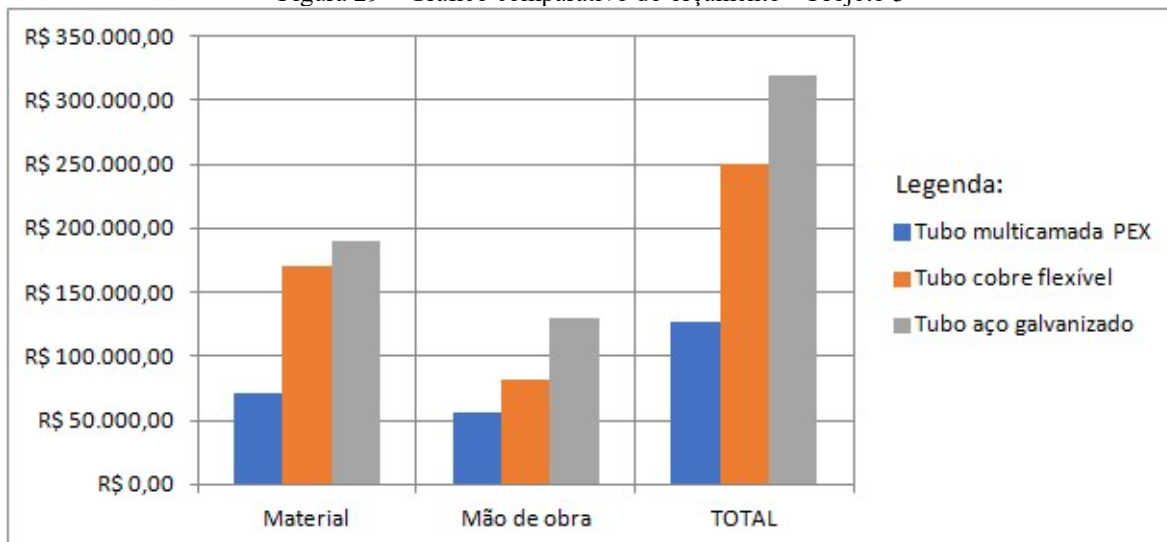


Tabela 9 – Orçamento Rede de Distribuição de Gás GLP – Projeto 3

Descrição	Material (R\$)		Mão de obra (R\$)		TOTAL (R\$)	
Tubo multicamada PEX	70.818,20	Acréscimo	56.672,00	Acréscimo	127.490,20	Acréscimo
Tubo aço galvanizado	189.288,00	167%	129.536,00	129%	318.824,00	150%
Tubo cobre flexível	169.823,20	140%	80.960,00	43%	250.783,20	97%

Figura 29 – Gráfico comparativo do orçamento – Projeto 3



5.1 Quanto ao material

A composição do material da tubulação, a quantidade de conexões requeridas no trajeto, a disponibilidade do material para a aquisição no mercado nacional,

dentre outros, são fatores que contribuem para onerar a escolha do tipo de material para a instalação de gás GLP.

Quanto maior a extensão do trajeto a ser percorrido, influenciado pela localização e quantidade das unidades de consumo a serem atendidas, maior foi a diferença entre o orçamento com o uso do tubo de multicamada PEX e os demais tipos de tubulação.

Em todos os cenários o uso da tubulação multicamada PEX é mais vantajoso economicamente. Portanto, quanto maior o trajeto a ser percorrido ou quanto maior quantidade de curvas a serem feitas, maior a vantagem em se escolher o tubo multicamada PEX.

No Projeto 1, a instalação com o uso do tubo de aço galvanizado ficou 68% (sessenta e oito por cento) mais cara; já com o uso do tubo de cobre flexível o acréscimo ficou em 36% (trinta e seis por cento), em comparação com o uso do tubo multicamada PEX.

No Projeto 2, a instalação com o uso do tubo de aço galvanizado foi 109% (cento e nove por cento) mais caro; com o uso do tubo de cobre flexível, o acréscimo foi de 72% (setenta e dois por cento).

Já no Projeto 3 as diferenças foram mais expressivas. O orçamento com o uso do tubo de aço galvanizado gerou um acréscimo de 167% (cento e sessenta e sete por cento); já com o uso do tubo de cobre flexível, o acréscimo foi de 140% (cento e quarenta por cento).

Com base nesses resultados podemos ainda extrapolar outras considerações.

A ausência do projeto da instalação da rede de distribuição de gás GLP e suas especificações impactam diretamente no orçamento, pois transfere à empresa contratada para realizar a instalação a responsabilidade pela definição do tipo de tubulação mais adequado da rede de gás GLP a ser atendida, e, conseqüentemente, das diversas conexões que a compõe. Além disso, sobre qual o trajeto deverá ser adotado. Assim, problemas de incompatibilidade e interferência em outros projetos e instalações existentes não podem ser evitados. Desta forma, critérios de qualidade e segurança podem ser comprometidos, pois fatores econômicos não devem ser isoladamente observados. Esses fatores são importantes e devem ser considerados, sendo minimizados e até eliminados com a elaboração e fornecimento do projeto de instalação da rede de distribuição de gás GLP do empreendimento pelo empreendedor contratante.

5.2 Quanto à mão de obra

As dificuldades de manuseio (transporte, armazenagem, etc.) e as especialidades que alguns tipos de tubulação impõem a equipe instaladora oneram economicamente o orçamento da mão de obra.

A tubulação multicamada PEX é leve, de fácil transporte até a obra e no canteiro de obra, exige pouco espaço para armazenagem, por ser fornecida em rolos empacotados, devendo ser evitado apenas a exposição aos raios UV e grandes impactos físicos, que comprometam sua integridade. Os cortes para a instalação das conexões por meio da crimpagem são simples e rápidos.

A tubulação de cobre flexível, ao contrário, é bastante pesada. Há grande risco de furtos, antes, durante e após a instalação, tanto no canteiro de obra quanto no estoque. A realização dos flanges nos pontos de conexão impacta no valor da mão de obra. Esse flange pode ser executado de forma manual, por meio de flangeadores excêntricos, que exigem mais tempo de execução, ou de forma automatizada, com o uso dos flangeadores elétricos, que possuem maior custo de aquisição.

O tubo de aço galvanizado apresenta maior dificuldade em todos os aspectos, tanto no transporte, quanto no armazenamento e instalação. As barras são rígidas e fornecidas em tubos de 6 (seis) metros. Quando cortadas devem ter a rosca refeita para permitir a instalação das conexões. Essa rosca pode ser feita a mão, com equipamento apropriado, com o uso das chamadas tarraxas, procedimento extremamente trabalhoso, ou por meio de equipamentos elétricos, com o uso das rosqueadeiras, que exigem um investimento maior e são de difícil transporte até a obra e no canteiro de obra.

O orçamento da mão de obra de instalação da tubulação de aço galvanizado apresentou um custo maior em 129% (cento e vinte e nove por cento); com o uso do tubo de cobre flexível o custo aumentou 43% (quarenta e três), quando comparados ao uso do tubo multicamada PEX.

Nos projetos de pequeno porte (como o Projeto 1) não há diferença no orçamento da mão de obra com o uso da tubulação PEX ou de cobre flexível, pois não se alcança o valor mínimo da diária da equipe, desta forma, cobra-se apenas o valor da diária. Já com o uso do tubo galvanizado o orçamento da mão de obra aumenta em 50% (cinquenta por cento).

A disponibilidade de ferramentas manuais ou elétricas pela empresa instaladora impacta na redução do tempo de instalação e garantem uma maior qualidade dos pontos de conexões. Entretanto, por serem equipamentos caros, não estarão disponíveis a todas as instaladoras e os custos de aquisição e manutenção desses equipamentos são transferidos ao orçamento da mão de obra.

6 CONCLUSÃO

O presente trabalho confirma o impacto econômico do uso da tubulação multicamada PEX no orçamento da instalação da rede de distribuição de gás GLP em empreendimentos residências, em comparação com a escolha do tubo de aço galvanizado e do tubo de cobre flexível, e permite avaliar o percentual de economia ao contratante.

Com base nos resultados, em todas as situações consideradas no trabalho foi comprovado que o uso da tubulação multicamada PEX se confirmou economicamente mais vantajoso.

Importante mencionar que a ausência do projeto da instalação da rede de distribuição de gás GLP e suas especificações impactam diretamente no orçamento, pois transfere à empresa contratada para realizar a instalação a responsabilidade pela definição do tipo de tubulação mais adequado da rede de gás GLP a ser atendida, e, conseqüentemente, das diversas conexões que a compõe. Além disso, sobre qual o trajeto deverá ser adotado. Assim, problemas de incompatibilidade e interferência em outros projetos e instalações existentes não podem ser evitados. Desta forma, critérios de qualidade e segurança podem ser comprometidos, pois fatores econômicos não devem ser isoladamente observados.

Em último caso, na falta desses projetos, a seleção da empresa instaladora contratada deve ser criteriosa, priorizando as que possuem maior experiência construtiva, reconhecimento ilibado no mercado e que forneçam a Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) de instalação.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15526**: Redes de distribuição interna para gases combustíveis em instalações residenciais – Projeto e execução. Rio de Janeiro, 2012. 46p.

ABNT_____. **NBR 16821**: Sistema de tubulação multicamada para a condução de gases combustíveis. Requisitos Gerais. Parte 1. Rio de Janeiro, 2020a. 7p.

ABNT_____. **NBR 16821**: Sistema de tubulação multicamada para a condução de gases combustíveis. Requisitos e Métodos de ensaio para tubos. Parte 2. Rio de Janeiro, 2020b. 25p.

ABNT_____. **NBR 15575**: Edificações Habitacionais – Desempenho. Requisitos Gerais. Rio de Janeiro, 2021. 98p.

ALIANÇA METARLÚGICA. **Reguladores para Gás**. Disponível em: <https://aliancametalurgica.com.br/grupo-produtos.aspx?post=2> Acesso em junho/2022.

AMANCO. **Manual Técnico Linha Amanco Gás**. 2015. Disponível em www.amanco.com.br Acesso em junho/2022.

ANP – Agência Nacional de Petróleo, Biocombustíveis e Gás Natural – Disponível em <https://www.gov.br/anp/pt-br> Acesso em junho/2022.

ARCH Daily. **Instalações de gás: Conceitos básicos para arquitetura**. 2020. Disponível em <https://www.archdaily.com.br/br/922048/instalacoes-de-gas-conceitos-basicos-para-arquitetura> Acesso em junho/2022.

BORGES, R. S. e BORGES, W. L. **Manual de Instalações Prediais Hidráulico-sanitário e de Gás**. 4ª edição. São Paulo, SP. Ed. PINI, 1987. 540 p.

BRANDÃO, R. G. **Estudo de viabilidade da utilização de PVC, PEX e PPR em empreendimentos multifamiliares**. UFRJ. Rio de Janeiro, RJ. 2010. 116 p.

BRATFISCH, C. A. C. e COLLELA, R. **Avaliação dos aspetos de segurança para utilização de tubos multicamada em instalações de distribuição de gás em residências**. Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustíveis – IBP. Rio Oil & Gas Expo and Conference. Rio de Janeiro, RJ. 2012. 7 p.

CASA AMARELA. **Catálogo Instalação de Gás**. 2022. Disponível em <https://www.casamarela.com.br/loja/catalogo.php?loja=848896&categoria=9&pg=2> Acesso em novembro/2022.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DE GOIÁS – CBMGO. Norma Técnica nº 28. **Gás Liquefeito de Petróleo (GLP) – Parte 1 – Manipulação, utilização e Central de GLP**. 2014a. Disponível em https://www.bombeiros.go.gov.br/wp-content/uploads/2014/10/nt-28_2014-gas-liquefeito-de-petroleo-parte-1_manipulacao-utilizacao-e-central-de-glp.pdf Acesso em janeiro/2022.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DE GOIÁS – CBMGO. Norma Técnica nº 28. **Gás Liquefeito de Petróleo (GLP) – Parte 2 – Área de armazenamento de recipientes transportáveis de GLP destinados ou não à comercialização – critérios de segurança.** 2014b. Disponível em https://www.bombeiros.go.gov.br/wp-content/uploads/2014/10/nt-28_2014-gas-liquefeito-de-petroleo-parte-2_armazenamento-de-recipientes-transportavel-de-glp.pdf Acesso em janeiro/2022.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DE GOIÁS – CBMGO. Orientação Técnica nº 03. **Sistema de tubulação multicamada para a condução de gases combustíveis.** 2020. Disponível em https://www.bombeiros.go.gov.br/wp-content/uploads/2014/11/Orientacao_Tecnica_03_2020_-_Tubos_Multicamada.pdf Acesso em janeiro/2022.

EMMETI - **Conexões multicamada para gás.** 2022a. Disponível em <https://www.emmeti.com.br/conexao-multicamada-gas> Acesso em junho/2022.

_____ - **Catálogo Guia Rápido – Gaspex.** 2022b. Disponível em <https://www.emmeti.com.br/catalogos> Acesso em novembro/2022.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - **Goiânia.** Disponível em <http://ibge.gov.br> Acesso em agosto/2022.

ISO – International Organization for Standardization. **17484: Sistemas de tubulação de plástico - Sistemas de tubulação multicamadas para instalações de gás internas com pressão operacional máxima de até 5 bar (500 kPa) inclusive - Parte 1: Especificações para sistemas.** 2014. 33pp. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/57597.html> Acesso em junho/2022.

LAO – Indústria. **Medidores de gás GLP.** Disponível em <http://laointustria.com.br/produtos/medidores-de-gas/> Acesso em junho/2022.

LEI FEDERAL Nº 8.078. **Dispõe sobre a proteção do consumidor e dá outras providências.** Casa Civil da Presidência da República do Brasil. Brasília, DF. 1990. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8078compilado.htm Acesso em junho/2022.

LOSADA – **Tubos DIN 2440 NBR 5580.** 2022. Disponível em <https://www.losadatubos.com.br/tubos-din-2440-nbr-5580> Acesso em novembro/2022.

MACINTYRE, A. J. **Manual de Instalações Hidráulicas e Sanitárias.** Ed. Guanabara. Rio de Janeiro, RJ. 1990. 332 p.

MARTINS, T. G. e RODRIGUES, R. **Os benefícios da utilização de novas tecnologias para sistemas hidráulicos.** Revista Boletim do Gerenciamento. UFRJ. Rio de Janeiro, RJ. 2021. 10 p.

MATOS, A. O. **Planejamento operacional para execução dos sistemas prediais hidráulicos, sanitários e de gás combustível.** Mestrado em Construção Civil. UFSCar. São Carlos, SP. 2011. 171 p.

MOURA, A.C.M. **Novas Tendências de Consumo de GLP – Gás Liquefeito de Petróleo no Brasil**. São Caetano do Sul, SP. 2012. 47 p.

FILHO, H.R.P. **Qualidade da tubulação multicamada para os gases combustíveis**. Revista Digital AdNormas. 2020. Disponível em: <https://revistaadnormas.com.br/2020/12/08/a-qualidade-da-tubulacao-multicamada-para-os-gases-combustiveis> Acesso em janeiro/2022.

SINDIGÁS – Sindicato das Distribuidoras de Gás Liquefeito de Petróleo – Disponível em www.sidigas.org.br Acesso em junho/2022.

TOMÁZIO, D. M. **Equilíbrio Colusivo no Mercado Brasileiro de Gás Liquefeito de Petróleo (GLP)**. Brasília, DF. UNB. 2006. 65 pp.

TERMOMECÂNICA – **Tubo para Refrigeração – Catálogo**. 2021. Disponível em <https://www.termomecanica.com.br/tubos-para-refrigeracao> Acesso em novembro/2022.

TUPY – **Categoria TupyNPT Média Pressão**. 2022. Disponível em <https://tupy.collabo.com.br/pt/category/tupynpt-media-pressao-2?offset=0&limit=24> Acesso em novembro/2022.

RW ENGENHARIA. **Tubulação para gás: compare as opções**. 2016. Disponível em: <https://www.rwengenharia.eng.br/tubulacao-para-gas> Acesso em janeiro/2022.

VENEGAS, D., AYABACA, C., CELI, S., ROCHA, J., MENA, E. **Factores para seleccionar tuberías de conducción de gas licuado de petróleo en el Ecuador**. Ingenius. n° 19. 2017. pp. 51-59 Disponível em <http://doi.org/10.17163/ings.n19.2018.05> Acesso em junho/2022.

WIKIPEDIA. **Goiânia**. Disponível em https://pt.wikipedia.org/wiki/Goi%C3%A2nia#cite_ref-IBGE_POP_2-4 Acesso em agosto/2022.

_____. **Cobertura – Penthouse**. Disponível em [https://pt.wikipedia.org/wiki/Cobertura_\(moradia\)](https://pt.wikipedia.org/wiki/Cobertura_(moradia)) Acesso em novembro/2022.