

# Manual de instalação industrial

<b>1. INSTITUCIONAL</b> .....	<b>8</b>
1.1. A COMGÁS .....	9
1.2. O gás natural.....	10
1.3. Informações técnicas do gás natural.....	12
<b>2. SEGMENTO INDUSTRIAL</b> .....	<b>13</b>
2.1. Aplicações industriais .....	14
2.2. Pressão da rede.....	14
2.3. Estações de gás .....	15
2.4. Esquemático de instalação de estação de gás.....	17
<b>3. PROJETO E EXECUÇÃO</b> .....	<b>19</b>
3.1. Entrada de gás.....	20
3.2. Tubulação da rede interna de gás .....	20
3.3. Abrigos .....	32
3.4. Testes.....	37
3.5. Fluxo de ligação industrial .....	41
<b>4. DIMENSIONAMENTO</b> .....	<b>43</b>
4.1. Parâmetros de dimensionamento .....	44
4.2. Metodologia de dimensionamento .....	47
4.3. Exemplo de dimensionamento CRM.....	48
<b>5. MATERIAIS</b> .....	<b>49</b>
5.1. Sistemas em aço .....	50
5.2. Sistemas em cobre .....	50
5.3. Sistemas em cobre flexível.....	51
5.4. Sistemas em polietileno.....	51
5.5. Sistemas em multicamada.....	52
<b>6. SISTEMAS DE COMBUSTÃO</b> .....	<b>55</b>
6.1. Sistemas de combustão para aparelhos de baixa temperatura .....	56
6.2. Aparelhos de alta temperatura .....	59
6.3. Cozinhas industriais e refeitórios.....	61
<b>ANEXOS</b> .....	<b>63</b>
ANEXO 1 – PARÂMETROS DE APARELHOS A GÁS.....	63
ANEXO 2 – EXEMPLO DE DIMENSIONAMENTO DA REDE INTERNA DE GÁS .....	64
ANEXO 3 – INFORMAÇÕES ADICIONAIS.....	74

## TERMINOLOGIA

### A

**Abrigo:** construção ou compartimento destinado à proteção de medidor, regulador e seus respectivos complementos.

**Abrigo com fechamento lateral:** área destinada a alojar a estação de gás, provida de fechamentos laterais e cobertura.

**Abrigo sem fechamento lateral:** área destinada a alojar a estação de gás, provido de cobertura e sem fechamentos laterais.

**Alinhamento predial:** linha de divisa entre o imóvel e o logradouro público, geralmente definido por muro ou gradil.

**Altura do abrigo:** distância entre o piso acabado e o teto (telhas ou laje) do abrigo (pé direito).

**Ambiente não ventilado:** ambiente onde não há renovação constante de ar.

**Ambiente ventilado:** ambiente onde há possibilidade constante de renovação de ar.

**Área aberta:** área localizada a céu aberto sem nenhum tipo de cobertura ou fechamento lateral.

### C

**Cliente:** pessoa física ou jurídica que utiliza gás natural canalizado.

**Comissionamento:** conjunto de procedimentos, ensaios, regulagens e ajustes necessários à colocação de uma rede interna de gás em operação.

**Concessionária:** entidade pública ou particular responsável pelo fornecimento, o abastecimento, a distribuição e a venda de gás canalizado (no caso deste documento, a COMGÁS).

**CM – Conjunto de medição:** equipamento que tem como finalidade medir o volume de gás transferido para o consumidor.

**CRM – Conjunto de Regulagem e Medição:** É um equipamento que tem como finalidade reduzir e regular a pressão de entrada o consumidor, filtrá-lo de impurezas existentes na tubulação e medir o volume de gás transferido ao consumidor.

### D

**Densidade absoluta:** A densidade absoluta do gás natural é a relação existente entre a sua massa e o volume ocupado pela sua massa. A densidade absoluta do gás natural para este documento será assumida com o valor de 0,766 kg/m<sup>3</sup> (20°C; 1 atm).

**Densidade relativa:** A densidade relativa do gás natural é a relação existente entre seu peso específico e o peso específico do ar. A densidade relativa do gás natural varia entre 0,59 e

0,65 (20°C), dependendo de sua composição. Com relação a este documento, deve ser assumido o valor de 0,60.

**Descomissionamento:** conjunto de procedimentos necessários à retirada de operação de uma rede interna de distribuição de gás.

**Dispositivo de segurança:** dispositivo destinado a proteger a rede interna de gás bem como os equipamentos ou aparelhos a gás.

## E

**Aparelhos de alta temperatura:** Equipamentos que operem ininterruptamente em temperatura acima de 750 °C nas paredes da câmara de combustão e/ou de processo.

**Aparelhos de baixa temperatura:** Equipamentos que operem em temperatura igual ou inferior a 750 °C nas paredes da câmara de combustão e/ou de processo.

**Espaço fechado:** espaço sem possibilidade de renovação de ar, e que na eventual ocorrência de um vazamento provoque um significativo acúmulo de gás.

**Estanqueidade:** o teste de estanqueidade tem como objetivo detectar possíveis vazamentos na rede para as pressões de operação.

**Estação de gás:** Conjuntos de equipamentos que tem como finalidade regular e/ou medir o gás natural entregue ao cliente, como por exemplo, CRM, MICROCRM, Playmobil e CM.

## G

**Gás natural:** hidrocarboneto gasoso, essencialmente composto por metano, cuja ocorrência pode ser associada ou não à produção de petróleo.

## L

**Linha de alta pressão:** pressões do tipo LT17 (de 9 a 17 bar) e LT35 (de 21 a 35 bar) – ranges de mínima para máxima condição de operação.

**Linha de baixa pressão:** pressão do tipo BP (de 0,017 a 0,025 bar) – range de mínima para máxima condição de operação.

**Linha de média pressão:** pressões do tipo média 75 (de 0,04 a 0,075 bar), média A (de 0,05 a 0,14 bar), média 350 (de 0,21 a 0,35 bar), média C (de 0,5 a 4 bar), LL4 (de 2 a 4 bar), LL7 (de 5 a 7 bar) – ranges de mínima para máxima condição de operação.

## M

**Medidor:** equipamento destinado à medição do consumo de gás.

**MICROCRM:** Conjunto de regulação e medição para demandas de até 120 m<sup>3</sup>/h em condições padronizadas.

**Máxima pressão de operação (MPO):** É a máxima pressão de operação existente em uma tubulação durante um ciclo de operação normal.

## P

**Perda de carga localizada:** perda de pressão do gás em decorrência de atritos nos acessórios da tubulação.

**Perda de carga:** perda da pressão do fluido (ar, gás ou água) decorrente do atrito em tubos e da restrição de passagem em válvulas, conexões, reguladores ou queimadores.

**Peso específico:** é a relação entre a massa e o volume, normalmente expresso em kg/Nm<sup>3</sup>.

**Playmobil:** conjunto de medição e regulagem montado pela Comgás.

**Poder calorífico superior (PCS):** Quantidade de calor produzida durante a combustão completa de uma unidade de volume ou massa de combustível.

Poder calorífico superior a 20°C e 1 atm: 9.000 kcal/m<sup>3</sup> a 10.200 kcal/m<sup>3</sup>. Com relação a este documento, deve ser assumido o valor de 9.400 kcal/m<sup>3</sup> a 20°C e 1 atm.

**Poder calorífico inferior (PCI):** Quantidade de calor produzida durante a combustão completa de uma unidade de volume ou massa de combustível sem que ocorra a condensação do vapor de água nele contido.

Poder calorífico inferior a 20°C e 1 atm: 8.364 kcal/m<sup>3</sup> a 9.160 kcal/m<sup>3</sup>. Com relação a este documento, deve ser assumido o valor de 8.600 kcal/m<sup>3</sup> a 20°C e 1 atm.

**Potência adotada (Pa):** valor utilizado para o dimensionamento de trecho de rede interna de gás.

**Potência instalada (Pi):** somatória das potências máximas dos aparelhos a gás.

**Pressões da rede geral de gás:** pressões do gás adotadas pela COMGÁS para a distribuição em sua rede de gasodutos.

**Processo industrial crítico:** Processos cuja a parada do fornecimento pode gerar um prejuízo financeiro de grande valor ou causar danos mecânicos ao aparelho.

**Proteção mecânica:** Proteção da tubulação contra choques mecânicos eventuais que pode ser realizado com: argamassa, concreto, pilares e embutimentos.

**Purga:** a purga tem como objetivo remover todos os resquícios de fluidos de dentro da tubulação.

**Purga direta:** procedimento de substituição de um gás por outro gás em uma tubulação. O gás inicial contido na tubulação é removido através do gás final

**Purga indireta:** procedimento de substituição de um gás por outro gás em uma tubulação, utilizando um gás intermediário. O gás intermediário remove o gás inicial contido na tubulação, e em seguida o gás final remove o intermediário.

## R

**Ramal externo:** trecho da tubulação que deriva da rede geral e termina no alinhamento predial.

**Ramal interno:** trecho da tubulação derivada da rede geral, que se situa dentro da propriedade do cliente, e termina no abrigo do conjunto de regulagem e medição.

**Rede de distribuição:** conjunto de tubulações, reguladores, válvulas e os complementos necessário para conduzir o gás por toda a malha de distribuição da Comgás. Em geral, são caracterizados por pressões acima de 17 bar e servem para alimentar as linhas secundárias de distribuição.

**Rede interna de gás:** conjunto de tubulações, medidores, reguladores e válvulas, com os necessários complementos, destinados à condução e ao uso do gás, compreendido entre a entrada do primeiro abrigo (destinado à medição, regulagem e medição ou apenas regulagem) até os aparelhos a gás.

**Rampa de gás:** Elemento constituinte do sistema de combustão de gás, composto por equipamentos e dispositivos de controle e de segurança no uso de gases combustíveis. Este elemento geralmente situa-se entre a válvula principal de bloqueio manual de gás do motogerador até a entrada do gás na câmara de mistura.

**Regulador de pressão:** Válvula projetada para manter constante a pressão a jusante, independentemente de variações de vazão e ou pressão a montante.

## S

**SIRP:** Sistema interno de redução de pressão.

**SKID:** suporte metálico da base do CRM.

**Sistema de combustão:** Conjunto composto por queimador, sistema de suprimento de ar de combustão, sistema de suprimento de gás, sistema de detecção de chama e sistema de controle operacional do queimador.

## T

**Tubo-luva:** tubo para a passagem de tubulação de gás com a função de proteção mecânica, passagem e/ou instalação da tubulação de gás em ambientes ou locais onde haja a possibilidade de acúmulo de gás em caso de vazamento.

**Tubulação embutida:** tubulação disposta internamente a uma parede ou piso, geralmente em um sulco, podendo também estar envelopada. Não permite acesso sem a destruição da cobertura.

**Tubulação enterrada:** tubulação disposta internamente ao solo, geralmente em uma vala e coberta por terra compactada.

**Tubulação aparente:** tubulação disposta externamente a uma parede, piso, teto ou qualquer outro elemento construtivo, sem cobertura.

**Tramo simples:** características das estações de gás utilizadas em segmentos onde a parada para manutenção ou troca de medidor com bloqueio do consumo não afete a linha de operação

**Tramo duplo:** características das estações de gás utilizadas em segmentos nos quais as paradas para manutenção, troca de medidor ou mesmo falha no equipamento não interrompa o abastecimento do cliente.

## V

**Válvula de alívio:** Válvula auto operada, normalmente fechada, projetada para permitir o fluxo de gás sempre que a pressão ao seu montante superar um valor pré-ajustado.

**Válvula de bloqueio (VB):** válvula destinada a interromper o fornecimento de gás.

**Válvula de bloqueio automático por sobrepressão (*shut-off*):** Válvula de bloqueio operada pela pressão do gás, com rearme manual, instalada a montante do regulador de pressão, com sensoriamento de pressão a jusante desses, e ajustada de modo a bloquear a passagem do gás em caso de elevação de pressão.

**Válvula de bloqueio automático (válvula solenoide):** Válvula automática normalmente fechada, instalada na linha de alimentação de gás, projetada para permitir ou não o fluxo de gás em resposta a um sinal elétrico.

**Válvula de bloqueio manual do queimador:** Válvula de bloqueio manual do queimador: Válvula operada manualmente, na linha de alimentação de gás do queimador, que está a jusante de todas as válvulas e acessórios, instalada o mais próximo possível do corpo do queimador.

**Válvula de descarga automática:** Válvula automática normalmente aberta, instalada entre as válvulas de bloqueio automático da linha de gás, com saída para a atmosfera.

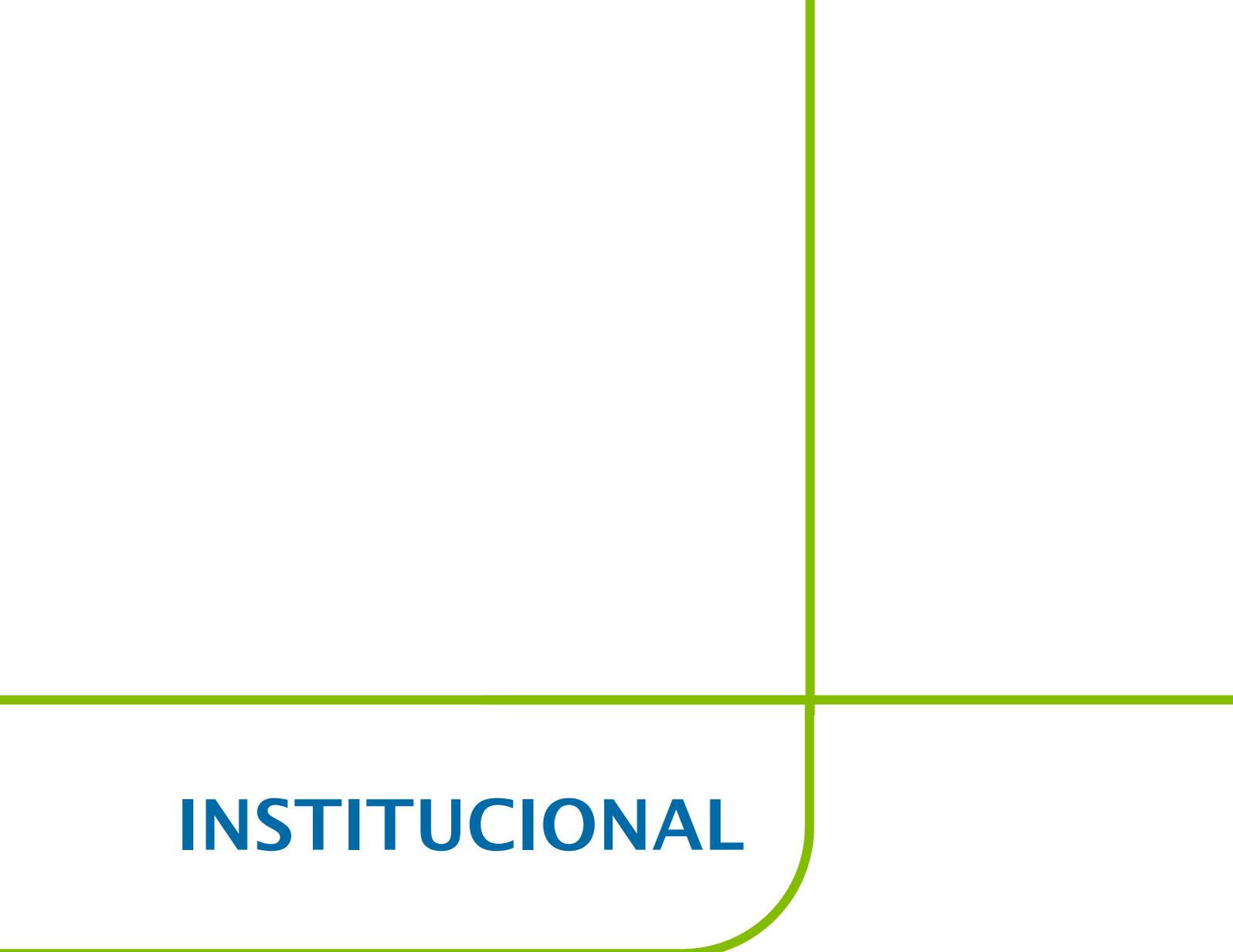
**Válvula de retenção (válvula de não retorno):** Válvula que impede a reversão do fluxo.

**Válvula geral de bloqueio (VGB):** válvula destinada a interromper o fornecimento de gás para toda a edificação.

**Válvula normalmente aberta:** Válvula que, quando não ativada, permanece ou retorna à posição de passagem livre.

**Válvula normalmente fechada:** Válvula que, quando não ativada, permanece ou retorna à posição de passagem interrompida.

**Válvula principal de bloqueio manual:** Válvula operada manualmente, instalada na linha de alimentação de gás, a montante de todos os outros componentes, com o propósito de abertura completa ou fechamento total do suprimento de gás.

A thick green L-shaped graphic element consisting of a vertical line on the right side and a horizontal line at the bottom, meeting at a rounded corner in the bottom-right quadrant of the page.

**INSTITUCIONAL**

## **1.1. A COMGÁS**

### **1.1.1. A empresa**

A Companhia de Gás de São Paulo - COMGÁS, maior distribuidora de gás natural canalizado do Brasil, é uma empresa de prestação de serviços públicos privatizada em abril de 1999 e regulada pela Agência Reguladora de Saneamento e Energia do Estado de São Paulo (ARSESP), órgão do governo estadual paulista.

A Companhia tem a missão de atender seus clientes com qualidade, disponibilizando o gás natural com confiabilidade e segurança, trabalhando sempre com responsabilidade social e respeito ao meio ambiente e garantindo práticas seguras baseadas em valores e princípios éticos.

Possui mais de 17 mil quilômetros de rede, em mais de 92 municípios, atendendo a mais de 2 milhões de consumidores nos segmentos residencial, comercial, industrial e veicular, com um consumo diário médio de 13 milhões de metros cúbicos de gás.

A maior parte do gás distribuído pela Comgás - hoje, cerca de 60% - provém da Bolívia, trazida pelo gasoduto Bolívia-Brasil, além de possuir como outras fontes de abastecimento a Bacia de Santos (SP) e a Bacia de Campos (RJ). No entanto, ao longo dos últimos anos diversas reservas foram descobertas, como a Bacia do Espírito Santo e as jazidas do pré-sal, transformando o cenário de gás natural no território brasileiro.

Atualmente, a COMGÁS tem como controladora a Cosan, uma das maiores companhias brasileiras, que possui reconhecida experiência no mercado industrial, além da qualidade de seu próprio corpo técnico.

Além disso, a certificação ISO 14001 atesta que a COMGÁS também contribui para reduzir a poluição com a disseminação de gás natural, adotando as melhores práticas de conservação ambiental em seu dia-a-dia.

### **1.1.2. COMGÁS: área de concessão**

A COMGÁS atua na Região Metropolitana de São Paulo, no Vale do Paraíba, na Baixada Santista e na região administrativa de Campinas. A Figura 1 ilustra a área de concessão da COMGÁS.



Figura 1: Área de concessão

## 1.2. O gás natural

### 1.2.1. As vantagens da utilização do gás natural

O gás natural (GN) é uma mistura de hidrocarbonetos leves que, a temperatura e pressão atmosféricas ambientes, permanece no estado gasoso. Na natureza, ele é originalmente encontrado em acumulações de rochas porosas no subsolo (terrestre ou marinho). Frequentemente, encontra-se associado ao petróleo. Para todos os efeitos, denominam-se gás natural as misturas de hidrocarbonetos gasosos com predominância de moléculas de metano ( $\text{CH}_4$ ). Na prática, o gás também apresenta em sua constituição moléculas mais pesadas, como etano, butano, propano, entre outras.

A versatilidade de utilização é uma das grandes vantagens do gás natural. Trata-se de um energético que pode ser utilizado em diversos segmentos da atividade econômica, incluindo a indústria, o comércio, o setor residencial e o de transporte, bem como o próprio setor energético, o qual pode utilizar o gás como um combustível primário para seus processos de transformação, por exemplo em refinarias de petróleo ou em termelétricas. Além disso, o gás natural pode ser usado como matéria-prima da

indústria química, sendo usado na fabricação de produtos com maior valor agregado como plásticos e lubrificantes.

O gás natural tem aumentado seu papel estratégico como fonte de energia para o mundo, principalmente em razão dessa sua versatilidade de uso, bem como de sua disponibilidade crescente e menor impacto ambiental em comparação com a queima de outros combustíveis fósseis. No mundo há grandes reservas de gás natural, fazendo com que a utilização deste combustível assuma importância cada vez maior na matriz energética dos países. Em relação ao Estado de São Paulo, a ampliação de reservas tanto na Bolívia como nas Bacias “*offshore*” brasileiras de Campos, Espírito Santo e Santos, sugere vasta disponibilidade de GN para atender a um mercado futuro crescente, desde que os preços sejam suficientemente competitivos. A utilização do gás natural em equipamentos adequados tende a ser menos poluente, por exemplo, que a queima do carvão mineral ou óleo combustível. A combustão de gases combustíveis adequadamente processados e em equipamentos corretos normalmente produz baixas emissões de materiais particulados, óxidos de enxofre e óxidos de nitrogênio, que são os grandes responsáveis pela chuva ácida e por doenças respiratórias nos seres humanos. Torna-se possível, portanto, que o consumidor utilize o GN de forma direta. Em virtude dessa particularidade, o gás natural confere competitividade externa aos produtos nos quais ele é utilizado em seu processo de fabricação (selo verde, ISO 14000), agregando valor à empresa.

A queima do gás natural também apresenta outras vantagens. Por exemplo, o gás possibilita uma combustão com elevado rendimento térmico, bem como controle e regulagem simples da chama. Assim, podem-se obter reduções na intensidade de consumo de energia na indústria, no comércio ou em residências. Além disso, ao permitir que a chama e/ou os gases de combustão entrem em contato direto com os produtos produzidos, a utilização do gás em várias indústrias contribui para o aumento da qualidade e da competitividade desses produtos. Desta forma, por sua elevada eficiência nos processos de combustão, bem como devido ao fato do GN muitas vezes beneficiar-se de vantagens nas políticas de preços e/ou nas diferenças tributárias entre os combustíveis, o gás natural tende a gerar economias através da redução do custo da energia aos seus usuários. Tais vantagens são ainda mais perceptíveis aos consumidores, mais sensíveis ao “ganho relativo” obtido a partir da substituição de outros energéticos pelo GN e os benefícios que podem ser conquistados em termos de qualidade.

No início do século XXI, a participação do GN na matriz energética nacional e mundial tenderá a se ampliar, contribuindo significativamente para a manutenção da qualidade do ar e da água, bem como ampliando a produtividade de vários processos econômicos. No ambiente residencial e comercial, vários equipamentos que utilizam tradicionalmente energia elétrica podem ter o gás natural como fonte de energia, como aparelhos de ar condicionado, geladeiras, secadoras de roupas, aquecedores de piscina, fornos de padaria e muitos outros.

No Brasil, o gás natural ocupa, aproximadamente, 12,5% da matriz energética<sup>1</sup>. No Estado de São Paulo, a participação do GN na matriz energética estadual representa 8,5%, sendo utilizada em vários segmentos: indústrias, setores comerciais, residencial, geração elétrica e veicular.<sup>2</sup> O gás natural, assim como o etanol produzido a partir da cana de açúcar, é a solução energética para o Estado de São Paulo afrontar os desafios de um novo século e já faz parte da vida de muitas pessoas que vivem e trabalham em cidades localizadas na área de concessão da COMGÁS. A descoberta de expressivas reservas de gás natural tem sido anunciada nos mares que banham o litoral paulista, principalmente em água profundas da Bacias de Santos. Este novo cenário abre um novo caminho de desenvolvimento para o Estado de São Paulo, na construção de uma indústria que permitirá explorar e produzir ditas reservas. Este caminho encontra ampla sinergia com o esforço da COMGÁS de distribuir e ampliar o consumo de GN em sua área de concessão.

### **1.3. Informações técnicas do gás natural**

Para obtenção das informações técnicas do gás natural acesso o link:

<https://www.comgas.com.br/para-industria/caracteristicas-do-gas-natural/>

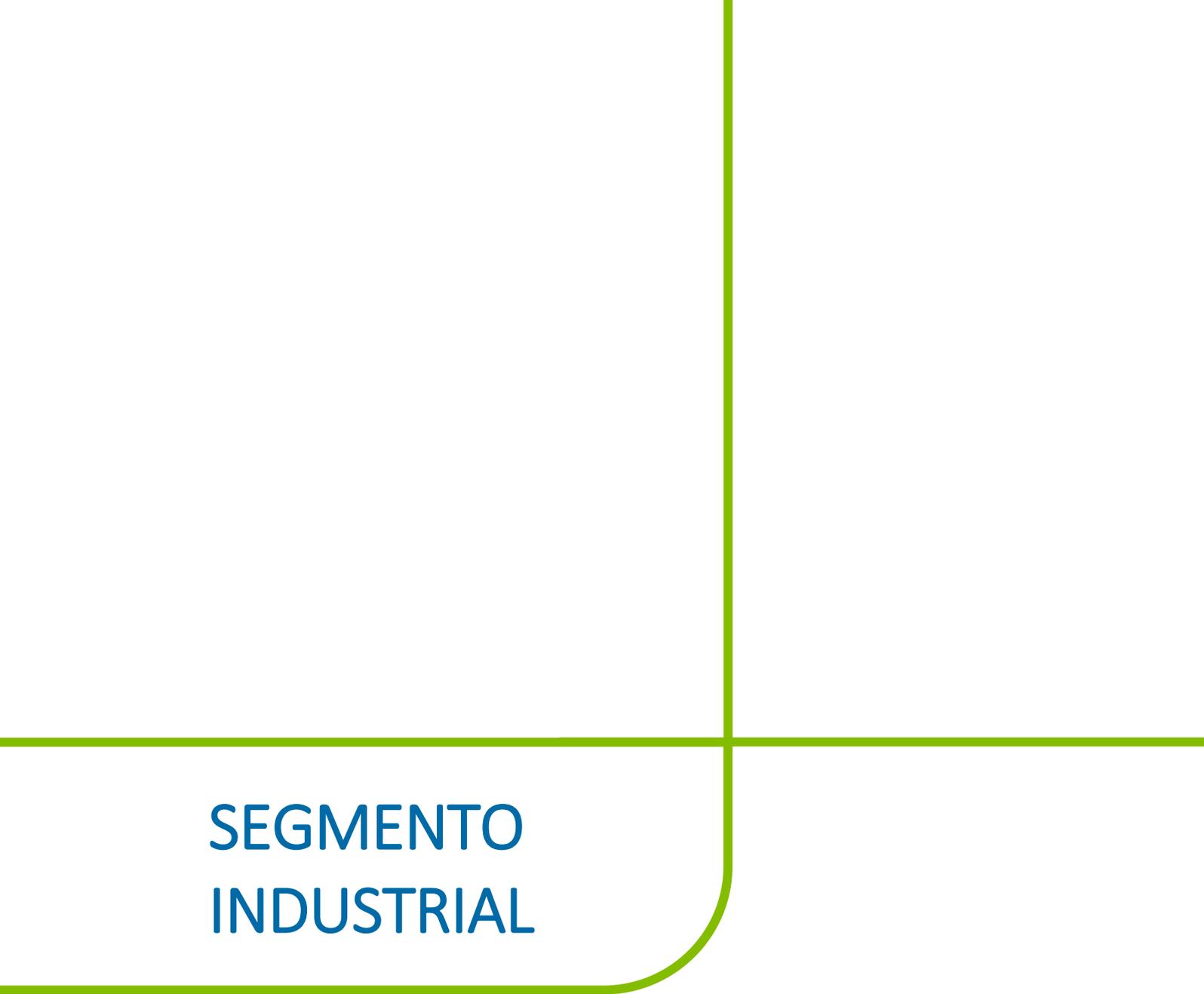
Em casos de dúvidas entre em contato com um de nossos consultores industriais:

<https://www.comgas.com.br/para-industria/nossos-consultores/>

---

<sup>1</sup> Balanço energético nacional – 2019

<sup>2</sup> Balanço energético do estado de São Paulo – 2019

A thick green L-shaped graphic element is positioned on the left side of the page. It consists of a vertical line extending from the top edge, a horizontal line extending from the vertical line, and a rounded bottom-right corner. The text 'SEGMENTO INDUSTRIAL' is centered within the horizontal portion of this graphic.

# SEGMENTO INDUSTRIAL

## 2.1. Aplicações industriais

Os principais segmentos atendidos pela COMGÁS, as suas características e os aparelhos utilizados dentro do setor industrial, estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1: Características e segmentos industriais.

SEGMENTO	DESCRIÇÃO	APLICAÇÕES
<b>Alimentício</b>	Setor responsável pela produção de alimentos processados e não processados, aditivos, suplementos e processos de pasteurização	Caldeiras, aquecedores de fluido térmico e <i>spray drier</i> , fornos
<b>Automotivo</b>	Setor responsável fabricação de autopeças, além de serem classificados como montadoras de motores e automóveis	Caldeiras, fornos, maçaricos, estufas, fundição e cabines de pintura
<b>Bebidas</b>	Setor responsável pela produção de bebidas alcoólicas e não alcoólicas, aditivos, concentrados e xaropes	Caldeiras, aquecedores de fluido térmico e <i>spray drier</i>
<b>Cerâmica</b>	Setor responsável pela fabricação de pisos, revestimentos cerâmicos, louças sanitárias, tijolos e blocos cerâmicos	Fornos, atomizadores e secadores
<b>Máquinas e equipamentos</b>	Setor responsável pela fabricação de maquinário, componentes, peças de reposição, válvulas e acoplamentos	Fornos de tratamento térmico, maçaricos, fornos cadinho
<b>Metalúrgico e siderúrgico</b>	Setor responsável pelos processos em materiais ferrosos e não ferrosos, como fundição, forjamento, tratamentos térmicos, trefilação e extrusão	Fornos, maçaricos e estufas
<b>Papel e celulose</b>	Setor responsável pela produção de papel vegetal e matéria-prima para produção de papeis e embalagens	Caldeiras, capotas e secadores
<b>Químico e petroquímico</b>	Setor responsável pela produção de cosméticos, aromas, essências, tintas, vernizes, resinas, derivados de petróleo e processos de limpeza	Caldeiras e incineradores
<b>Vidreira</b>	Setor responsável pela fabricação de vidros planos, vidros curvados, vidros especiais e cristais	Fornos

## 2.2. Pressão da rede

A máxima pressão de operação permitida para as redes internas de gás é de 4 bar, conforme NBR 15358.

Para o segmento industrial, as pressões de entrada e saída usualmente utilizadas na rede interna estão apresentadas na tabela abaixo. As redes de pressões fornecidas pela COMGÁS estão listadas abaixo, Tabela 2.

Tabela 2: Relação de pressões de entrada e saída na rede interna.

PRESSÕES DA REDE [bar]	PRESSÕES DE SAÍDA [bar]	
	Com regulagem de pressão	Sem regulagem de pressão
0,025	0,022	0,025
0,075	0,022	0,075
0,35	0,022	0,35
4	0,025	4
	0,075	
	0,35	
	1	
7	0,35	7
	1	
	2	
17	2	17
	4	

Para pressões de saída superior a 4 bar, a Comgás deve ser procurada para realizar orientações técnicas específicas.

### 2.3. Estações de gás

Todas as estações de gás, sejam elas CRM, MICROCRM, PLAYMOBIL, CM ou CR, devem atender os seguintes critérios:

- Ser montado em uma base de alvenaria construída pelo cliente, conforme seção 3.3;
- Possuir abrigo para proteção do conjunto, conforme seção 3.3;
- Estar localizado conforme critérios da seção 3.3.

#### 2.3.1. Conjunto de regulagem e medição – CRM

A utilização de CRMs de tramo simples é recomendada para as seguintes situações:

- Consumidores de baixas vazões;
- Segmento com processos industriais não críticos;
- Segmentos com regime de funcionamento *on-off* ou processo contínuo que permita uma parada programada

A utilização de CRMs de tramo duplo é recomendada para as seguintes situações:

- Segmentos com operações críticas (hospitais, órgãos públicos, processos industriais críticos etc.);
- Consumidores que exigem esta condição em contrato;
- Consumidores que estão localizados a mais de 50 km e/ou mais de 2 horas da central de atendimento da COMGÁS;
- Segmentos com regime de funcionamento contínuo.

A seleção do CRM é de responsabilidade do consultor técnico.

#### **2.3.1.1. CRMs não padronizados**

Os CRMs cujas características sejam diferentes das descritas para os modelos padronizados devem ser considerados como modelos especiais. Para ser considerado CRM não padronizado, o equipamento deve possuir divergência das características dos modelos padronizados nos seguintes aspectos:

- Faixa de pressão de entrada;
- Pressão de saída;
- Vazão máxima;
- *Layout* de construção.

Em situações que ocorrer a necessidade de instalação de CRMs não padronizados, o consultor técnico deve solicitar a Comgás a elaboração de um projeto específico para esses casos.

#### **2.3.2. MICROCRM**

##### **2.3.2.1. Critérios de utilização de MICROCRM**

Os MICROCRMs podem ser utilizados nas seguintes situações:

- Consumidores de até 120 m<sup>3</sup>/h;
- Segmento com operações não críticas;
- Segmentos com regime de funcionamento *on-off* ou processo contínuo que permita uma parada programada;

#### **2.3.3. PLAYMOBIL**

##### **2.3.3.1. Critérios para seleção de playmobil**

Os conjuntos de playmobil podem ser utilizados em situações onde:

- O consumo seja de até 180 m<sup>3</sup>/h
- As exigências de pressão na entrada sejam de 4 bar;
- Os consumidores são classificados como grande comércio e pequena indústria;

### **2.3.4. Conjunto de medição – CM**

#### **2.3.4.1. Critérios de seleção de CM**

Os conjuntos de medição são indicados para utilização em situações nas quais:

- Equipamentos que possuam pressão de funcionamento igual a pressão disponível na rede da Comgas;
- Clientes que possuam a necessidade de elevar a pressão, exemplo compressores de gás.

#### **2.3.5. Reguladores e conjuntos de regulação pré montado – CR**

Os reguladores de pressão devem ser conforme NBR 15590, EN 88-1, EN 88-2 ou EN 334.

Os reguladores devem ser selecionados de forma a atender a vazão prevista, máxima pressão especificada e a queda de pressão.

A instalação dos reguladores deve ser tal que sua localização:

- Esteja protegida de ação predatória;
- Esteja protegida de choques mecânicos;
- Esteja protegida contra corrosão e intempéries;
- Permita ventilação, evitando acúmulo de gás;

### **2.4. Esquemático de instalação de estação de gás**

Para a tipologia da rede interna, recomenda-se a instalação da estação de gás o mais próximo possível do alinhamento predial. Além disso, deve-se instalar uma válvula de bloqueio e uma válvula de purga localizada na saída do conjunto de regulação e medição.

A construção e instalação da rede externa, ramal externo e interno até o CRM é de responsabilidade da COMGAS. A partir da conexão de saída do CRM, caracteriza-se a rede interna de distribuição de gás, que tem o cliente como responsável pela construção, instalação e manutenção na planta industrial.

A Figura 2 apresenta de forma esquemática a instalação de um CRM, exemplificando o traçado da rede interna até os pontos de consumo em uma instalação industrial.

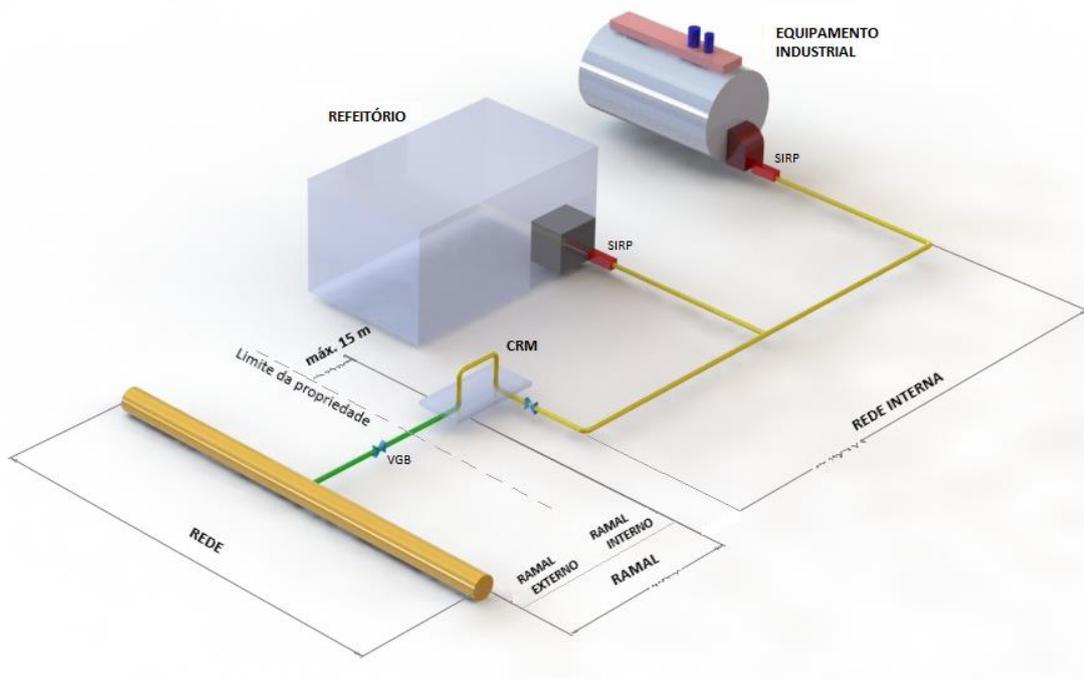


Figura 2: Exemplo esquemático de instalação de CRM e rede interna no segmento industrial



# PROJETO E EXECUÇÃO

### **3.1. Entrada de gás**

#### **3.1.1. Considerações gerais**

De acordo com as características arquitetônicas da planta industrial, usos pretendidos e o segmento de atuação deve ser construída a rede interna de gás mais adequada para as aplicações dos processos industriais.

A COMGÁS deve ser consultada com relação à existência de rede de distribuição e às pressões de fornecimento disponíveis na região da planta industrial.

O projeto e execução da rede interna de gás deve levar em consideração os requisitos da norma NBR 15358.

#### **3.1.2. Localização da interface com a Comgás**

Para possibilitar a execução do ramal externo pela Comgás, recomenda-se que o consumidor execute e mantenha o abrigo da estação de gás o mais perto possível do alinhamento predial, na direção da entrada do ramal e de maneira tal que o comprimento entre a mesma e a rede principal seja o menor possível.

#### **3.1.3. Atribuições e responsabilidades**

Os projetos, a execução e o laudo de teste de estanqueidade da rede interna de gás devem ser elaborados por profissional responsável com registro no respectivo órgão de classe, acompanhado da devida Anotação de Responsabilidade Técnica (ART).

### **3.2. Tubulação da rede interna de gás**

A rede interna de gás compreende toda a tubulação construída e instalada após o abrigo do medidor, regulador ou CRM e que tem como função direcionar o fornecimento de gás para os pontos de consumo.

A construção da rede interna é de responsabilidade do cliente e deverá seguir o projeto assinado por um engenheiro responsável, bem como ser acompanhada pelo consultor técnico da COMGAS. A Figura 3 apresenta de forma esquemática a definição de ramal externo, ramal interno, rede interna de gás e os responsáveis pela execução.

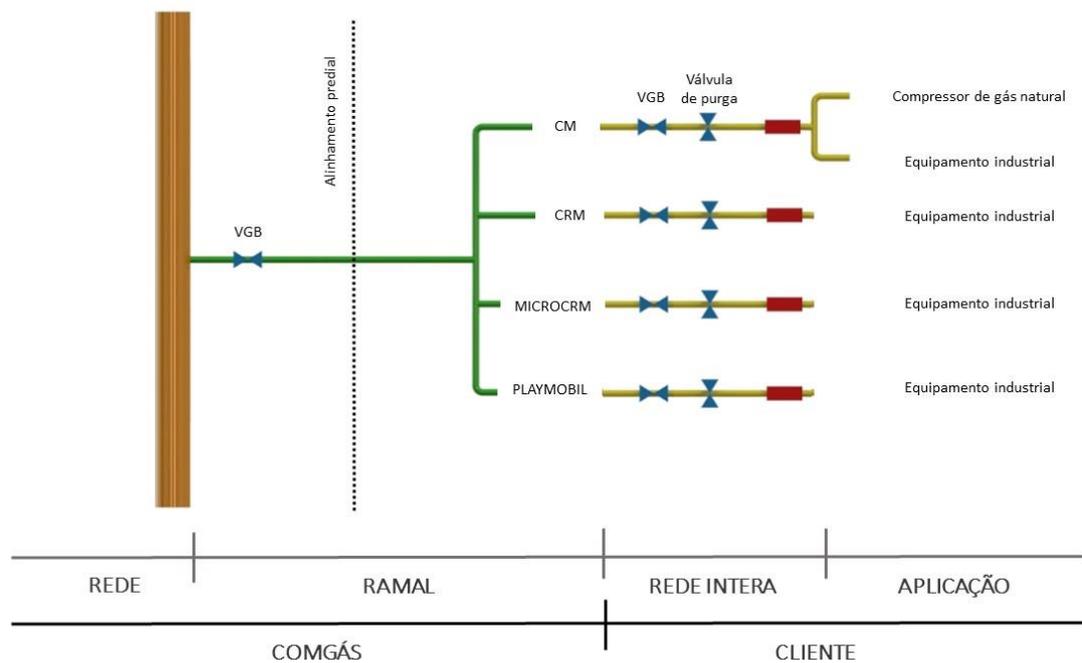


Figura 3: Definição de ramal externo, ramal interno e rede interna de gás.

### 3.2.1. Instalação da tubulação

O traçado deve levar em consideração os pontos de consumo, a otimização do desenho da rede interna e as possíveis interferências para o desenho da rede interna. Para a realização do traçado da rede interna, deve-se considerar os seguintes critérios:

- A rede interna deve percorrer locais ventilados, evitando o acúmulo de gás em casos de vazamentos;
- Se instalada em local fechado, a tubulação da rede deve possuir sistema de segurança contra vazamentos (equipamentos de proteção, tubo-luva e etc.);
- Toda a tubulação deve ser protegida contra contatos com a rede elétrica;
- A máxima perda de carga admissível é de 20% ou valor compatível com as necessidades dos aparelhos;
- Qualquer tubulação da rede interna de gás natural encanado que não estiver conectada no ponto de consumo e que estiver em carga deve ser plugada, capeada ou possuir flange cego montado a jusante da válvula de bloqueio manual;
- A tubulação não deve estar sujeita a vibrações mecânicas;
- Devem ser providos meios para facilitar a purga do gás natural encanado durante o comissionamento e para a manutenção da rede;
- A rede interna de gás deve possuir distância mínima de 0,30 m de qualquer fonte de calor ou de ignição;
- A tubulação deve incluir válvulas necessárias para proporcionar o isolamento das seções e para ser utilizada em caso de emergências;
- Para o projeto da rede interna, deve ser considerada a inclusão de pontos de espera para expansões futuras, evitando a parada da linha para o descomissionamento.

O projeto e execução da rede interna de gás deve levar em consideração os requisitos da norma NBR 15358.

### **3.2.2. Tubulação**

A tubulação da rede interna de gás pode ser instalada das seguintes formas:

- Aparente (imobilizada com elementos de fixação adequados);
- Embutida (paredes, muros);
- Enterrada.

As tubulações da rede interna de gás não podem ser instaladas em:

- Dutos de ventilação de ar-condicionado (aquecimento e resfriamento);
- Dutos de compartimentos de lixo ou de produtos residuais em atividade;
- Dutos de exaustão de produtos da combustão ou chaminés;
- Cisternas e reservatórios de água;
- Compartimentos de dispositivos ou equipamentos elétricos (painéis eletrônicos, subestação);
- Locais que contenham recipientes ou depósitos de combustíveis líquidos;
- Elementos estruturais (lajes, pilares, vigas), quando consolidada a estes;
- Espaços fechados que possibilitem o acúmulo do gás eventualmente vazado;
- Escadas enclausuradas, inclusive dutos de ventilação de antecâmara;
- Poço ou vazio de elevador.

A tubulação da rede interna de gás deve ser protegida contra descargas atmosféricas conforme NBR 5419. É estritamente proibido a utilização da tubulação como aterramento elétrico.

As tubulações da rede interna de gás devem ser identificadas mediante pintura da tubulação na cor amarela (código 5Y8/12 do código Munsell ou 110 Pantone).

A tubulação de gás natural pode ser identificada em outra coloração, desde que:

- A tubulação seja identificada com a palavra “GAS”;
- Identificada a cada 10 m ou em cada trecho aparente, o que primeiro ocorrer;

As válvulas, reguladores e demais acessórios devem ser identificados com a cor natural ou coloração do tubo de gás natural.

### 3.2.2.1. Tubulação aparente

A tubulação aparente não pode percorrer locais fechados que possibilitem o acúmulo de gás em caso de vazamento ou que dificultem a inspeção e manutenção.

Os requisitos de suportes exigidos para a tubulação aparentes são:

- A área de contato entre os suportes e a tubulação devem estar protegidos contra corrosão;
- O suporte não pode ser fixado, amarrado ou apoiado em tubulações já existentes (condução de água, vapor, instalações elétricas);
- O distanciamento entre os pontos de fixação deve ser tal que os esforços sobre os suportes não provoquem deformações nas tubulações;
- Em casos onde o material da tubulação e da fixação são diferentes, os suportes devem ser isolados com elementos plásticos ou similares, evitando contato direto entre a rede interna de distribuição e a fixação;
- Locais onde existe a possibilidade de ocorrência de choques mecânicos, deve ser prevista proteção que garanta a integridade da tubulação.

Os materiais utilizados para a construção dos suportes da tubulação não podem ser constituídos de materiais que possam provocar danos na superfície dos tubos ou algum tipo de corrosão.

Os suportes devem estar fixados em alvenarias de elevação, alvenarias de fechamento, lajes, elementos estruturais e apoiados em superfície.

Quando for identificado mudança de direção no traçado da tubulação ou ponto de possível fragilidade ou esforço, deve ser instalado um suporte para a fixação da tubulação.

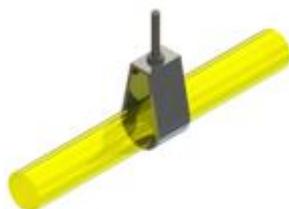
A Figura 4 apresenta exemplos ilustrativos de suportes que podem ser utilizados para a fixação das tubulações.



Braçadeira ômega



Braçadeira tipo união horizontal



Suporte de tubulação tipo econômica



Braçadeira "D" com parafuso



Braçadeira "D" com cunha



Braçadeira "U" de vergalhão



Braçadeira tipo unha



Braçadeira vertical



Braçadeira tipo união vertical



Mão francesa reforçada

Figura 4: Fixações de tubulação para rede interna de gás

### 3.2.2.2. Tubulação embutida

A tubulação da rede interna de gás embutida pode atravessar elementos estruturais (lajes, vigas, paredes, etc.), seja transversal ou longitudinal, desde que não exista contato com tais elementos estruturais.

Tubos-luva podem ser utilizados para a instalação da tubulação de gás em situações onde é inevitável a instalação da tubulação em espaços confinados ou por elementos estruturais. Os tubos-luva devem:

- Possuir no mínimo duas aberturas para a atmosfera;
- Ter resistência mecânica adequada para a sua utilização;
- Ser estanque em toda extensão, exceto nos pontos de ventilação;
- Possuir proteção contra a corrosão;
- Possuir suporte adequado, com área de contato protegida contra corrosão;
- A relação da área da seção transversal da tubulação e do tubo-luva deve ser de no mínimo 1 para 1,5.

Para travessias de elementos estruturais, conforme Figura 5, a tubulação deve manter revestimento até altura de 150 mm acima do nível da superfície.

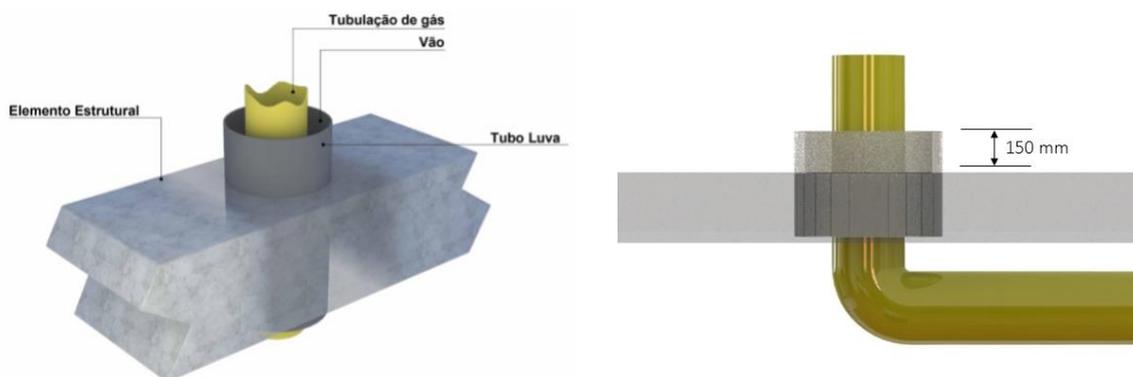


Figura 5: Exemplo ilustrativo de utilização de tubo luva

As fixações das tubulações embutidas devem seguir as seguintes orientações:

- Em paredes construídas em alvenaria, a fixação deve ser feita com argamassa de cimento e areia;
- Em parede pré-moldadas, sistemas *dry-wall* e tetos rebaixados, a fixação da tubulação deve ser realizada por meio de suportes de fixação adequadas, com o objetivo de manter a tubulação permanentemente posicionada;

Toda a rede interna que estiver embutida, deve evitar contato com materiais porosos, heterogêneos ou potencialmente corrosivos.

A tubulação da rede interna embutida deve manter os afastamentos mínimos conforme apresentado na Tabela 3.

Para rede interna embutida, a identificação deve seguir as seguintes condições específicas:

- Ser sinalizado com placas a cada mudança de direção;
- A instalação das placas de sinalização deve ser embutida na parede, sobre o alinhamento da tubulação, sendo que a face da placa deve ficar nivelada com a superfície da parede;

### 3.2.2.3. Tubulação enterrada

A rede interna enterrada só é permitida para tubulações externas a projeção horizontal da edificação, conforme Figura 6. Não é permitido instalar a tubulação enterrada no interior de galpões, armazéns ou edifícios administrativos, etc.

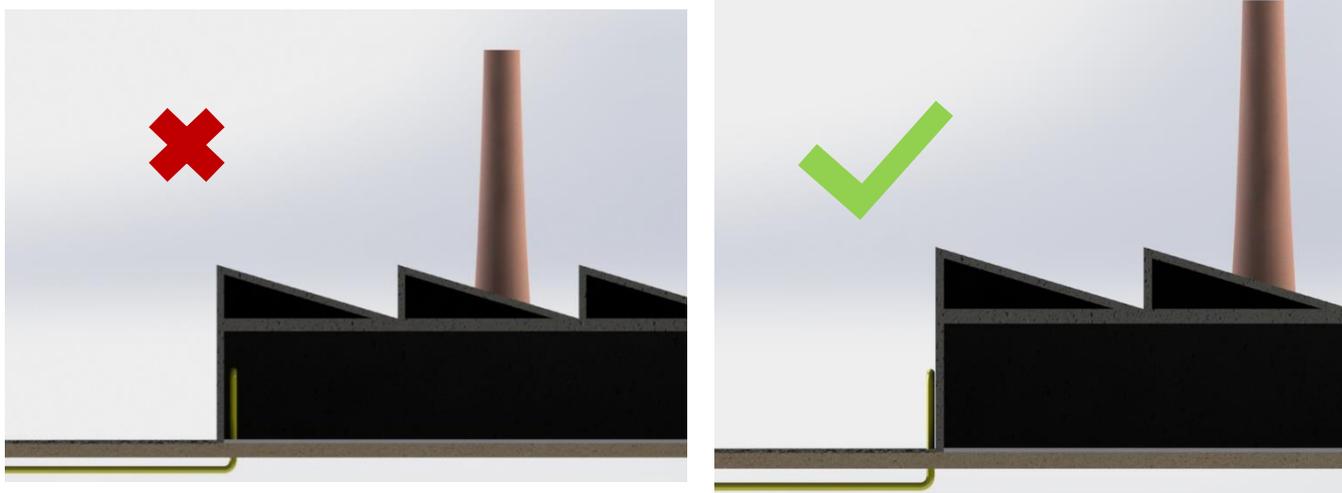


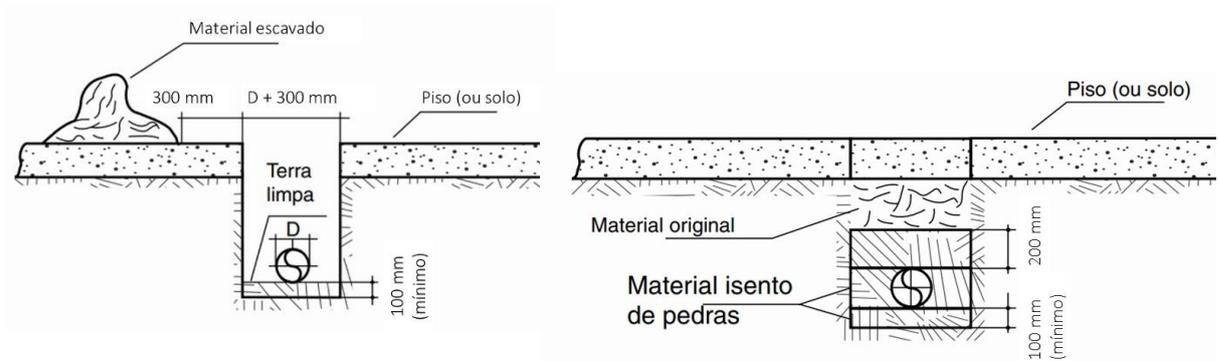
Figura 6: Entrada da tubulação na projeção horizontal da planta industrial

As tubulações enterradas devem possuir conexões apenas soldadas, sendo vetado a fixação de união flangeada ou conexão roscadas.

Para realizar o aterramento das tubulações da rede interna, as valas devem:

- Possuir seção retangular, a menos que a consistência do terreno não permita;
- Ter a menor largura possível, sendo suficiente o acréscimo de 300 mm ao diâmetro externo dos tubos;
- Receber 100 mm de terra limpa e compactada, para assentamentos diretos no solo, de forma a servir como base à tubulação, conforme Figura 7;

- Receber camada de 200 mm de material isento de pedras ou elementos estranhos, acima da geratriz superior, para casos de reaterro conforme Figura 7;



**Figura 7:** Instalação e reaterro de tubulações enterradas

Caso não seja possível atender às profundidades determinadas, deve-se estabelecer um mecanismo de proteção adequado – laje de concreto ao longo do trecho, tubo em jaqueta de concreto, tubo luva ou outros.

Para rede interna enterrada, a identificação deve seguir as seguintes condições específicas:

- Possuir fita plástica de advertência, a 0,20 m da geratriz superior do tubo, ao longo de toda a sua extensão;
- Para áreas não pavimentadas ou pavimentadas, deve possuir fita de sinalização enterrada, acima da tubulação ou placas de concreto com identificação;
- Para áreas com arruamento, a identificação deve ser feita por meio de fita de sinalização enterrada, acima da tubulação ou por identificação de superfície (tachão, placas e outros).

As proteções que as tubulações enterradas devem possuir para garantir a integridade dos tubos são:

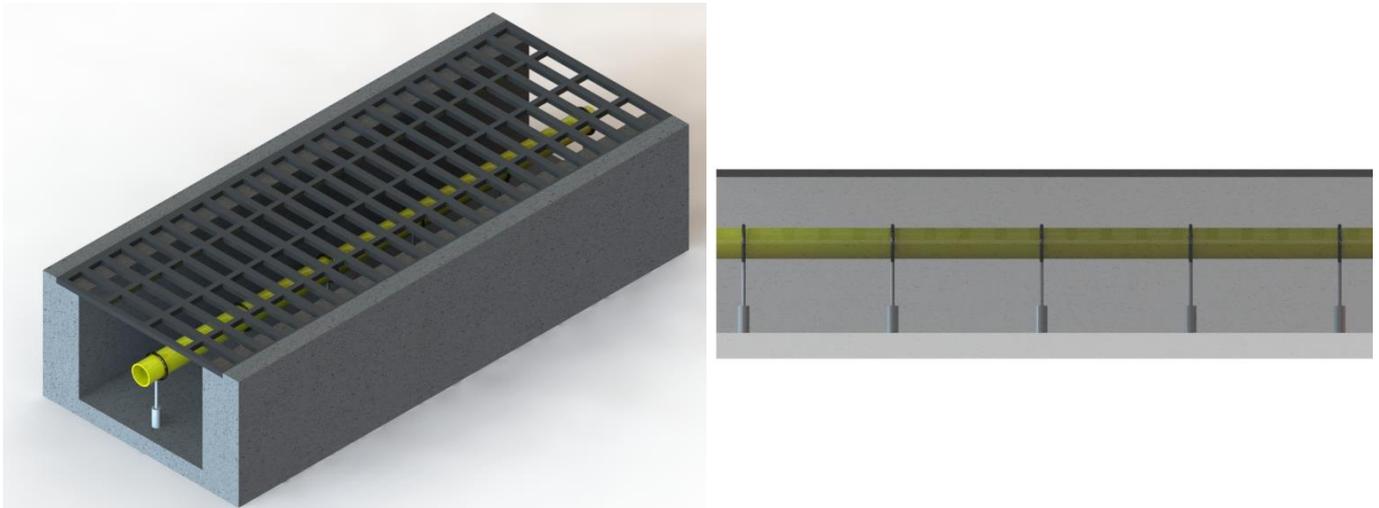
- Lajes, canaletas ou envelopamento de concreto, para proteção mecânica;
- Aplicação de fita adesiva, para proteção anticorrosiva.

Para a utilização de canaletas em tubulações enterradas, deve-se seguir as seguintes especificações:

- Ter cobertura com grades que possuam 50% da sua seção vazada;

- Possuir caimento longitudinal e transversal mínimo de 1%, para escoamento de água;
- Possuir instalação por suporte que fixe e isole a tubulação;
- Ser dimensionada para permitir o acesso à tubulação para a realização de manutenção;
- Ser utilizadas apenas pela tubulação de gás natural, sendo vetada a utilização da canaleta para passagem de eletrodutos ou tubulações de fluidos corrosivos;
- Possuir distâncias entre suportes em função do tipo de material do tubo que está sendo utilizado.

A Figura 8 representa de forma esquemática a utilização de canaleta para a instalação das tubulações.



**Figura 8:** Exemplo ilustrativo de tipos de canaletas utilizadas na instalação de tubulação da rede interna de gás.

### 3.2.3. Afastamentos

As tubulações da rede interna de distribuição de gás devem manter os afastamentos mínimos, conforme Tabela 3.

Tabela 3: Afastamentos mínimos na instalação de tubos para gás

TIPO	REDES EM PARALELO <sup>a</sup> [mm]	CRUZAMENTO DE REDES <sup>b</sup> [mm]
Sistemas elétricos até 440 V isolados em eletrodutos não metálicos <sup>a</sup>	30	10 (com isolantes)
Sistemas elétricos de até 440 V isolados em eletrodutos metálicos ou sem eletroduto <sup>a</sup>	50	c
Sistemas elétricos de 440 V a 12000 V	1000	1000
Sistemas elétricos superior a 12000 V	5000	5000
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, esgoto)	50	10

<sup>a</sup> Cabos telefônicos, de TV e de telecontrole não são considerados sistemas elétricos de potência.

<sup>b</sup> Considerar um afastamento suficiente para permitir a manutenção.

<sup>c</sup> Nestes casos, o sistema elétrico deve ser protegido por eletroduto, em uma distância de 500 mm para cada lado e atender à recomendação para sistemas elétricos de potência em eletrodutos em cruzamento.

A Figura 9 ilustra exemplos de afastamentos mínimos da tubulação de gás.

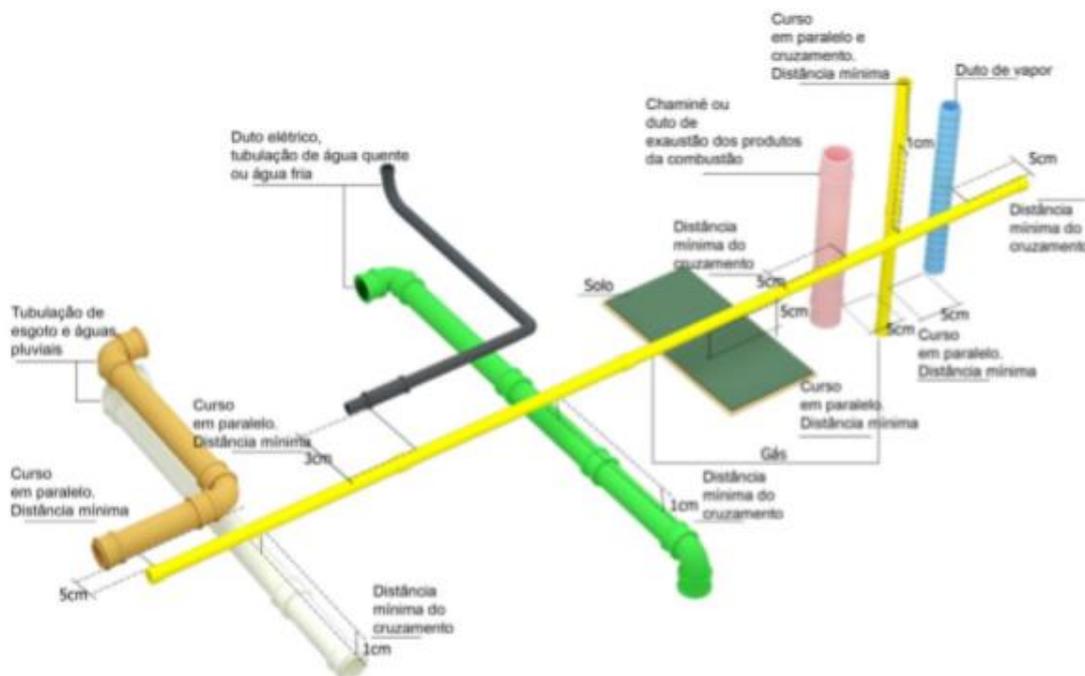
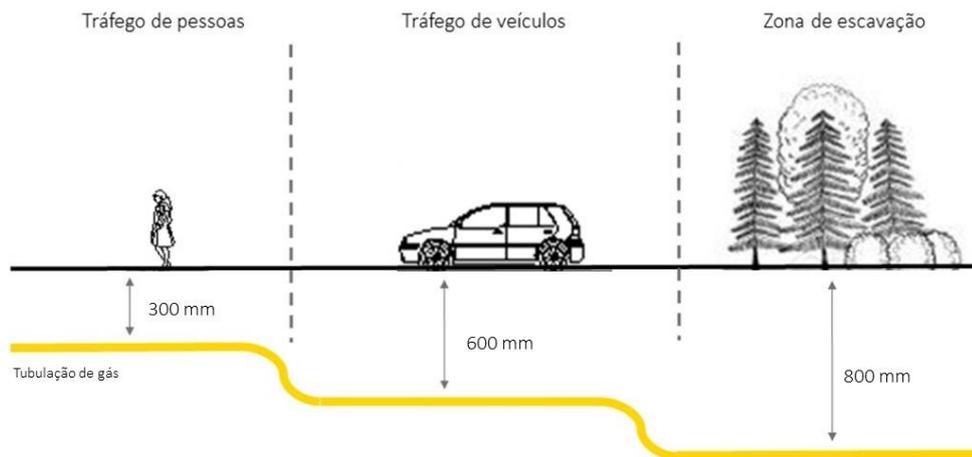


Figura 9: Exemplo ilustrativo de afastamentos mínimos da tubulação de gás

A rede interna de gás que estiver enterrada deve possuir:

- Afastamento mínimo de 300 mm de outras tubulações e estruturas;
- Profundidade mínima de 600 mm, a partir da geratriz superior, para locais onde há tráfego de veículos;

- Profundidade mínima de 800 mm, a partir da geratriz superior, em zonas ajardinadas ou sujeitas a escavação;
- Profundidade mínima de 300 mm, a partir da geratriz superior, em locais sem tráfego ou com tráfego de pessoas;



**Figura 10:** Afastamentos mínimos para tubulação enterrada

Tubos metálicos podem ser utilizados para a instalação de tubulação enterrada de gás, desde que:

- Possuam afastamentos mínimos de 5 m de fontes de energia superior a 12000 V e seus respectivos elementos;
- Em situações onde o afastamento seja impossibilitado, medidas mitigatórias devem ser implantadas para atenuar interferência eletromagnética nas tubulações a gás;

Tubos de polietileno podem ser utilizados para a instalação de tubulação enterrada de gás, desde que:

- A profundidade máxima seja de 1,5 m;
- Seja utilizada apenas em trechos enterrados e externos a projeção horizontal da edificação;

### **3.2.4. Proteção da tubulação**

As redes internas de gás devem estar protegidas dependendo do seu local de instalação. As principais proteções são:

- Proteção mecânica;
- Proteção contra corrosão;
- Proteção contra descargas elétricas;
- Pintura.

#### **3.2.4.1. Proteção mecânica**

Proteção aplicada a tubulações aparentes ou enterradas e devem ser protegidas por:

- Vigas;
- Cercas;
- Colunas ou lajes de concreto.

#### **3.2.4.2. Proteção contra corrosão**

Para realizar a proteção contra a corrosão o ambiente da instalação, o material da tubulação e os contatos com os suportes devem ser levado em consideração.

Em tubulações enterradas pode-se realizar:

- Revestimento com material que garanta a integridade da rede;
- Revestimento asfáltico;
- Revestimento plástico;
- Pintura epóxi;
- Proteção catódica.

Para as tubulações aparentes pode-se utilizar os mesmos métodos de proteção para tubulação enterradas.

#### **3.2.4.3. Pintura**

Em tubulações aparentes, pode-se pintar com tinta resistência às características do ambiente.

#### **3.2.4.4. Proteção contra descargas elétricas**

A tubulação da rede interna de gás, com relação ao sistema de proteção de descargas atmosféricas, deve:

- Ser interligada ao sistema de acordo com a norma NBR 5419;

É vetado a utilização de tubulações de gás como aterramento elétrico.

### **3.3. Abrigos**

A construção dos abrigos e bases civis das estações de gás são de responsabilidade do cliente.

#### **3.3.1. Interface com cliente**

A localização da estação de gás deve ser negociada com o cliente, tendo em vista o tipo de instalação e os parâmetros mínimos de segurança e operacionalidade exigidos pela COMGAS. O consumidor deve ser orientado que as características do abrigo de gás não podem ser alteradas sem previa autorização da Comgás

#### **3.3.2. Requisitos para escolha do local de abrigo**

Para a escolha da localização dos abrigos, os seguintes aspectos devem ser levados em consideração:

- Dimensões dos aparelhos a serem instalados;
- Deve estar isolada de edificações;
- Não estar em lugares sujeitos a intemperes ou a risco de choques mecânicos;
- Evitar locais corrosivos, úmidos, com poeira e perto de linhas férreas;
- Estar localizada sob abrigos cobertos e que atendam aos requisitos técnicos da Comgas;
- As portas dos abrigos com acesso através da área interna do consumidor devem ser providas de sistemas que as mantenham fechadas.
- Possuir dimensões que permitam o acesso para realizar leitura do medidor, manutenção, troca de equipamento e atendimentos em casos de emergência;
- Próximo ao abrigo deve estar disponível um extintor de pó químico;

Para a locação do abrigo, um consultor técnico da COMGÁS deve ser procurado para dar início ao procedimento.

Em situações onde o abrigo venha a ser construído em edificação existente, não poderá existir aberturas para outras áreas fechadas contíguas mesmo que não tenham fontes em potência de vazamento de gás.

### 3.3.3. Afastamentos do abrigo

Os abrigos das estações de gás devem estar localizados o mais próximo possível do alinhamento predial. Os locais dos abrigos devem obrigatoriamente atender aos afastamentos indicados na Tabela 4. A Figura 11 exemplifica os afastamentos requeridos.

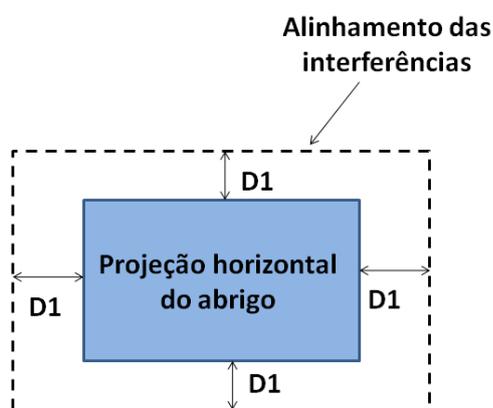


Figura 11: Exemplificação de afastamentos das projeções horizontais das estações de gás.

Tabela 4: Distanciamentos de estação de gás.

LOCAL (INTERFERÊNCIA)	DISTÂNCIA MÍNIMA [m]
Fornos e casas de caldeira	4
Chama aberta	5
Tocha ( <i>flare</i> )	25
Tanque de combustíveis líquidos	7,5
Linha de alta tensão subterrânea	5
Cabine de subestação (tensão máxima de 36,2 kV)	5
Linha de média tensão aérea (projeção horizontal - tensão máxima de 36,2 kV)	5
Vias de circulação	1,5
Edificações	4

### 3.3.4. Configuração dos abrigos

Os abrigos dos equipamentos devem atender as seguintes condições:

- Ser construídos de modo a facilitar o acesso ao local para atividades de montagem e manutenção dos componentes por parte da equipe técnica da Comgas;

- Possuir porta de acesso com cadeado. Para volumes menores ou igual a 300 m<sup>3</sup>/h, é requisitado apenas uma porta de acesso. Acima de 300 m<sup>3</sup>/h, são necessárias duas portas para acesso em fechamentos laterais distintos, com abertura para o exterior;
- Não deve possuir descargas de tubulações de saída da válvula de alívio no seu interior;
- As bases dos abrigos devem ser construídas em conformidade com o padrão do CRM, MICROCRM, PLAYMOBIL e CM em questão e atender aos requisitos na seção 3.3;
- O abrigo deve ser construído de material incombustível;
- Os componentes metálicos existentes no abrigo (estruturas, instalações, etc.) devem ser aterrados de acordo com as orientações técnicas do consultor da COMGÁS;
- Para orientação sobre a construção do abrigo e requisitos de ventilação, o consultor técnico da Comgas deve ser procurado.

Para casos onde houver a necessidade de instalação de iluminação artificial, os seguintes critérios devem ser seguidos:

- Possuir afastamento do CRM de 2 m em todas as direções, delimitado a partir da projeção horizontal da área construída;
- Caso a iluminação artificial seja no interior no abrigo, será necessário as instalações deverão ser a prova de explosão.

### **3.3.5. Dimensões das bases civis e abrigos de CRM**

#### **3.3.5.1. Base civil de CRM**

A Tabela 5 apresenta as dimensões mínimas para a construção da base civil para os CRMs padrões utilizados pela Comgás. A Figura 12 ilustra as dimensões das plataformas.

Tabela 5: Dimensões das bases civis de CRM

BASE CIVIL	VAZÃO MÁXIMA [m <sup>3</sup> /h]				DIMENSÃO [mm]	
	PRESSÃO DE SAÍDA				L	C
	0,35 bar	1 bar	2 bar	4 bar		
Plataforma I <sup>1</sup>	135	200	300	-	1800	2818
Plataforma II	135	200	300	-	1800	2938
Plataforma III <sup>1</sup>	337	500	750	-	2100	4005
Plataforma IV	337	500	750	-	2825	4003
Plataforma V	-	1.300	1.950	-	2900	4804
Plataforma VI	-	3.200	4.800	-	4688	7585
Plataforma VII	-	5.000	7.500	-	4675	8000
Plataforma VIII	-	-	12.000	-	5600	9612
Plataforma IX	-	-	1.950	3.250	2900	4848
Plataforma X	-	-	3.000	5.000	3160	5983
Plataforma XI	-	-	7.500	12.500	4688	8040

<sup>1</sup>Plataformas utilizadas para segmentos de baixa criticidade

<sup>2</sup>Considerados abrigos com  $2\text{m} \leq \text{altura do abrigo} < 3\text{m}$ .

As vazões máximas dependem da pressão de entrada da rede de distribuição da Comgás, sendo necessária a verificação junto com o consultor técnico.

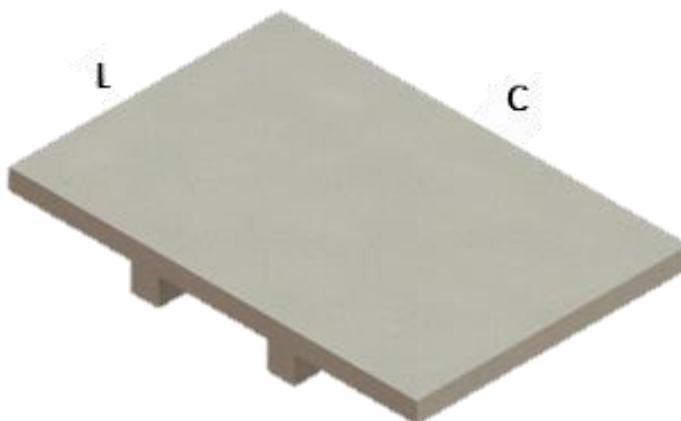


Figura 12: Exemplo ilustrativo da base civil de CRM

### 3.3.5.2. Base civil de MICROCRM

A Tabela 6 apresenta as dimensões mínimas para a construção da base civil para os MICROCRMs padrões utilizados pela COMGÁS. A Figura 13 ilustra as dimensões das plataformas.

Tabela 6: Dimensões do abrigo de MICROCRM

ABRIGO	VAZÃO MÁXIMA [m³/h]			DIMENSÃO [mm]		
	PRESSÃO DE SAÍDA			L	C	A
	0,35 bar	1 bar	2 bar			
Abrigo XII	54	80	120	800	1.200	1.200

As vazões máximas dependem da pressão de entrada da rede de distribuição da Comgás, sendo necessária a verificação junto com o consultor técnico.

### 3.3.5.3. Abrigos de Playmobil

A Tabela 7 apresenta as dimensões mínimas para a construção dos abrigos para PLAYMOBIL utilizado pela COMGÁS. A Figura 13 ilustra as dimensões dos abrigos.

Tabela 7: Dimensões do abrigo de PLAMOBIL

ABRIGO	VAZÃO MÁXIMA [m³/h]				DIMENSÃO [mm]		
	PRESSÃO DE SAÍDA				L	C	A
	22 mbar	75 mbar	0,35 bar	1 bar			
Abrigo 1	25	26	34	50	1090	600	1115
Abrigo 2	40	42	55	80	960	580	970
Abrigo 3	160	105	135	200	1050	680	920
Abrigo 4	25	26	34	50	2200	600	1500
Abrigo 5	40	42	55	80	2200	580	1500
Abrigo 6	100	105	135	200	2200	680	1500

As vazões máximas dependem da pressão de entrada da rede de distribuição da Comgás, sendo necessária a verificação junto com o consultor técnico.

### 3.3.5.4. Base civil de CM

A Tabela 8 apresenta as dimensões mínimas para a construção das plataformas para CM utilizado pela Comgás. A Figura 13 ilustra as dimensões das plataformas.

Tabela 8: Dimensões dos abrigos de CM

ABRIGO	VAZÃO MÁXIMA [m³/h]			DIMENSÃO [mm]		
	PRESSÃO DE ENTRADA			L	C	A
	4 bar	7 bar	17 bar			
Abrigo 7	1600	1750	1700	1.500	3.000	2.300

As vazões máximas dependem da pressão de entrada da rede de distribuição da Comgás, sendo necessária a verificação junto com o consultor técnico.

### 3.3.5.5. Base civil de CR

A Tabela 9 apresenta as dimensões mínimas para a construção das plataformas para CR utilizado pela Comgás. A Figura 13 ilustra as dimensões das plataformas.

Tabela 9: Dimensões dos abrigos de CR

ABRIGO	VAZÃO MÁXIMA [m <sup>3</sup> /h]			DIMENSÃO [mm]		
	PRESSÃO DE SAÍDA			L	C	A
	25 mbar	0,35 bar	1 bar			
Abrigo 8	250	250	350	1.000	1.500	1.000

As vazões máximas dependem da pressão de entrada da rede de distribuição da Comgás, sendo necessária a verificação junto com o consultor técnico.

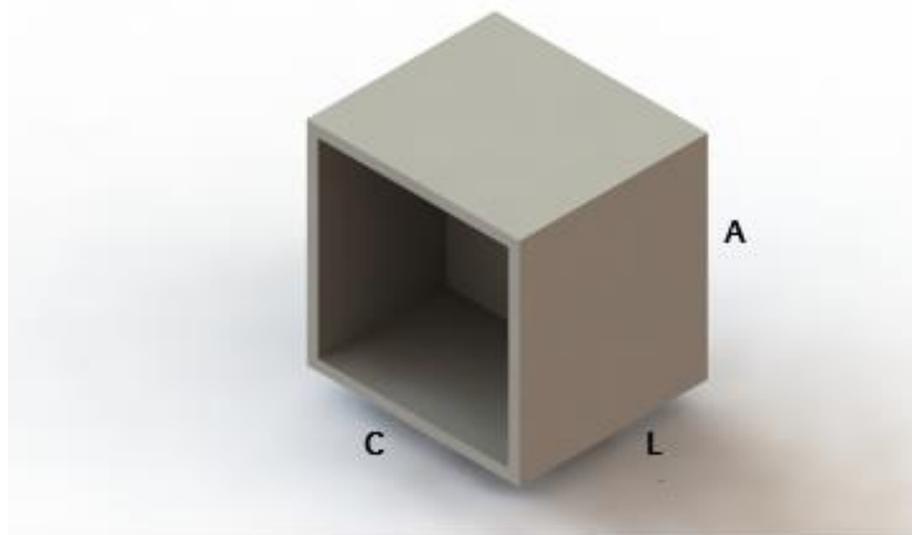


Figura 13: Exemplo ilustrativo da base civil de PLAYMOBIL, MICROCRM, CM e CR.

### 3.4. Testes

É obrigatório a elaboração de um procedimento de teste de estanqueidade e purga do gás, de forma a ser encaminhado para a Comgás.

#### 3.4.1. Estanqueidade

Toda a tubulação, antes de ser abastecida com gás combustível, deve ser obrigatoriamente submetida ao ensaio de estanqueidade.

O teste de estanqueidade deve ser executado nas seguintes condições:

- Quando houver instalação de tubulação nova;
- Houver modificação ou substituição de uma tubulação existente;
- Quando houver despressurização completa do sistema.

Para a realização do teste de estanqueidade, as seguintes considerações devem ser seguidas:

- Realizar inspeção previa na tubulação de gás em busca de defeitos grosseiros;

- Realizar o isolamento de locais que possuam válvulas, medidores ou outros dispositivos;
- Ser realizado o teste anteriormente a aplicação de pinturas ou revestimentos na instalação;
- O teste deve ser realizado nas primeiras horas da manhã, de forma a evitar os efeitos da variação de temperatura;
- A faixa de pressão medida deve estar entre 25% e 75% do fundo de escala do instrumento de medição, com divisões não maiores que 1% do final de escala.

Os testes nas novas instalações podem ser realizados pela injeção de ar comprimido ou gás inerte. Em instalações com volumes hidráulicos maiores que 3000 L é recomendado a utilização de gás inerte.

#### 3.4.1.1. Etapas do teste de estanqueidade

O teste de estanqueidade deve seguir as seguintes etapas:

- Estimativa do volume hidráulico da instalação;
- Estabelecimento da pressão de teste
- Seleção do manômetro;
- Determinação do período de teste;
- Execução do teste.

As exigências para as etapas do teste de estanqueidade estão apresentadas da Tabela 10.

**Tabela 10:** Exigências para as etapas de teste de estanqueidade

<b>Volume hidráulico</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Volume do trecho testado;</li> <li>– Deve-se conter os volumes adicionais presentes da linha;</li> <li>– Deve-se considerar o diâmetro interno da tubulação;</li> <li>– Para trechos grandes, pode-se dividir em volumes menores e realizar o teste de forma individual.</li> </ul>
<b>Pressão de teste</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– A faixa de pressão medida deve estar entre 25% e 75% do fundo de escala do instrumento de medição, com divisões não maiores que 1% do final de escala.</li> <li>– Para instalações ou extensões novas, deve-se utilizar pressão de 1,5 vezes a máxima pressão de operação;</li> <li>– Para instalações já existentes, deve-se utilizar a máxima pressão de operação;</li> <li>– Deve-se assegurar que os elementos presentes (conexões, válvulas, medidores etc.) suportam a pressão de teste;</li> <li>– Para instalações que passem por área de risco ou que possua pressão de operação acima de 4 bar, deve-se realizar testes hidrostáticos.</li> </ul>

---

<b>Manômetro</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Possuir precisão de 1 mbar, se for digital;</li> <li>– Possuir precisão de 1 mmca, se for coluna d'água;</li> </ul>
------------------	--

---

- O tempo de teste calculado deve ser arredondado para o minuto superior mais próximo;
- O tempo de teste deve ser obtido a partir da equação (1).

$$t = \frac{MVD \times VI \times 60}{MTVP} \quad (1)$$

**Período de teste**

t: tempo de teste [minutos]

MVD: Menor vazamento detectável [m<sup>3</sup> de vazamento/m<sup>3</sup> tubulação]

VI: Volume da instalação [m<sup>3</sup>]

MTVP: Máxima taxa de vazamento permitida [m<sup>3</sup> de vazamento/h]

---

**Tabela 11:** Classificação das instalações existentes

<b>CATEGORIA</b>	<b>MTVP</b>	<b>UNIDADE</b>
Área de risco	0,0014	m <sup>3</sup> de vazamento/hora
Área confinada	0,0005 <sup>nota 1</sup>	m <sup>3</sup> vazamento/hora m <sup>3</sup> do volume confinado
Áreas expostas e áreas de trabalho amplas e abertas	0,03	m <sup>3</sup> de vazamento/hora
Área subterrânea	0,03 <sup>nota2</sup>	m <sup>3</sup> de vazamento/hora

---

**Notas:**

1. É obrigatório que a taxa de vazamento em uma área confinada nunca exceda a máxima taxa de vazamento permitida para uma área de trabalho ampla e aberta. Caso exista mais de uma área de confinamento, então é obrigatório que o menor volume de área confinada seja utilizado para o cálculo da máxima taxa de vazamento permitida.

2. Tubulações enterradas devem ser testadas separadamente através do seccionamento por meio de válvulas instaladas a uma distância de até 3 (três) metros do ponto de entrada e saída da terra. É obrigatório que na classificação de uma área como sendo área subterrânea seja considerada a proximidade a porões, dutos de esgoto ou outras áreas confinadas.

---

Tabela 12: Mínimo vazamento detectável para diversos tipos de medidores de pressão

PRECISÃO [mbar]	MVD [m <sup>3</sup> de vazamento/m <sup>3</sup> de tubulação]
0,1 (1 mmca) <sup>nota 1</sup>	0,00005
0,5	0,00025
1	0,0005
5	0,0025

A pressão de 0,1 mbar (1 mmca) normalmente só é possível com manômetros de coluna d'água. O uso desse tipo de manômetro, entretanto, é restrito as pressões de operação mais baixas (em geral até 0,1 bar, correspondente a 1 metro de coluna d'água, que é o comprimento das colunas de água mais longas utilizadas no mercado). Manômetros digitais normalmente permitem precisões muito menores, porém podem ser utilizados para testes em redes de pressão mais alta.

Antes de ocorrer a purga da instalação, deve-se realizar uma verificação final em todas as válvulas e conexões sendo testadas das seguintes formas:

- Testar com espuma de sabão, para instalações novas ou existentes pressurizadas com ar comprimido ou gás inerte;
- Testar com espuma de sabão ou analisador de gás, para instalações existentes, pressurizadas com gás natural.

### 3.4.2. Purga

O procedimento de purga deve ser executado quando ocorrer:

- Introdução de gás natural na rede, após o teste de estanqueidade;
- Introdução de gás natural na rede onde haja possibilidade de presença de ar;
- Remoção de gás natural presente na rede, de forma a realizar algum processo na tubulação.

A purga pode ser realizada de duas formas:

- Purga direta, sendo utilizada para volumes hidráulicos inferior a 50 L e deve ser realizado com o gás combustível;
- Purga indireta, sendo utilizada para qualquer volume hidráulico e deve ser realizada com gás inerte.

Para o teste de purga, deve-se seguir as recomendações:

- A purga direta deve ser realizada de forma contínua, sem ocorrer interrupção do processo. Em caso de descontinuidade, é obrigatório descomissionar o trecho e refazer a purga pelo método indireto.

- Todos os produtos da purga devem ser canalizados para o exterior da edificação, para locais e condições seguras. Deve evitar realizar as descargas do gás próximo a construções ou fontes de ignição;

Os requisitos que precisam ser atendidos pelos equipamentos durante o teste de purga estão especificados abaixo, na Tabela 13.

Tabela 13: Especificação de equipamentos para o teste de purga

EQUIPAMENTO	ESPECIFICAÇÃO
<b>Torre de purga</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Estar localizado em área aberta;</li> <li>– Bocal de descarga a 2,5 m acima do solo distante de fonte de ignição;</li> <li>– Conexão com a tubulação por mangueira flexível;</li> <li>– Linha de descarga com retentor de chama;</li> <li>– Deve possuir pontos de amostragem;</li> <li>– Possuir manômetro instalado a montante da válvula de controle de descarga.</li> </ul>
<b>Explosímetro</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– As linhas de amostragem do equipamento devem ser testadas quanto a vazamento;</li> <li>– O equipamento deve ser calibrado anteriormente as medições;</li> </ul>
<b>Extintor de incêndio</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Ser de pó químico seco portátil;</li> <li>– Possuir um extintor em cada ponto de purga;</li> </ul>

### 3.5. Fluxo de ligação industrial

O fluxo de ligação para os clientes industriais, com os responsáveis por cada etapa do projeto está ilustrado na Figura 14.

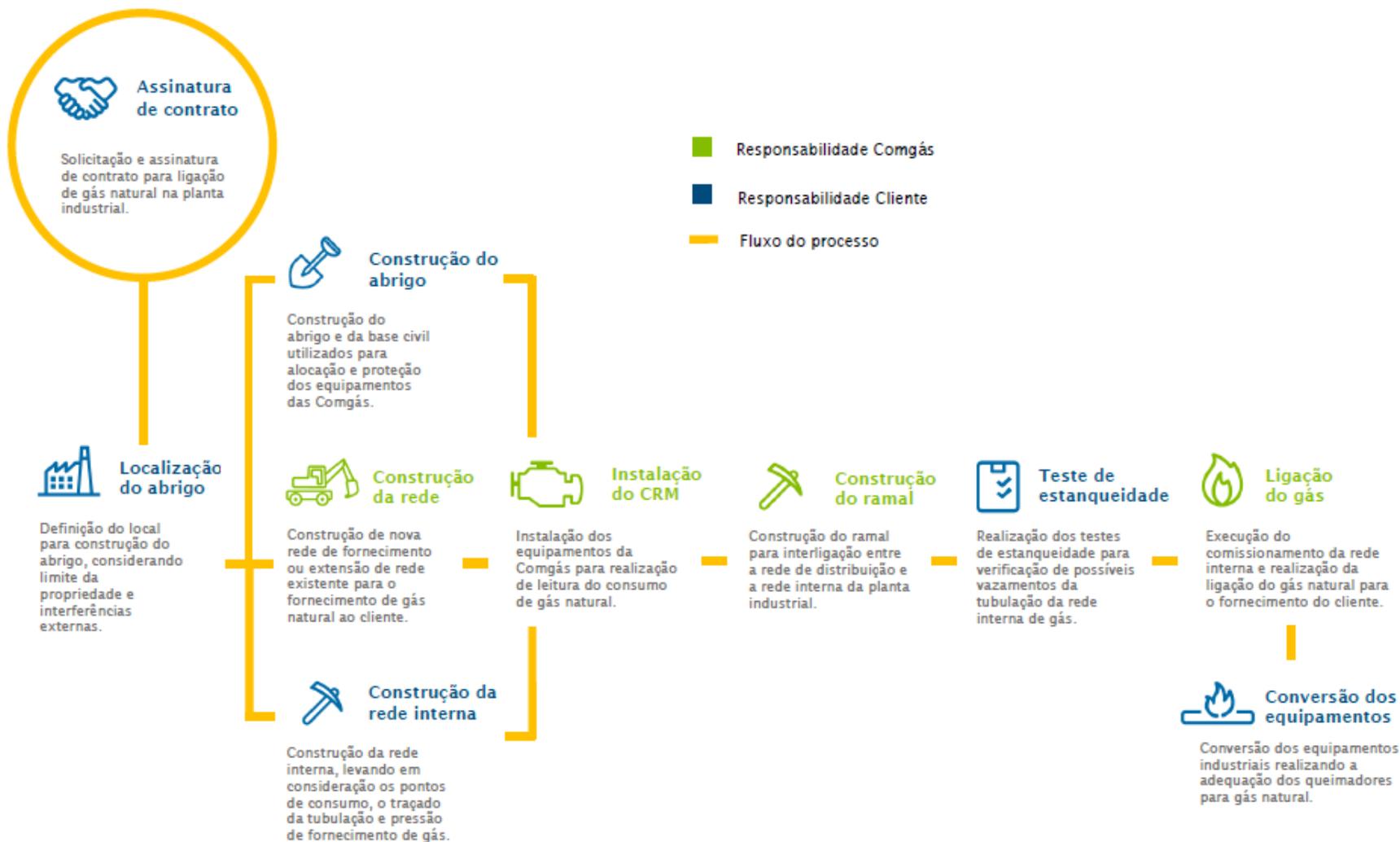
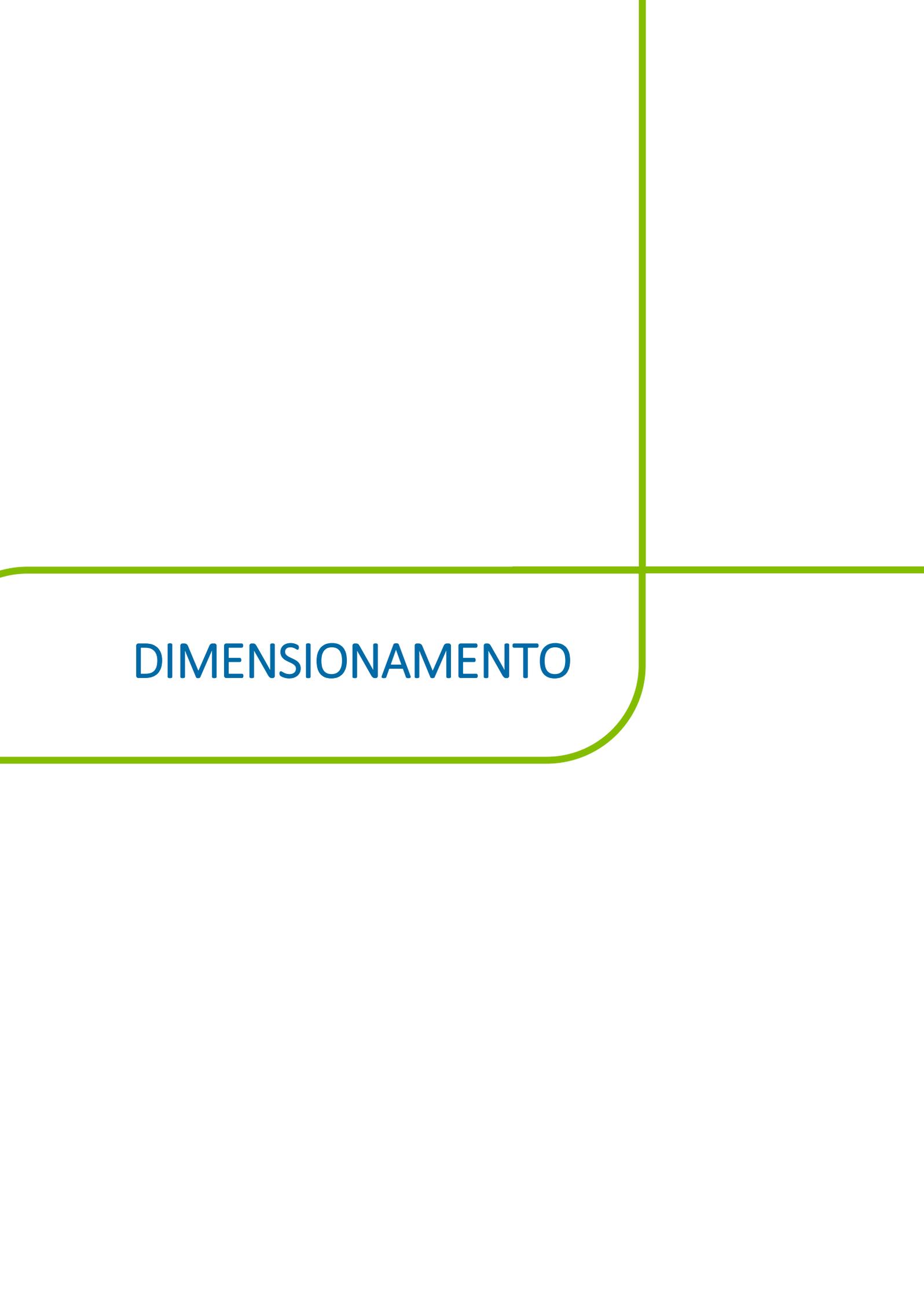


Figura 14: Fluxograma das etapas de projeto para instalação industrial



**DIMENSIONAMENTO**

## 4.1. Parâmetros de dimensionamento

A tubulação de gás deve ser dimensionada levando em consideração os seguintes parâmetros:

- Pressão de operação;
- Potência ou vazão de operação;
- Pressão da rede de distribuição de GN;
- Características da instalação industrial;
- Perda de carga.

### 4.1.1. Pressão de operação

A pressão do gás utilizado para o dimensionamento é a máxima pressão de operação da rede interna de gás. Deve ser levado em consideração as características de funcionamento do aparelho, sendo necessário uma avaliação caso a caso.

### 4.1.2. Potência ou vazão de operação

O cálculo de potência ou vazão de gás necessário para atender cada unidade industrial, deve ser feito considerando o consumo de gás em cada aparelho, adotando-se o valor com base nos dados fornecidos pelo fabricante.

Para o levantamento de consumo de gás, deve-se identificar o perfil de consumo dos aparelhos, bem como o consumo máximo. Para esse cálculo, deve considerar o PCI e a eficiência dos aparelhos.

O Anexo 1 apresenta os valores recomendados como parâmetros para os aparelhos a gás industriais.

A determinação da vazão de gás pode ser obtida conforme equação abaixo:

$$Q = \frac{A}{PCI}$$

A: potência adotada [kcal/h];

PCI: poder calorífico inferior [kcal/m<sup>3</sup>], sendo 8600 para gás natural;

Q: vazão de gás [Nm<sup>3</sup>/h];

#### 4.1.3. Pressão da rede de distribuição de GN e pressão da rede interna de gás

O dimensionamento do ramal externo é de responsabilidade da COMGÁS. Entretanto, para seleção da estação de gás deve-se levar em consideração as vazões de operação e também a pressão disponível no ramal externo, conforme apresentado da Tabela 2.

#### 4.1.4. Características da instalação industrial

As características da instalação influenciam no dimensionamento do consumo e do traçado da rede interna do cliente. Deve ser levado em consideração toda a localização dos aparelhos, o segmento da indústria e as características dos aparelhos, conforme apresentado no capítulo 3.

#### 4.1.5. Perda de carga

A máxima perda de carga admitida para a rede interna de tubulações que alimentam os aparelhos a gás é de 10% da pressão de operação (PO).

A máxima perda de carga admitida para a rede que alimenta o regulador de pressão é de 20% da pressão de operação (PO).

Vide Anexo 2 para obter os valores de perda de carga de alguns materiais de tubulação.

#### 4.1.6. Cálculo da perda de carga

O comprimento total das tubulações da rede interna deve ser obtido somando o trecho horizontal, vertical e as respectivas perdas de cargas localizadas.

Para trechos verticais ascendentes, deve-se considerar **um ganho** de pressão para cada metro referido do trecho.

Para trechos verticais descendentes, deve-se considerar **uma perda** de pressão para cada metro referido do trecho.

O valor de acréscimo ou decréscimo de pressão pode ser obtido conforme a equação abaixo

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

$\Delta P$ : variação da pressão [kPa];

H: altura do trecho vertical [m];

S: densidade relativa (0,6 para GN);

Para redes de gás cuja pressão de operação seja até 7,5 kPa (0,075 bar), recomenda-se o uso da equação abaixo

$$H = \frac{Q^{0,9}}{2,22 \times 10^{-2}} \left[ \left( \frac{S^{0,8} \times L}{D^{4,8}} \right) \right] \quad (3)$$

Desse caso, deve-se encontrar a perda de carga gerada pelo diâmetro dimensionado para a tubulação.

Q: vazão do gás [Nm<sup>3</sup>/h]  
D: diâmetro interno do tubo [mm]  
H: perda de carga máxima [kPa]  
L: comprimento do trecho da tubulação [m]  
S: densidade relativa do gás (0,6 para GN)

Para redes de gás que operam em pressões acima de 7,5 kPa (0,075 bar), recomenda-se o uso da equação abaixo

$$PB^2_{abs} = PA^2_{abs} - \frac{4,65 \times 10^5 \times S \times L \times Q^{1,82}}{D^{4,82}} \quad (4)$$

Para esse caso, é necessário encontrar a pressão de saída do trecho dimensionado

Q: vazão de gás [Nm<sup>3</sup>/h]  
D: diâmetro interno do tubo [mm]  
L: comprimento trecho da tubulação [m]  
S: densidade relativa do gás (0,6 para GN)  
PA: pressão de entrada do trecho [kPa]  
PB: pressão de saída do trecho [kPa]

#### 4.1.7. Velocidade

A velocidade máxima admitida para as redes é de 20 m/s.

O cálculo de velocidade pode ser obtido conforme equação abaixo

$$V = \frac{354 \times Q}{\left[ \left( \frac{P}{98,066} \right) + 1,033 \right] \times D^2} \quad (5)$$

V: velocidade [m/s]  
Q: vazão do gás na pressão de operação [m<sup>3</sup>/h]  
P: pressão manométrica de operação [kPa]  
D: diâmetro interno do tubo [mm]

## 4.2. Metodologia de dimensionamento

A sequência para o dimensionamento tanto da rede interna, quanto do perfil de consumo do cliente, segue os passos apresentados na Figura 15.

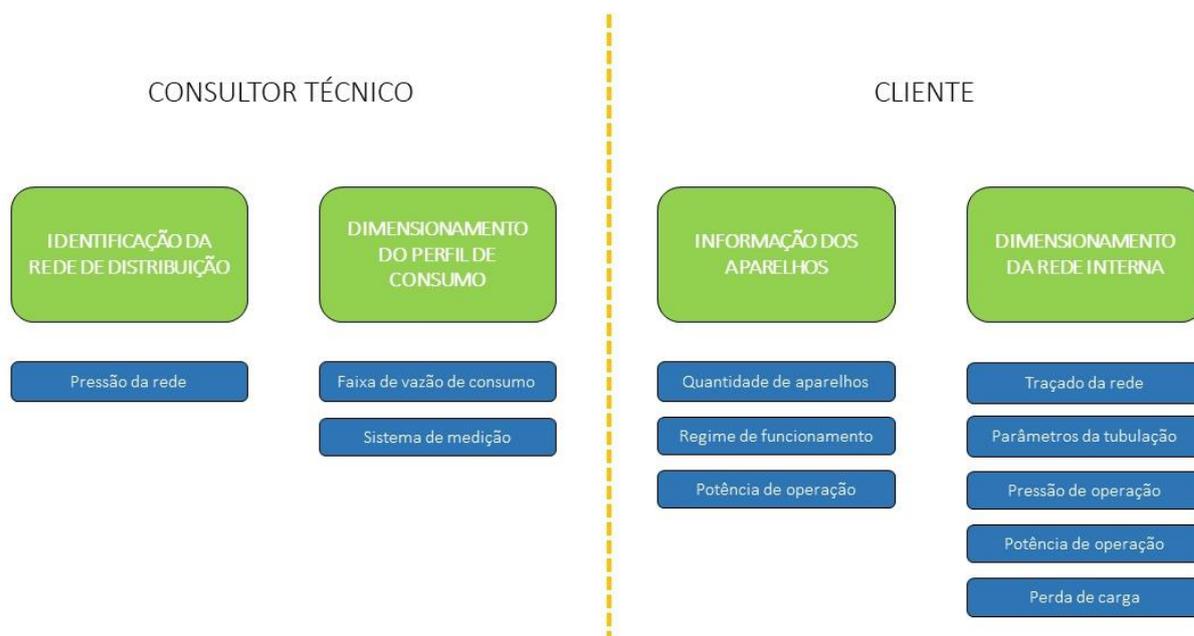


Figura 15: Sequência de dimensionamento

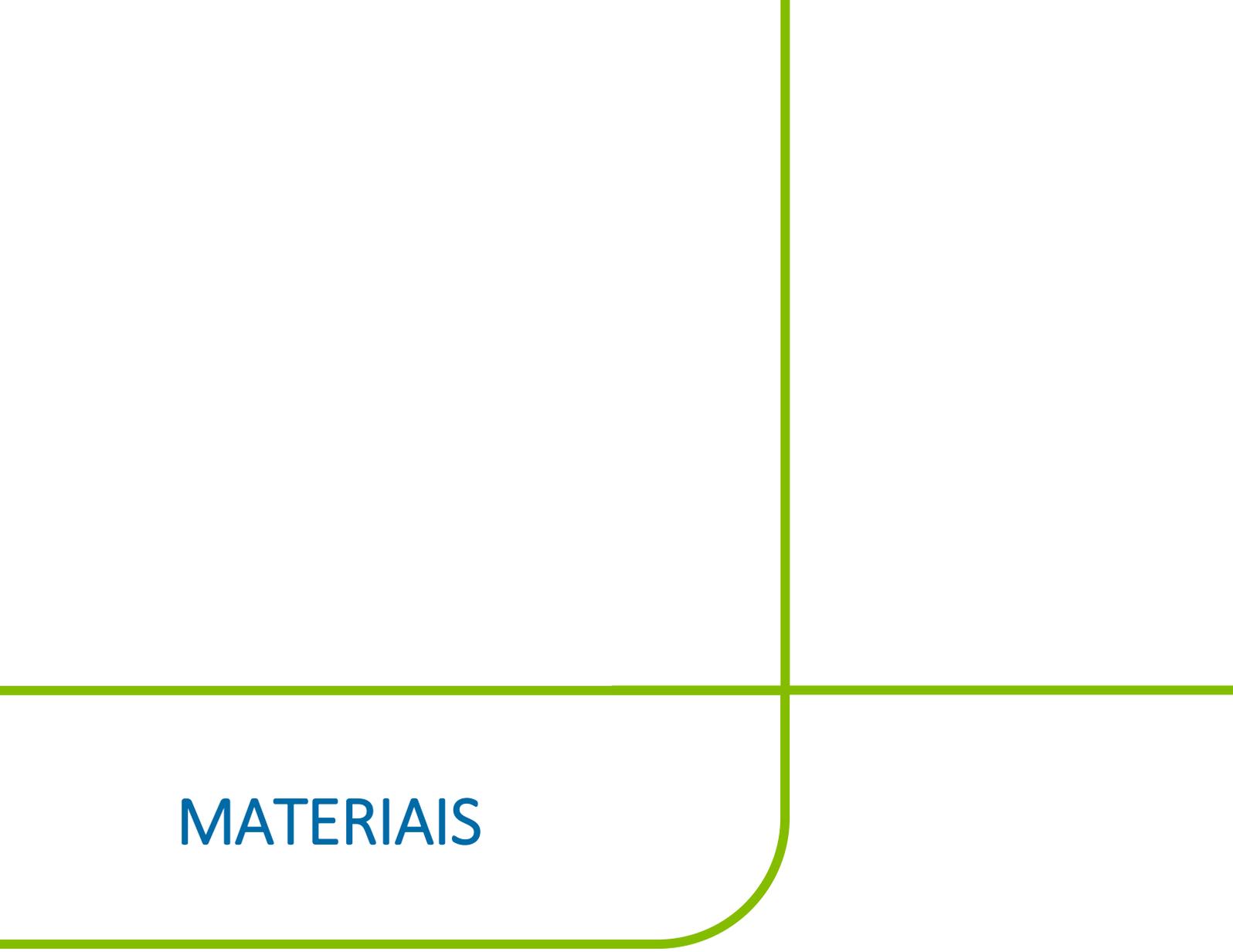
### 4.2.1. Rotina de dimensionamento

1. Definir o posicionamento dos aparelhos da unidade industrial;
2. Preparar o isométrico da rede interna de tubulação;
3. Numerar sequencialmente cada nó e ponto de utilização, partindo do ponto imediatamente a jusante do regulador;
4. Definir o comprimento real do tubo da rede em metro, a partir do isométrico;
5. Determinar os comprimentos equivalentes das conexões, por meio dos valores dos fabricantes;
6. Calcular o comprimento total da tubulação para cada trecho, somando o comprimento real e o comprimento equivalente;
7. Calcular a potência adotada em kcal/h para cada trecho;
8. Calcular a vazão adotada em  $m^3/h$  para cada trecho, dividindo a potência adotada de cada trecho por 8600 (valor relativo ao poder calorífico inferior [PCI] do gás natural em kcal/h na condição de 20°C a 1 atm);
9. Adotar um diâmetro inicial, objetivando verificar o atendimento da instalação às condições de perdas de carga máximas admissíveis;
10. Determinar a pressão inicial de cada trecho;

11. Para tubulações cuja pressão de operação seja até 7,5 kPa (0,075 bar), calcular a perda de carga em cada trecho, conforme equação 3;
12. Para tubulações cujas pressões de operação sejam acima de 7,5 kPa (0,075 bar), calcular a pressão final do trecho, conforme equação 4;
13. Para isométricos da rede interna que possuam trechos ascendentes ou descendentes, calcular o acréscimo ou decréscimo de pressão em cada trecho correspondente e adicionar ou diminuir do valor da perda de carga do trecho, conforme equação 2;
14. Calcular a pressão final, levando em conta as perdas de cargas calculadas;
15. Calcular a velocidade de operação conforme equação 5;
16. Se a perda de carga total do trecho ou a velocidade for superior aos limites máximos estabelecidos, repetir os passos 9 ao 15, selecionando um diâmetro maior para a tubulação em cada trecho.

#### **4.3. Exemplo de dimensionamento CRM**

O Anexo 2 apresenta os exemplos de dimensionamento da rede interna.



MATERIAIS

## **5.1. Sistemas em aço**

Podem ser adotados em aço os seguintes materiais.

### **5.1.1. Tubos**

Aço-carbono com ou sem costura, na classe média, conforme NBR 5580 ou classe normal, conforme NBR 5590 ou grau A com espessura mínima correspondente a SCH40, conforme ANSI/ASME B36.10M.

### **5.1.2. Conexões**

As conexões de aço forjado conforme ANSI/ASME B.16.9 devem ser soldadas em tubos específicos pela NBR 5590.

Ferro fundido maleável, de acordo com as normas NBR 6943, NBR 6925 ou ASME/ANSI B16.3;

Para conexões com acoplamentos soldados em tubos de aço, o processo de soldagem pode ser realizado das seguintes formas:

- Arco elétrico com eletrodo revestido;
- Soldas com proteção de gás inerte ou gás ativo, como MIG e TIG;
- Arco submerso.

Todo o processo de soldagem deve atender aos requisitos da NBR 12712.

## **5.2. Sistemas em cobre**

Podem ser adotados em cobre os seguintes materiais.

### **5.2.1. Tubos**

Cobre rígido sem costura, que atendas às especificações da NBR 13206.

### **5.2.2. Conexões**

Conexões de cobre conforme NBR 11720 devem ser utilizadas em tubos especificados pela NBR 13206.

Conexões em cobres e ligas de cobre para acoplamentos soldados, roscados e por compressão, para aplicações em tubos de cobre conforme as normas NBR 11720 e NBR 15277.

### **5.2.2.1. Conexões soldadas em tubos de cobre**

Para conexões com acoplamentos soldados em tubos de cobre, o processo de soldagem pode ser realizado das seguintes formas:

- Soldagem capilar (solda branda ou solda estanho e chumbo);
- Brasagem capilar (solda forte ou foscooper).

O processo de soldagem capilar pode ser utilizado:

- Para tubulação aparente, embutida ou enterrada;
- Pressão máxima de 7,5 kPa;
- Metal de preenchimento com ponto de fusão acima de 200 °C.

O processo de brasagem capilar pode ser utilizado:

- Para tubulação aparente, embutida ou enterrada;
- Metal de preenchimento com ponto de fusão mínimo de 450 °C.
- Pressões acima de 7,5 kPa devem ser utilizadas brasagem capilar.

Todas as soldas e os fluxos utilizados dentro do processo de soldagem para tubos de cobre devem estar de acordo com NBR 15489.

O processo de soldagem deve ser conforme NBR 15345.

### **5.2.2.2. Conexões por compressão em tubos de cobre**

Para as tubulações de cobre especificadas nas normas NBR 14745 e NBR 13206, as conexões utilizadas devem estar de acordo com a NBR 15277 e o processo deve ser executado conforme NBR 15345.

## **5.3. Sistemas em cobre flexível**

Podem ser adotados em cobre flexível os seguintes materiais.

### **5.3.1. Tubos**

Cobre flexível sem costura, na classe 2 ou 3, conforme NBR 14745.

### **5.3.2. Conexões**

Conexões de cobre ou ligas de cobre que atendam às especificações da norma NBR 15277, para acoplamento dos tubos de cobre flexível conforme a norma NBR 14745.

## **5.4. Sistemas em polietileno**

Podem ser adotados polietileno os seguintes materiais.

#### **5.4.1. Tubos**

Polietileno, PE80 ou PE100, utilizado apenas para redes enterradas, que atenda às especificações da NBR 14462.

As tubulações em polietileno somente podem ser utilizadas em trechos enterrados e externos as projeções horizontais das edificações.

#### **5.4.2. Conexões**

Conexões em polietileno para PE80 ou PE100, em redes enterradas, de acordo com a norma NBR 14463.

Conexões em ferro fundido maleável, com terminais de compressão para tubulação em polietileno, conforme ISO 10838-1 ou DIN 3387.

As conexões de transição entre tubos de polietileno e tubos metálicos, devem ser aplicadas as normas ASTM D2513 e ASTM F 1973.

##### **5.4.2.1. Conexões soldadas em tubos de polietileno**

Para conexões com acoplamentos soldados em tubos de polietileno, o processo de soldagem pode ser realizado das seguintes formas:

- Solda por eletrofusão;
- Solda de topo.

As soldas por eletrofusão devem ser conforme NBR 14465.

As soldas de topo devem ser conforme NBR 14464.

As conexões que são podem ser acopladas por eletrofusão estão especificadas na NBR 14463.

##### **5.4.2.2. Conexões por compressão em tubos de polietileno**

As conexões de tubulações de polietileno especificadas nas normas NBR 14462, o processo deve ser executado conforme ISSO 10838-1 ou DIN 3387.

#### **5.5. Sistemas em multicamada**

O sistema de tubulação multicamada é constituído por tubos, conexões, ferramentas e acessórios. O tubo é composto por metal-plástico de múltiplas camadas unidas por adesivo, nas possíveis composições:

- Camada interna: Polietileno (PE) ou Polietileno Reticulado (PE-X) ou Polietileno RT (PE-RT);
- Camada intermediária: Alumínio;
- Camada externa: Polietileno (PE) ou Polietileno Reticulado (PE-X) ou Polietileno RT (PE-RT).

Podem ser adotados polietileno os seguintes materiais.

#### **5.5.1. Tubos**

Os sistemas multicamada devem atender as especificações de alguma das seguintes normas:

- Internacional: ISO 17484, ISO 18225;
- Holanda: GASTEC QA 198;
- Alemanha: DVGW VP 632 (tubo) e DVGW VP 625 (conexões);
- Itália: UNI/TS 11344;
- Austrália: AS 4176;
- México: NMX-X-021-SCFI-2007.

#### **5.5.2. Conexões**

Os sistemas de acoplamento entre tubos e conexões devem ser:

- Mecânico: crimpagem, anel deslizante, roscado;
- Térmico: termofusão.

#### **5.5.3. Condições específicas**

O sistema de tubulação multicamada utilizados devem atender as seguintes condições específicas:

- Não é permitida a instalação da tubulação, sem a devida proteção, exposta a ação direta de raios ultravioleta (U.V.);
- O tubo deve ser apropriado para a aplicação com gás natural;
- Os componentes do sistema de tubulação multicamada para gás (tubos, conexões, ferramentas, acessórios) devem ser fornecidos por um único fornecedor, não sendo intercambiáveis com os componentes de outros fornecedores;
- Caso o sistema de acoplamento seja do tipo crimpagem, a mesma deve possuir ponto de inspeção para a confirmação da posição do tubo na conexão.

## **5.6. Elementos de interligação**

Os elementos de interligação têm a funcionalidade de conectar a tubulação da rede interna com os aparelhos a gás, os medidores e outros equipamentos. Os tipos de elementos admitidos para atuar dessa forma são:

- Mangueiras flexíveis de borracha, de acordo com a norma NBR 13419;
- Tubos flexíveis metálicos, segundo especificações da NBR 14177;
- Tubos de cobre flexíveis, sem costura, classes 2 ou 3, conforme NBR 14745;
- Tubos flexíveis de borracha, conforme NBR 14955.

## **5.7. Válvulas**

Todas as válvulas de bloqueio utilizadas na rede interna devem ser do tipo esfera. As válvulas metálicas devem estar de acordo com a NBR 14788 ou EM 331.

As válvulas de bloqueio de emergência devem estar localizadas a pelo menos 5 m de distância dos equipamentos a quais são destinadas.

Todas as válvulas de bloqueio manual devem permitir a interrupção do suprimento de gás:

- Nas entradas da rede interna de gás, a jusante do CRM;
- Em cada ponto de consumo instalado.

A instalação das válvulas deve ocorrer em local de fácil acesso, esses acessórios devem ser identificados e protegidos a fim de evitar acionamento acidental.

A thick green L-shaped graphic element is positioned in the upper right quadrant of the page. It consists of a vertical line extending from the top edge and a horizontal line extending from the right edge, meeting at a rounded corner in the middle. The text is located within the horizontal portion of this graphic.

# SISTEMAS DE COMBUSTÃO

O sistema de combustão tem o objetivo de garantir o controle e a segurança durante a utilização de gases combustíveis em aparelhos de processos industriais de baixa e alta temperatura, devendo seguir os requisitos técnicos e as recomendações da NBR 12313.

Os requisitos mínimos para sistemas de combustão, devem garantir a segurança para as condições de partida do aparelho, operação e parada dos aparelhos que utilizam gás. Essas condições são classificadas em função das temperaturas nas superfícies internas da câmara de trabalho e/ou processo:

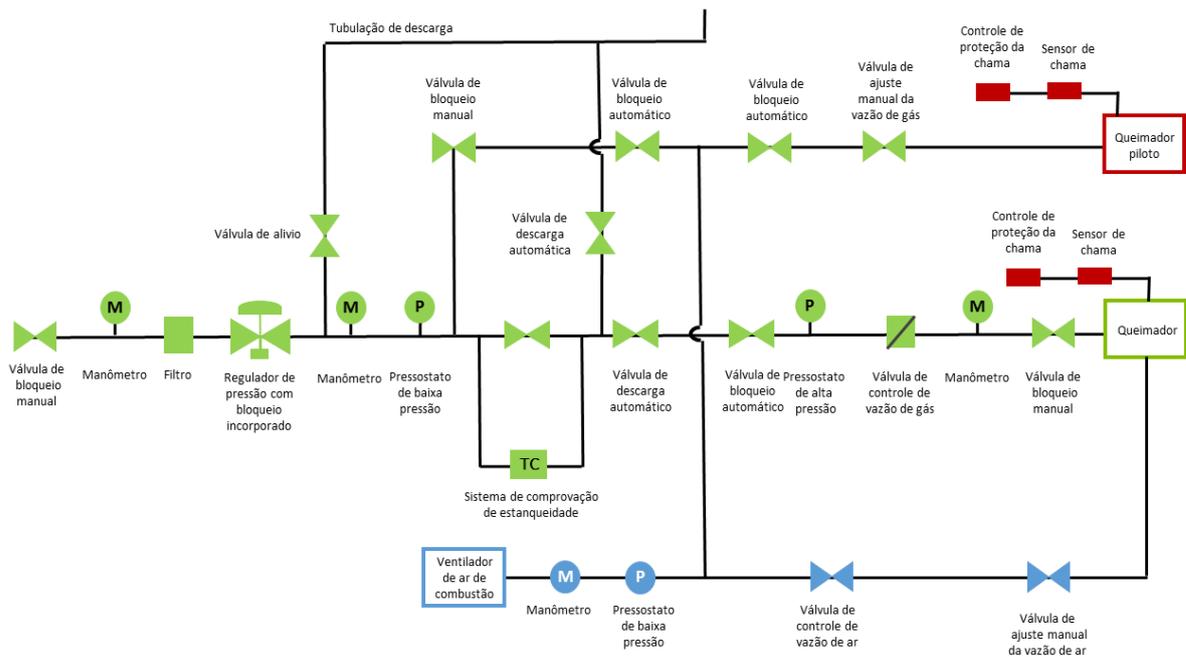
- **Baixa temperatura:** abaixo ou igual a 750 °C (1023 k), onde a sua temperatura normal de trabalho seja insuficiente para promover a ignição do combustível;
- **Alta temperatura:** acima de 750 °C (1023 k), onde a sua temperatura normal de trabalho seja suficiente para promover a ignição do combustível.

#### **6.1. Sistemas de combustão para aparelhos de baixa temperatura**

Os sistemas de combustão classificados como aparelhos de baixa temperatura devem possuir SIRP instalado na linha de alimentação de gás natural. Os componentes da SIRP para estes aparelhos são:

- Válvula de bloqueio manual;
- Manômetro;
- Filtro;
- Regulador de pressão com bloqueio incorporado;
- Válvula de alívio;
- Tubulação de descarga;
- Pressostato de baixa pressão;
- Pressostato de alta pressão;
- Válvula de bloqueio automático;
- Sistema de comprovação de estanqueidade;

A Figura 16 representa de forma esquemática os componentes principais da SIRP para aparelhos de baixa temperatura.



**Figura 16:** Representação genérica dos componentes da SIRP (verde), componentes do sistema de captação de ar (azul) e componentes dos sistemas de ignição (vermelho) de aparelhos baixa temperatura.

Todos os requisitos técnicos dos componentes devem seguir as recomendações conforme a NBR 12313.

### 6.1.1. Processos em sistemas a combustão de baixa temperatura

Os processos em sistemas de combustão podem ser divididos em três categorias: processos de admissão de ar (azul), processo de ignição (vermelho) e processos de admissão de gás (verde).

#### 6.1.1.1. Processo de admissão de ar

O ar de combustão fornecido pelo ventilador passa por uma verificação da pressão de entrada antes de prosseguir para o queimador. Posteriormente, uma parte desse ar de combustão segue para o queimador piloto para iniciar a queima, enquanto que outra parcela segue para o queimador principal. Ao longo da linha de fornecimento do queimador principal, o ar de combustão passa por duas regulagens da vazão de fornecimento, uma antes de seguir para o servo motor e outra antes de chegar ao queimador, sendo esta feita de forma manual.

Antes de iniciar o processo de queima, o sistema deve realizar a pré-purga. O processo consiste no fornecimento de ar de forma contínua para dentro da câmara de combustão, com o objetivo de limpar resquícios de gás ou possíveis fontes de ignição que possam estar presentes no interior da câmara. Apenas após a repetitiva

troca do volume interno, o fornecimento de ar pode ser realizado para compor a mistura da combustão.

Os requisitos para o processo de admissão de ar devem estar de acordo com a NBR 12313.

#### **6.1.1.2. Processo de ignição**

Na linha de alimentação de gás natural que segue para o queimador, existem componentes de segurança que interrompem o fornecimento no caso não cumprimento dos requisitos para estabelecimento da chama.

O processo de ignição só poderá ser iniciado após a pré-purga da câmara de combustão. Para dar início, uma chama piloto deve ser acionada dentro do queimador, a fim de servir como centelha inicial da queima principal. Após a liberação para queima, a chama do piloto é verificada a partir de sensores, de forma a verificar e evitar que haja fornecimento de gás sem ocorrência de queima. Além da verificação de chama, o sistema possui componente para controle de proteção de chama, evitando que ocorra um retorno da mesma para dentro da linha de alimentação.

Ao longo de todo o processo, a chama do piloto é verificada, pois havendo ocorrência de ausente do mesmo, o fornecimento de gás é interrompido e a combustão encerrada.

Os requisitos para o processo de ignição devem estar de acordo com a NBR 12313.

#### **6.1.1.3. Processo de admissão de gás**

No processo de admissão de gás, o gás natural antes de chegar ao queimador do aparelho deve passar por um sistema de válvulas, a fim de garantir maior segurança e estabilidade no processo de combustão.

Primeiramente, o gás passa pela SIRP, que verifica a pressão de entrada, realiza a filtragem de impurezas. Nos casos onde a pressão esteja acima da pressão de operação regulada, uma válvula de alívio de pressão pode ser acionada. Em algumas situações esta sobrepressão pode persistir e aumentando a pressão pode acionar a válvula de bloqueio incorporado ou não ao regulador de pressão.

Em seguida, existem componentes responsáveis pela verificação dos limites inferiores e superiores de pressão (pressostatos de alta e baixa pressão) de forma a garantir os requisitos mínimos para estabelecer a combustão no queimador. Em paralelo o gás

segue através das válvulas de bloqueio automático (normalmente fechada), com sistema de comprovação de estanqueidade, projetadas para permitir ou não o fluxo de gás em resposta a um sinal elétrico (proveniente do sistema de controle).

Por fim, antes de chegar ao queimador principal, é realizado um ajuste da vazão de gás e uma verificação da pressão de gás para injeção na câmara de combustão.

Antes de iniciar o processo de combustão na câmara, ambos os sistemas de admissão de ar e de ignição já devem ter executado suas respectivas verificações de segurança. Após o processo de pré-purga e da ignição da chama piloto, o fornecimento de gás para o queimador principal pode ser liberado e efetivamente iniciar o processo de combustão no aparelho a gás.

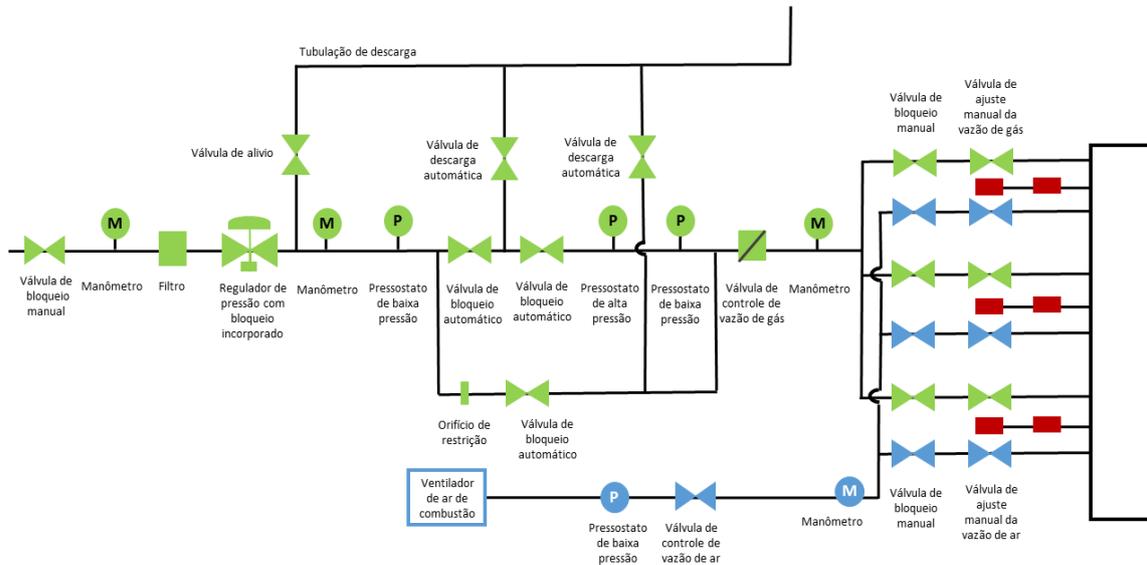
Os requisitos para o processo admissão de gás devem estar de acordo com a NBR 12313.

## **6.2. Aparelhos de alta temperatura**

Os sistemas de combustão classificados como aparelhos de alta temperatura devem possuir SIRP instalado na linha de alimentação de gás natural. Os componentes da SIRP para estes aparelhos são:

- Válvula de bloqueio manual;
- Manômetro;
- Filtro;
- Regulador de pressão com bloqueio incorporado;
- Válvula de alívio;
- Tubulação de descarga;
- Pressostato de baixa pressão;
- Pressostato de alta pressão;
- Válvula de bloqueio automático;
- Orifício de restrição;
- Válvula de controle de vazão de gás

A Figura 17 representa de forma esquemática os componentes principais da SIRP para aparelhos de alta temperatura.



**Figura 17:** Representação genérica dos componentes da SIRP (verde), componentes do sistema de captação de ar (azul) e componentes dos sistemas de ignição (vermelho) de aparelhos de alta temperatura e múltiplos queimadores.

## 6.2.1. Processos em sistemas a combustão de alta temperatura

Os processos em sistemas de combustão podem ser divididos em três categorias: processos de admissão de ar (azul), processo de ignição (vermelho) e processos de admissão de gás (verde).

Os processos de admissão de ar, ignição e admissão de gás para aparelhos de alta temperatura seguem a mesma sequência dos processos para aparelhos de baixa temperatura, diferenciando em pequenos aspectos.

### 6.2.1.1. Processo de admissão de ar

Para aparelhos de alta temperatura, não existe uma linha de distribuição direcionada para o queimador piloto. Além disso, cada queimador em sistemas múltiplos possuem um ajuste de vazão de ar e bloqueio manual incorporado individualmente.

### 6.2.1.2. Processo de ignição

Em casos onde a chama do queimador apagar e for necessário uma nova ignição, a própria temperatura da câmara de combustão tem o papel de iniciar a combustão do gás natural para dar continuidade no processo.

### 6.2.1.3. Processo de admissão de gás

Para aparelhos de alta temperatura, não existe uma linha de distribuição direcionada para o queimador piloto. Além disso, cada queimador em sistemas múltiplos possuem um ajuste de vazão de gás e bloqueio manual incorporado individualmente.

## 6.3. Cozinhas industriais e refeitórios

Na área interna de cozinhas indústrias e refeitórios a máxima pressão na tubulação da rede interna deve ser de 0,075 bar, seguindo as recomendações da NBR 15526 para este tipo de aplicação do gás natural. Nestas instalações é necessário a instalação de uma SIRP em área externa da edificação.

Os principais componentes desta SIRP estão listados abaixo:

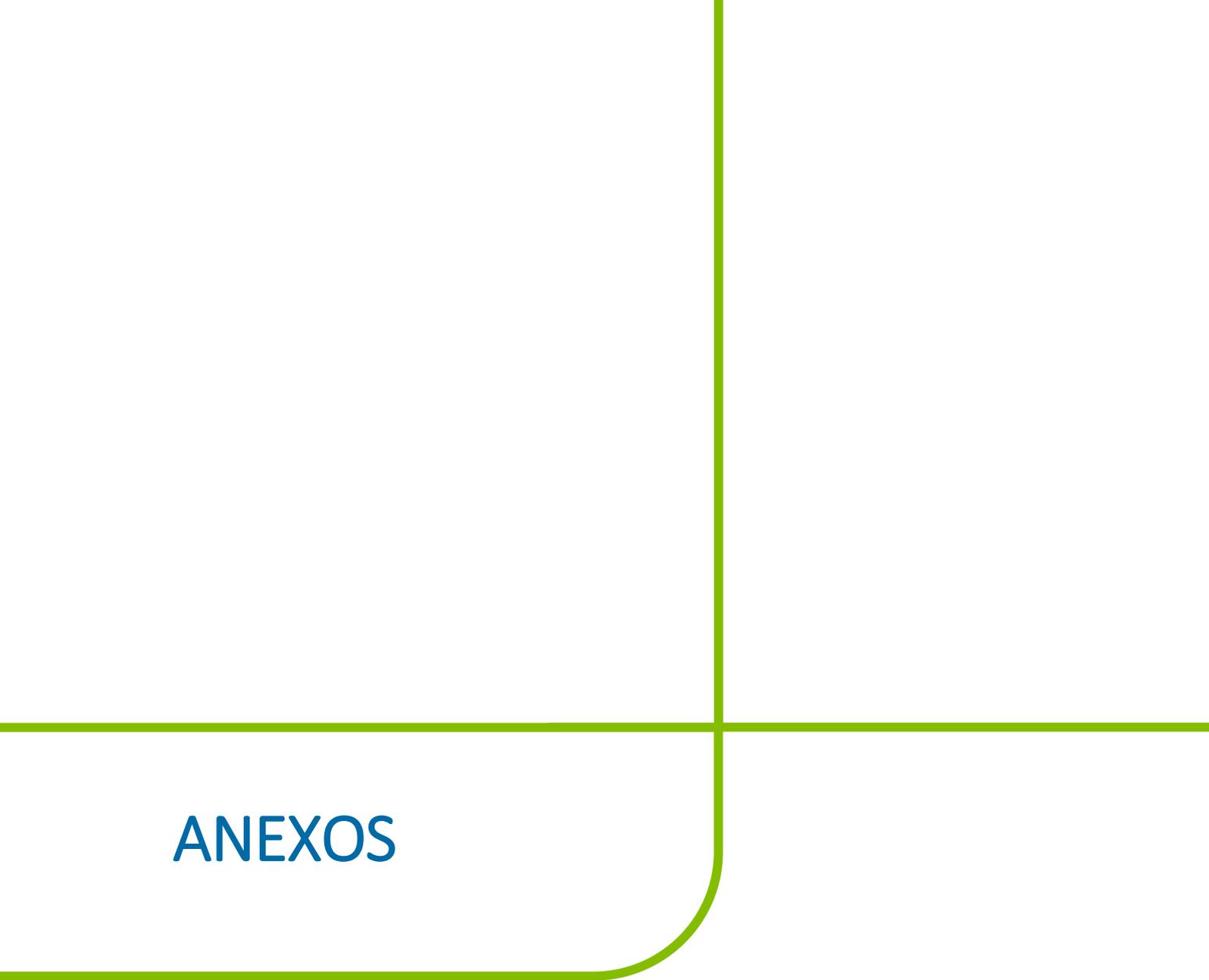
- Válvula de bloqueio manual;
- Filtro;
- Manômetro;
- Válvula de purga;
- Regulador de pressão com bloqueio incorporado (*shut-off*);

A Figura 18 representa de forma esquemática os componentes principais da SIRP para refeitórios e cozinhas industriais.



**Figura 18:** Representação genérica dos componentes da SIRP de cozinhas industriais e refeitórios.

O manômetro utilizado para SIRP de cozinhas industriais e refeitórios não precisa estar instalado na linha de alimentação. Pode-se realizar o processo de averiguação de pressão por meio de um manômetro calibrado no ponto de purga.

A thick green L-shaped graphic element consisting of a vertical line on the right side and a horizontal line at the bottom, meeting at a rounded corner in the bottom-right quadrant of the page.

**ANEXOS**

## ANEXO 1 – PARÂMETROS DE APARELHOS A GÁS

Os parâmetros dos aparelhos a gás industriais estão apresentados na Tabela 14. Os valores expressos na tabela a seguir podem variar em função do fabricante.

Tabela 14: Parâmetros de aparelhos a gás natural

EQUIPAMENTO	POTÊNCIA		VAZÃO
	[kcal/h]	[kW]	[m³/h]
Aquecedor de fluido térmico - 500.000 kcal/h	500.000	581,50	65
Aquecedor de fluido térmico - 1.000.000 kcal/h	1.000.000	1.163,00	130
Aquecedor de fluido térmico - 2.000.000 kcal/h	2.000.000	2.326,00	260
Aquecedor de fluido térmico - 3.000.000 kcal/h	3.000.000	3.489,00	389
Aquecedor de fluido térmico - 4.000.000 kcal/h	4.000.000	4.652,00	519
Aquecedor de fluido térmico - 5.000.000 kcal/h	5.000.000	5.815,00	649
Aquecedor de fluido térmico - 6.000.000 kcal/h	6.000.000	6.978,00	779
Aquecedor de fluido térmico - 8.000.000 kcal/h	8.000.000	9.304,00	1038
Aquecedor de fluido térmico - 10.000.000 kcal/h	10.000.000	11.630,00	1298
Autoclave	37.800	43,96	4,40
Bico de bunsen	1.300	1,51	0,15
Cabine de pintura	240.000	279,12	27,91
Calandra	55.900	65,01	6,50
Caldeira de água quente - 100.000 kg/h	100.000	116,30	11,63
Caldeira de água quente - 200.000 kg/h	200.000	232,60	23,26
Caldeira de água quente - 300.000 kg/h	300.000	348,90	34,88
Caldeira de água quente - 400.000 kg/h	400.000	465,20	46,51
Caldeira de vapor saturado de alta pressão - 125 kW	107.500	125,02	12,5
Caldeira de vapor saturado de alta pressão - 200 kW	172.000	200,04	20
Caldeira de vapor saturado de alta pressão - 375 kW	322.500	375,07	37,5
Caldeira de vapor saturado de alta pressão - 600 kW	516.000	600,11	60
Caldeira de vapor saturado de alta pressão - 900 kW	774.000	900,16	90
Caldeira de vapor saturado de alta pressão - 1250 kW	1.075.000	1.250,23	125
Caldeira de vapor saturado de alta pressão - 1800 kW	1.548.000	1.800,32	180
Caldeira de vapor saturado de alta pressão - 2500 kW	2.150.000	2.500,45	250
Caldeiras de Vapor - 500 ton/h	339.700	395,07	39,5
Caldeiras de Vapor - 800 ton/h	542.660	631,11	63,1
Caldeiras de Vapor - 1.000 ton/h	678.540	789,14	78,9
Caldeiras de Vapor - 5.000 ton/h	3.397.000	3.950,71	395
Caldeiras de Vapor - 10.000 ton/h	6.742.400	7.841,41	784
Caldeiras de Vapor - 15.000 ton/h	10.062.000	11.702,11	1170
Caldeiras de Vapor - 20.000 ton/h	13.330.000	15.502,79	1550
Caldeiras de Vapor - 30.000 ton/h	20.063.800	23.334,20	2333
Caldeiras de Vapor - 34.000 ton/h	22.652.400	26.344,74	2634

Chapa industrial - Média	5.600	6,51	0,65
Chapa industrial - Pequena	3.800	4,42	0,44
Fogão Industrial 2 bocas - BP	11.160	12,98	1,30
Fogão Industrial 4 bocas - BP	34.200	39,77	3,98
Fogão Industrial 6 bocas - BP	51.300	59,66	5,97
Fogão Industrial 8 bocas - BP	68.400	79,55	7,95
Fogão Industrial 10 bocas - BP	85.500	99,44	9,94
Forno	3.800	4,42	0,44
Forno esteira	10.000	11,63	1,16
Forno guilhotina	20.000	23,26	2,33
Forno rototérmico	98.470	114,52	11,45
Fritadeiras	15.000	17,45	1,74
Queimador - 1050 kW	900.000	1.046,70	104,65
Queimador - 1760 kW	1.500.000	1.744,50	174,42
Queimador - 220 kW	200.000	232,60	23,26
Queimador - 3488 kW	3.000.000	3.489,00	348,84
Queimador - 350 kW	300.000	348,90	34,88
Queimador - 470 kW	400.000	465,20	46,51
Queimador - 4885 kW	4.200.000	4.884,60	488,37
Queimador - 58 kW	50.000	58,15	5,81
Queimador - 93 kW	80.000	93,04	9,30

## ANEXO 2 – EXEMPLO DE DIMENSIONAMENTO DA REDE INTERNA DE GÁS

As Tabelas 15, 16 e 17 apresentam alguns valores de perda de carga em tubulações de aço, cobre e multicamada

Tabela 15: Comprimentos equivalentes em metros - aço

Diâmetro nominal		Cotovelo 90°	Cotovelo 45°	Tê 90° Fluxo reto	Tê 90° Fluxo em ângulo	Tê 90° fluxo duplo	Válvula esfera
[pol]	[mm]						
3/8	10	0,35	0,16	0,06	0,51	0,62	0,1
3/4	20	0,70	0,32	0,12	1,03	1,25	0,2
1/2	15	0,47	0,22	0,08	0,69	0,83	0,1
1	25	0,94	0,43	0,17	1,37	1,66	0,3
1 1/4	32	1,17	0,54	0,21	1,71	2,08	0,4
1 1/2	40	1,41	0,65	0,25	2,06	2,50	0,7
2	50	1,88	0,86	0,33	2,74	3,33	0,8
2 1/2	65	2,35	1,08	0,41	3,43	4,16	0,8
3	80	2,82	1,30	0,50	4,11	4,99	0,9
4	100	3,76	1,73	0,66	5,49	6,65	1,0
6	150	5,64	2,59	0,99	8,23	9,98	1,2

Tabela 16: Comprimentos equivalentes em metros - cobre

Diâmetro nominal		Cotovelo 90°	Cotovelo 45°	Tê 90°	Válvula esfera
[pol]	[mm]				
3/8	10	1,1	0,4	2,3	0,1
1/2	15	1,1	0,4	2,3	0,1
3/4	22	1,2	0,5	2,4	0,2
1	28	1,5	0,7	3,1	0,3
1 1/4	35	2,0	1,0	4,6	0,4
1 1/2	42	3,2	1,0	7,3	0,7
2	54	3,4	1,3	7,6	0,8
2 1/2	66	3,7	1,7	7,8	0,8
3	79	3,9	1,8	8,0	0,9
4	104	4,3	1,9	8,3	1,0
3/8	10	1,1	0,4	2,3	0,1

Tabela 17: Comprimentos equivalentes em metros - multicamada

Diâmetro	DN	Tê	Joelho 45°	Tê direto	Tê lateral	Passagem direta	Redução	Joelho 90°
22	20	0,35	0,3	0,12	0,84	0,08	0,59	1,04
28	25	0,38	0,32	0,28	1,01	0,06	0,72	0,92
35	32	0,43	0,4	0,11	1,34	0,04	0,79	2,19
42	40	0,48	0,42	0,2	2,27	0,11	0,85	-
54	50	0,79	0,49	0,24	3,06	0,14	1,43	-
76,1	65	1,04	0,62	0,31	4,42	0,17	1,68	-
88,9	80	1,22	0,66	0,36	5,38	0,2	2,1	-
108	100	1,51	0,76	0,43	6,9	0,2	-	-

## 2.1. Dimensionamento de CRM

### 2.1.1. Dados da instalação

Pressão de entrada (rede): 4 bar

Pressão de operação: 1 bar;

Material da tubulação: aço carbono NBR 5580 e NBR 5590

Abaixo estão apresentadas as informações da instalação. A Figura 19 ilustra o isométrico da tubulação e a localização dos aparelhos.

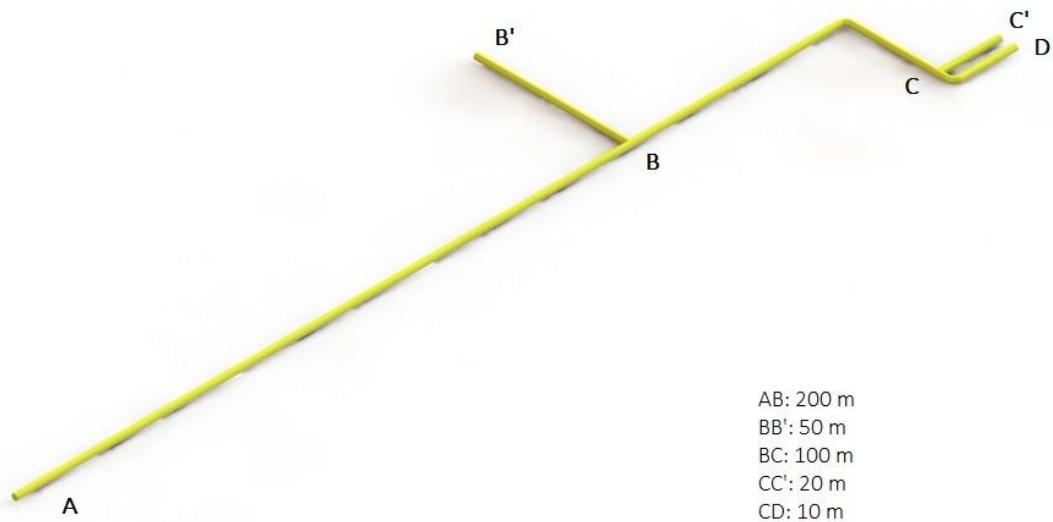


Figura 19: Isométrico da instalação industrial

### 2.1.2. Dados dos aparelhos a gás

Os aparelhos a gás utilizados na planta industrial são:

- Caldeira de vapor - 15.000 ton/h;
- Forno com queimador - 3488 kW;

Tabela 18: Informações dos aparelhos da instalação

APARELHOS A GÁS				
Descrição	Punit [kcal/h]	Qtd.	Ptotal [kcal/h]	Consumo GN [m <sup>3</sup> /h]
1 Caldeiras de Vapor - 15.000 ton/h	10.062.000	2	20.124.000	2.340,00
Forno com queimador - 3488 kW	3.000.000	1	3.000.000	348,84
		<b>Total:</b>	23.124.000	2.688,84

Dessa forma, conforme a vazão exigida para a instalação industrial é de 2.688,84 m<sup>3</sup>/h, tem-se que a estação utilizada conforme seção 3.3.5, apresenta as seguintes características:

Tabela 19: Informações base civil dimensionada

ESTAÇÃO	
Vazão máxima	3200 m <sup>3</sup> /h
Pressão de saída	1 bar
BASE CIVIL	
Modelo	Plataforma VI
Dimensões	4688 x 7585 mm

### 2.1.3. Dados da tubulação

Utilizada tubulação de aço carbono, conforme apresentado na Tabela 20.

Tabela 20: Dimensões de tubo de aço - NBR 5580 - Classe M

DIÂMETRO NOMINAL		DIÂMETRO EXTERNO	ESPESSURA DA PAREDE
[mm]	[pol]	[mm]	[mm]
10	3/8	17,2	2,25
15	1/2	21,3	2,65
20	3/4	26,9	2,65
25	1	33,7	3,35
32	1 1/4	42,4	3,35
40	1 1/2	48,3	3,35
50	2	60,3	3,75
65	2 1/2	76,1	3,75
80	3	89,9	4,00
90	3 1/2	101,6	4,25
100	4	114,3	4,50
130	5	139,7	4,75
150	6	165,1	5,00

### 2.1.4. Potência por trechos da tubulação

Conforme procedimento de cálculo, verificamos que a instalação é dividida nos trechos AB, BB', BC, CC', CD. As potências foram calculadas conforme Tabela 21.

Tabela 21: Cálculo de potência de cada trecho

TRECHO	APARELHO A JUSANTE	POTÊNCIA [kcal/h]
AB	2 caldeiras de vapor + forno	23.124.000
BB'	Forno	3.000.000
BC	2 caldeiras de vapor	20.124.000
CC'	Caldeira de vapor	10.062.000
CD	Caldeira de vapor	10.062.000

### 2.1.5. Considerações para o dimensionamento

Para o cálculo do comprimento total, considerou-se as perdas de cargas localizadas ao longo do traçado da tubulação. Os seguintes comprimentos equivalentes foram utilizados às conexões:

Tabela 22: Perdas de carga localizadas - comprimentos equivalentes

TRECHO	ELEMENTO	COMP. EQUIVALENTE [m]
AB	-	0
BB'	Tê lateral	3,43
BC	Tê direto + cotovelo	6,63
CC'	Tê lateral	5,49
CD	Tê direto + cotovelo	4,42

### 2.1.6. Dimensionamento

A Tabela 23 apresenta o resultado do dimensionamento.

Tabela 23: Dimensionamento da rede interna

TRECHO	POTÊNCIA [kcal/h]	VAZÃO [m <sup>3</sup> /h]	COMPRIMENTO [m]	COMPRIMENTO EQUIVALENTE [m]	COMPRIMENTO TOTAL [m]	DIÂMETRO [mm]	PRESSÃO INICIAL [bar]	PRESSÃO FINAL [bar]	% PERDA DE PRESSÃO [bar]	VELOCIDADE [m/s]
AB	23.124.000	2.688,84	200	0	200	165	202,5	197,51	2,46	17,47
BB'	3.000.000	348,84	50	3,43	53,43	65	197,51	194,56	1,49	14,82
BC	20.124.000	2.340,00	100	6,63	106,63	165	194,56	192,43	1,10	15,60
CC'	10.062.000	1170	20	5,49	25,49	139,7	192,43	192,10	0,17	10,90
CD	10.062.000	1170	5	4,42	9,42	139,7	192,10	191,98	0,06	10,91

Portanto, o resultado do dimensionamento é apresentado abaixo.

Tabela 24: Características da estação, base civil e tubulação da rede interna dimensionada

BASE CIVIL	
Modelo	Plataforma VI
Dimensões	4688 x 7585 mm
TUBULAÇÃO	
Trecho	Diâmetro [pol]
AB	6
BB'	2 1/2
BC	6
CC'	5
CD	5

## 2.2. Dimensionamento de PLAYMOBIL

### 2.2.1. Dados da instalação

Pressão de entrada (rede): 4 bar

Pressão de operação: 0,075 bar;

Material da tubulação: multicamada

Abaixo estão apresentadas as informações da instalação. A Figura 20 ilustra o isométrico da tubulação e a localização dos aparelhos.



Figura 20: Isométrico da instalação industrial

### 2.2.2. Dados dos aparelhos a gás

Os aparelhos a gás utilizados na planta industrial são:

- Cabine de pintura;
- Queimador - 58 kW;

Tabela 25: Informações dos aparelhos da instalação

Descrição	APARELHOS A GÁS			
	Punit [kcal/h]	Qtd.	Ptotal [kcal/h]	Consumo GN [m <sup>3</sup> /h]
Cabine de pintura	240.000	1	240.000	27,9
Queimador - 58 kW	50.000	1	50.000	5,8
		<b>Total:</b>	290.000	33,72

Dessa forma, conforme a vazão exigida para a instalação industrial é de 33,72 m<sup>3</sup>/h, tem-se que a estação utilizada conforme seção 3.3.5, apresenta as seguintes características:

Tabela 26: Informações dom abrigo de PLAYMOBIL

ESTAÇÃO	
Vazão máxima	42 m <sup>3</sup> /h
Pressão de saída	0,075 bar
ABRIGO CIVIL	
Modelo	Abrigo 2
Dimensões	960 x 580 x 970 mm

### 2.2.3. Dados da tubulação

Utilizada tubulação de aço carbono, conforme apresentado na Tabela 27.

Tabela 27: Dimensões de tubo multicamada

DIÂMETRO [mm]	ESPESURRA [mm]
16	2,25
20	2,50
26	3,00
32	3,00
40	3,50
50	4,00
63	4,50

### 2.2.4. Potência por trechos da tubulação

Conforme procedimento de cálculo, verificamos que a instalação é dividida nos trechos AB, BB', BC. As potências foram calculadas conforme Tabela 28.

Tabela 28: Cálculo de potência de cada trecho

TRECHO	APARELHO A JUSANTE	POTÊNCIA [kcal/h]
AB	Cabine de pintura + queimador - 58 kW	290.000
BB'	Cabine de pintura	240.000
BC	Queimador - 58kW	50.000
AB	Cabine de pintura + queimador - 58 kW	290.000
BB'	Cabine de pintura	240.000

### 2.2.5. Considerações para o dimensionamento

Para o cálculo do comprimento total, considerou-se as perdas de cargas localizadas ao longo do traçado da tubulação. Os seguintes comprimentos equivalentes foram utilizados às conexões:

Tabela 29: Perdas de carga localizadas - comprimentos equivalentes

TRECHO	ELEMENTO	COMP. EQUIVALENTE [m]
AB	Cotovelo 45	0,49
BB'	Tê lateral	3,06
BC	Tê direto + cotovelo 45	0,51

## 2.2.6. Dimensionamento

A Tabela 30 apresenta o resultado do dimensionamento.

Tabela 30: Dimensionamento da rede interna

TRECHO	POTÊNCIA	VAZÃO	COMPRIMENTO	COMPRIMENTO EQUIVALENTE	COMPRIMENTO TOTAL	DIÂMETRO	PRESSÃO INICIAL	PRESSÃO FINAL	% PERDA DE PRESSÃO	VELOCIDADE
	[kcal/h]	[m <sup>3</sup> /h]	[m]	[m]	[m]	[mm]	[bar]	[bar]	[bar]	[m/s]
AB	290.000	33,72	50	0,49	50,49	42,00	7,5	6,88	8,32	6,13
BB'	240.000	27,91	5	3,06	8,06	42,00	6,88	6,43	6,46	5,10
BC	50.000	5,81	10	0,51	10,51	26,00	6,43	6,17	4,10	2,78

Portanto, o resultado do dimensionamento é apresentado abaixo.

Tabela 31: Características da estação, base civil e tubulação da rede interna dimensionada

BASE CIVIL	
Modelo	Abrigo 2
Dimensões	960 x 580 x 970 mm
TUBULAÇÃO	
Trecho	Diâmetro [pol]
AB	2
BB'	2
BC	1 ¼

## 2.3. Dimensionamento de MICROCRM

### 2.3.1. Dados da instalação

Pressão de entrada (rede): 4 bar

Pressão de operação: 0,35 bar;

Material da tubulação: cobre

Abaixo estão apresentadas as informações da instalação. A Figura 21 ilustra o isométrico da tubulação e a localização dos aparelhos.

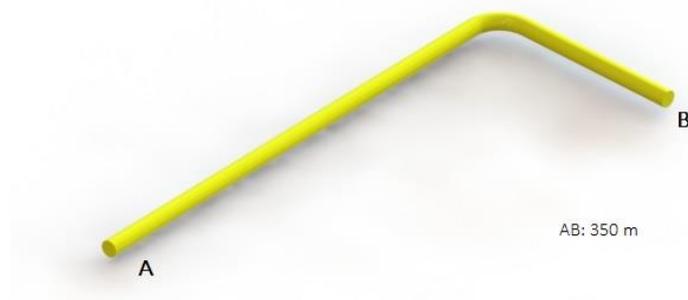


Figura 21: Isométrico da instalação industrial

### 2.3.2. Dados dos aparelhos a gás

Os aparelhos a gás utilizados na planta industrial são:

- Aquecedor de fluido térmico.

Tabela 32: Informações dos aparelhos da instalação

APARELHOS A GÁS				
Descrição	Punit [kcal/h]	Qtd.	Ptotal [kcal/h]	Consumo GN [m <sup>3</sup> /h]
Aquecedor de fluido térmico	800.000	1	800.000	93,02
		<b>Total:</b>	800.000	93,02

Dessa forma, conforme a vazão exigida para a instalação industrial é de 93,02 m<sup>3</sup>/h, tem-se que a estação utilizada conforme seção 3.3.5, apresenta as seguintes características:

Tabela 33: Informações do CRM e base civil

ESTAÇÃO	
Vazão máxima	120 m <sup>3</sup> /h
Pressão de saída	0,35 bar
BASE CIVIL	
Modelo	Abrigo XII
Dimensões	800 x 1200 x 1200 mm

### 2.3.3. Dados da tubulação

Utilizada tubulação de aço carbono, conforme apresentado na Tabela 34.

Tabela 34: Dimensões de tubo multicamada

DIÂMETRO NOMINAL	DIÂMETRO EXTERNO	ESPESSURA DA PAREDE			
		Leve Classe E	Médio Classe A	Pesado Classe I	
[mm]	[pol]	[mm]	[mm]	[mm]	
10	3/8	9,52	0,5	0,8	1,0
15	1/2	15,00	0,5	0,8	1,0
22	3/4	22,00	0,6	0,9	1,1
28	1	28,00	0,6	0,9	1,2
35	1 1/4	35,00	0,7	1,1	1,4
42	1 1/2	42,00	0,8	1,1	1,4
54	2	54,00	0,9	1,2	1,5
66	2 1/2	66,70	1,0	1,2	1,5
79	3	79,40	1,2	1,5	1,9
104	4	104,80	1,2	1,5	2,0

### 2.3.4. Potência por trechos da tubulação

Conforme procedimento de cálculo, verificamos que a instalação é dividida no trecho AB. As potências foram calculadas conforme Tabela 35.

Tabela 35: Cálculo de potência de cada trecho

TRECHO	APARELHO A JUSANTE	POTÊNCIA [kcal/h]
AB	Aquecedor de fluido térmico	800.000

### 2.3.5. Considerações para o dimensionamento

Para o cálculo do comprimento total, considerou-se as perdas de cargas localizadas ao longo do traçado da tubulação. Os seguintes comprimentos equivalentes foram utilizados às conexões:

Tabela 36: Perdas de carga localizadas - comprimentos equivalentes

TRECHO	ELEMENTO	COMP. EQUIVALENTE [m]
AB	Cotovelo 90°	3,4

### 2.3.6. Dimensionamento

A Tabela 37 apresenta o resultado do dimensionamento.

Tabela 37: Dimensionamento da rede interna

TRECHO	POTÊNCIA	VAZÃO	COMPRIMENTO	COMPRIMENTO EQUIVALENTE	COMPRIMENTO TOTAL	DIÂMETRO	PRESSÃO INICIAL	PRESSÃO FINAL	% PERDA DE PRESSÃO	VELOCIDADE
	[kcal/h]	[m <sup>3</sup> /h]	[m]	[m]	[m]	[mm]	[bar]	[bar]	[bar]	[m/s]
AB	800.000	93,02	350	3,4	353,4	52,2	137,5	130,09	5,39	9,20

Portanto, o resultado do dimensionamento é apresentado abaixo.

Tabela 38: Características da estação, base civil e tubulação da rede interna dimensionada

BASE CIVIL	
Modelo	Abrigo XII
Dimensões	800 x 1200 x 1200 mm
TUBULAÇÃO	
Trecho	Diâmetro [pol]
AB	2

## ANEXO 3 – INFORMAÇÕES ADICIONAIS

### 4.1. Unidades de comprimento, área e volume

Unidades de comprimento: metro (m), centímetro (cm), milímetro (mm) e polegada (pol). A Tabela 39 apresenta a equivalência entre as unidades de comprimento.

Tabela 39: Conversão de unidades de comprimento

COMPRIMENTO				
	m	cm	mm	pol
m	1	100	1000	39,37
cm	0,01	1	10	0,394
mm	0,001	0,1	1	0,0394
pol	0,0254	2,54	25,4	1

Unidades de área: metro quadrado (m<sup>2</sup>) e centímetro quadrado (cm<sup>2</sup>).

Unidades de volume: metro cúbico (m<sup>3</sup>).

## 4.2. Unidades de vazão

Unidade de vazão mássica: quilograma por hora (kg/h).

Unidade de vazão volumétrica: metro cúbico por hora (m<sup>3</sup>/h); litro por hora (l/h); litro por minuto (l/min).

## 4.3. Unidades de pressão

Unidades de pressão: quilopascal (kPa), bar (bar), quilograma força por centímetro quadrado (kgf/cm<sup>2</sup>), milímetro de coluna d'água (mmca) e libras por polegada quadrada manométrica (*pounds per square inch gauge*) (psig).

A Tabela 40 apresenta a equivalência entre as unidades de pressão mais utilizadas.

Tabela 40: Conversão de unidade de pressão

PRESSÃO						
	kPa	bar	atm	kgf/cm <sup>2</sup>	mmca	psi
kPa	1	0,01	0,01	0,0102	101,972	0,145
bar	100	1	0,987	1,0197	10197,162	14,504
atm	101,325	1,0132	1	1,0332	10,339	14,696
kgf/cm <sup>2</sup>	98,066	0,981	0,967	1	10000	14,223
mmca	0,00981	0,0000981	0,0000967	0,0001	1	0,00142
psi	6,895	0,0689	0,068	0,0703	703,087	1

Todas as referências a pressão neste documento são manométricas, salvo nota contrária.

## 4.4. Unidades de energia e potência

Unidades de energia: quilocaloria (kcal), quilowatt hora (kWh).

A Tabela 41 apresenta a conversão de unidades de energia mais utilizadas.

Tabela 41: Conversão de unidades de energia

ENERGIA			
	kcal	kWh	TR
kcal	1	0,00116	0,00033
kWh	860	1	0,284
TR	3030	4	1

Unidades de potência: quilowatts (kW), quilocaloria por hora (kcal/h) e quilocaloria por minuto (kcal/min).

A Tabela 42 apresenta a equivalência entre as unidades de potência mais utilizadas.

Tabela 42: Conversão de unidades de potência

POTÊNCIA				
	kW	kcal/h	kcal/min	Btu/h
kW	1	860,421	14,340	3412,14
kcal/h	0,00116	1	0,0167	3,965
kcal/min	0,0697	60	1	237,94
Btu/h	0,000293	0,252	0,0042	1

#### 4.5. Condições de referência

A energia em um dado volume de gás depende das condições de pressão e temperatura em que ele se encontra, pois se trata de um fluido compressível.

Para indicar corretamente o volume e a vazão do gás, além da unidade empregada, devem-se informar as condições de temperatura e pressão.

As condições de referência de pressão e temperatura mais comuns estão apresentadas na Tabela 43.

Tabela 43: Conversão de unidades de potência

CONDIÇÕES DE REFERÊNCIA			
	Condições-base	Condições-normais	Condições-standard
Pressão absoluta	1 atm (1,013 bar)	1 atm (1,013 bar)	1 atm (1,013 bar)
Temperatura absoluta	293,15 K (20 °C)	273,15 K (0 °C)	288,15 K (15 °C)
Notação	m <sup>3</sup> /h	Nm <sup>3</sup> /h	Sm <sup>3</sup> /h

Todas as referências a vazão neste documento são na condição-base (20 °C e 1 atm), salvo nota contrária.

#### 4.6. Conversão de energia

A tabela 44 apresenta a equivalência de energia em função do tipo de combustível considerado.

Tabela 44: Conversão de energia

TIPO DE COMBUSTÍVEL	QUANTIDADE	Kcal	BTU	MWh
Gás natural	1 m <sup>3</sup>	9930	39400	0,0115
Óleo diesel	1 L	8480	33651	0,00986
Querosene	1 L	8220	32619	0,00956
Carvão vegetal	1 tonelada	6,46 x x 10 <sup>6</sup>	25,64 x 10 <sup>6</sup>	7,51
Lenha	1 tonelada	3,10 x 10 <sup>6</sup>	12,30 x 10 <sup>6</sup>	3,61
GLP	1 m <sup>3</sup>	6,11 x 10 <sup>6</sup>	24,25 x 10 <sup>6</sup>	7,11
Eletricidade	1 MWh	0,86 x 10 <sup>6</sup>	3,412 x 10 <sup>6</sup>	1

Para comparação entre diferentes tipos de combustível deve-se considerar um rendimento em função dos aparelhos.



Não é só gás, é Comgás