

**CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA
DIRETORIA DE ENSINO
CENTRO DE ENSINO BOMBEIRO MILITAR
ACADEMIA BOMBEIRO MILITAR**

JOÃO VICENTE PEREIRA CAVALLAZZI

**AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA AO CALOR DAS TUBULAÇÕES FABRICADAS
EM TERMOPLÁSTICOS PARA CONDUÇÃO DE GASES COMBUSTÍVEIS -
PROPOSTA DE ENSAIO**

**FLORIANÓPOLIS
AGOSTO 2012**

João Vicente Pereira Cavallazzi

**Avaliação da resistência ao calor das tubulações fabricadas em termoplásticos para
condução de gases combustíveis - Proposta de ensaio**

Monografia apresentada como pré-requisito
para conclusão do Curso de Formação de
Oficiais do Corpo de Bombeiros Militar de
Santa Catarina.

Orientador: Major BM Vanderlei Vanderlino Vidal

**Florianópolis
Agosto 2012**

João Vicente Pereira Cavallazzi

Avaliação da resistência ao calor das tubulações fabricadas em termoplásticos para condução de gases combustíveis - Proposta de ensaio

Monografia apresentada como pré-requisito para conclusão do Curso de Formação de Oficiais do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina.

Florianópolis (SC), 22 de Agosto de 2012.

Major BM Vanderelei Vanderlino Vidal, Esp.
Professor Orientador

1º Tenente BM Gauana Elis Pozzan, Esp.
Membro da Banca Examinadora

2º Tenente BM Juliana Kretzer, Msc.
Membro da Banca Examinadora

Dedico este trabalho à Polícia Militar e ao Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Santa Catarina, como reconhecimento e imensa gratidão, pelo respeito e dignidade com que sempre fui tratado e principalmente pelas oportunidades oferecidas ao longo desses vinte anos de carreira.

AGRADECIMENTOS

Ao professor e orientador Major BM Vanderlei Vanderlino Vidal, pela gentileza em me aceitar como orientando, pela calma e lucidez com que conduziu o trabalho e principalmente pela liberdade de me deixar criar.

Ao Capitão BM Marcos por todo apoio oferecido, sem o qual não seria possível a realização deste trabalho.

Ao Ten BM Daminelli pela gentil acolhida na OBM de Joaçaba e por disponibilizar os meios necessários para realização do ensaio.

As bibliotecárias do Centro de Ensino Bombeiro Militar, Marchelly e Natalí, sempre muito solícitas e atenciosas.

Aos professores militares e civis que nos engrandeceram com seus ensinamentos durante essa jornada que é o CFO.

Ao Engenheiro Henrique César Salvador, mais que amigo, um irmão, pelo apoio, inspiração e ensinamentos.

Ao Engenheiro Fábio Luiz Zindulis, e ao grupo DEMA, por terem fornecido o material para o ensaio.

A todos aqueles que trabalham no CEBM, sempre muito amigos, muito gentis e atenciosos, pela árdua luta que é a formação de um Oficial Bombeiro Militar.

Aos integrantes da 3^a/1^o BBM pelos momentos de descontração.

Aos familiares, esposa, filhos e amigos pelo grande incentivo, apoio, e motivação.

“Nas grandes batalhas da vida, o primeiro passo para a vitória é o desejo de vencer.”

(Gandhi)

RESUMO

Este trabalho apresenta um estudo sobre a importância do gás liquefeito de petróleo como fonte de energia e da importância das tubulações em nosso cotidiano, do que são feitos, onde são empregados e que materiais os constituem. Um dos empregos dos tubos é a condução do GLP internamente em edificações residenciais. Na construção civil catarinense, empresas pretendem inserir uma nova tecnologia, que visa substituir os tradicionais tubos de aço e cobre por tubos que tem polietileno como parte de sua estrutura. No Brasil não existe norma que defina os requisitos de fabricação para esse tipo de material, os tubos de polietileno são fabricados de acordo com normas estrangeiras. Todos os pedidos para utilização de tubos que tem polietileno em sua estrutura tiveram seus pedidos junto ao Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina indeferidos. O motivo do indeferimento foi o desconhecimento dos efeitos do calor gerado por um incêndio sobre esse material. Sendo o polietileno um tipo de plástico, a Diretoria de Atividades Técnicas questionou qual seriam os efeitos do calor sobre a tubulação. Para obtenção de subsídios que permitissem uma avaliação comparativa entre os tubos fabricados segundo norma argentina, mexicana e brasileira, foi feita uma apresentação das três normas. Objetivando esclarecer os efeitos do calor sobre esse material foi proposto um modelo de ensaio e amostras de tubos fabricados segundo a norma argentina foram submetidas a este ensaio. O ensaio simulou três diferentes possibilidades de disposição dos tubos numa instalação residencial. Para a simulação do incêndio foram utilizados critérios de dimensionamento da carga de incêndio para classificação de risco, segundo a Instrução Normativa 003/DAT/CBMSC e de curvas padrão tempo x temperatura. O incêndio simulado teve duração de cerca de 40 minutos e atingiu 700°C. A tubulação de polietileno sofreu danos e perdeu carga. Os danos variaram em intensidade dependendo da variação da instalação. Conclui-se que tubos de polietileno, fabricados segundo normas argentinas são suscetíveis ao calor gerado num ambiente com 30 Kcal/m² de carga de incêndio ideal, esse fato enseja em cuidados específicos no caso de permissão para utilização desse material. Conclui-se também que num incêndio com esse tipo de material instalado existe a possibilidade de agravamento do incêndio devido a vazamento de GLP em decorrência da decomposição do polietileno por efeito do calor.

Palavras-chave: Polietileno. Gás liquefeito de petróleo. Gás natural. Tubo. Aço-carbono. Cobre.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Início da termofusão.....	34
Figura 2 – Diferenças entre roscas BSP e NPT	35
Figura 3 – Tubo NAG E 210	40
Figura 4 – Tubo construído de acordo com a NAG E 210	41
Figura 5 – Peça de transição	42
Figura 6 – Tubo multicamadas	44
Figura 7 – Vista lateral da primeira variação	54
Figura 8 – Vista lateral da segunda variação	56
Figura 9 – Vista lateral da terceira variação.....	57
Figura 10 – Planta baixa da sala em que foi realizado o experimento	58
Figura 11 – Bancada externa de montagem.....	59
Figura 12 – Tubulação parcialmente pronta.....	59
Figura 13 – Tubulação parcialmente pronta.....	60
Figura 14 – Tubulação da primeira variação coberta	60
Figura 15 – Repetições da segunda variação.....	61
Figura 16 – Repetições da segunda variação cobertas	62
Figura 17 – Trecho horizontal da segunda variação sendo montado	62
Figura 18 – Trecho horizontal da segunda variação sendo coberto	63
Figura 19 – Tubulação aérea	63
Figura 20 – Extremidades da primeira e segunda variação que possibilitaram o teste de estanqueidade.....	64
Figura 21 – Conjunto conectado a tubulação pressurizada	65
Figura 22 – Cotovelo após incêndio	68
Figura 23 – Cotovelo retirado da alvenaria	68
Figura 24 – Cotovelo primeira repetição.....	69
Figura 25 – Tubulação protegida por alvenaria intacta.....	69
Figura 26 – Tubulação aérea após o incêndio.....	70

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Produção e consumo de GLP em milhões de m ³	21
Gráfico 2 – Relação tempo temperatura ISO 834.....	50
Gráfico 3 – Curva tempo – temperatura simulação de incêndio	66

LISTA DE QUADROS

Quadro 1– Diâmetro x espessura x massa tubos NBR 5580	36
Quadro 2 – Tubo de cobre leve classe E	38
Quadro 3 – Pressões máximas de serviço.....	39

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Objetivo geral.....	14
1.2 Objetivos específicos.....	14
1.3 Justificativa	15
1.4 Estrutura do trabalho	15
2 REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1 A necessidade de energia para vida moderna.....	17
2.1.1 Do petróleo ao GLP.....	18
2.1.1.1 <i>Origem do GLP no mundo</i>	<i>18</i>
2.1.1.2 Origem do consumo de GLP no Brasil.....	19
2.1.2 O que é GLP	19
2.1.3 Importância econômica e participação na matriz energética nacional	20
2.2 Tubulações.....	22
2.2.1 Necessidade e importância	22
2.2.2 Importância dos materiais utilizados	22
2.2.3 Importância da normatização.....	23
2.2.4 Tubos termoplásticos.....	24
2.2.5 Principais usos dos tubos termoplásticos	24
2.2.6 Vantagens e desvantagens dos tubos termoplásticos.....	25
2.2.7 O polietileno	26
2.2.8 Polietileno reticulado (PEX).....	26
2.3 Avaliação do CBMSC quanto às solicitações de utilização de tubos de polietileno para condução de GLP e GN.....	26
2.3.1 SIGAS Termofusão	27
2.3.1.1 <i>IParecer DAT.....</i>	<i>27</i>
2.3.2 GASPEX Emmeti	28
2.3.2.1 <i>IParecer DAT.....</i>	<i>28</i>
2.3.3 MAYGAS	29
2.3.3.1 <i>IParecer DAT.....</i>	<i>29</i>
2.4 Normatização sobre tubos.....	30
2.4.1 Norma Brasileira - NBR 15526:2009	31

2.4.1.1 Norma Brasileira - NBR 5580:2007.....	32
2.4.1.2 Norma Brasileira - NBR 13206.....	37
2.4.1.3 Considerações	40
2.4.2 Norma Argentina - NAG E 210.....	40
2.4.2.1 Características de construção	41
2.4.2.2 Acessórios	41
2.4.2.3 Considerações	43
2.4.3 Norma Mexicana - NMX-X-021-SCFI-2007	43
2.4.3.1 Dimensões.....	44
2.4.3.2 Propriedades mecânicas.....	45
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	47
4 PROTOCOLO EXPERIMENTAL	49
4.1 Simulação do incêndio.....	49
4.1.1 Norma internacional - ISO 834	50
4.2 Análise dos resultados	52
4.3 Locação da tubulação ensaiada.....	52
4.3.1 Primeira variação.....	53
4.3.2 Segunda variação.....	54
4.3.3 Terceira variação	56
5 RESULTADO DA PESQUISA	58
5.1 Imagens da primeira variação.....	60
5.2 Imagens da segunda variação.....	61
5.3 Imagens da terceira variação.	63
5.4 Condições para o teste de estanqueidade.	64
5.5 Gráfico da temperatura	65
5.6 Resultados	66
5.6.1 Teste de estanqueidade	66
5.6.1.1 Segunda variação	66
5.6.1.2 Primeira variação	67
5.6.1.3 Terceira variação	67
5.6.2 Análise visual	67
5.7 Conclusão do Experimento	70
REFERÊNCIAS	73

1 INTRODUÇÃO

O Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (CBMSC) tem como missão precípua “vidas alheias e riquezas a salvar”, neste enfoque, dentre as várias atividades desenvolvidas pelo CBMSC atualmente, a Corporação, através do Decreto Estadual nº 4.909, de 18/10/94, fiscaliza os projetos preventivos contra incêndios, exigindo que estes estejam em consonância com as Normas de Segurança Contra Incêndios (NSCI).

No âmbito do CBMSC a Diretoria de Atividades Técnicas (DAT) normatiza o uso de novos materiais e tecnologias. Segundo Biluk (2006, p. 1), “A Diretoria de Atividades Técnicas é o setor competente do Corpo de Bombeiros Militar para fiscalizar, emitir pareceres técnicos e instruções normativas referentes à aplicação das Normas de Segurança Contra Incêndio (NSCI)”.

Dentre as várias solicitações recebidas pela DAT, a respeito dos mais variados assuntos, foram recebidas solicitações de fabricantes de tubos que contém polietileno (PE) em sua estrutura, para a utilização destes tubos em substituição aos tubos já normatizados, ou seja, em substituição aos tubos de aço-carbono e cobre para a condução de GLP ou Gás Natural (GN) em redes de distribuição interna de gás combustível em edificações residenciais multifamiliares.

Todos os pedidos foram indeferidos pela DAT em função de não haver comprovação de até qual temperatura seria suportada pelo material em caso de incêndio. (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA, 2009).

Além de solicitações, em circunstâncias mais extremas, fabricantes, construtores ou instaladores podem procurar a justiça, após terem seus pedidos indeferidos pela DAT, alegando os mais diversos argumentos e razões para terem seu direito garantido no que se refere a instalação da nova tecnologia. Como exemplo, podemos citar o Mandado de Segurança impetrado contra Bombeiros Militares da cidade de Chapecó pela Katedral Construções Ltda, conforme se pode extrair dos Autos de número 018.12.000245-8 o seguinte:

KATEDRAL CONSTRUÇÕES LTDA impetrou o presente mandado de segurança contra ato do SARGENTO DA POLÍCIA MILITAR Rafael Antonio Carabagial e Fuck e do ASP. OF. BM Ismael Mateus Piva, alegando que teve indeferido seu pedido de "habite-se" do empreendimento denominado "Residencial Dona Geni", localizada na Rua Rio de Janeiro, 2199, Bairro Pinheirinho, Chapecó/SC, sob a alegação de que o sistema GASPEX-EMMETI, composto por tubos de alumínio multicamadas e conexões de prensar, não estaria regulamentado no Estado de Santa Catarina. Sustenta a ilegalidade do ato coator ao argumento de que esse sistema de

distribuição de gases é fabricado, certificado e testado em conformidade com os requisitos exigidos pela Norma Internacional ISO 17484-1, reconhecida pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), bem como prevista nas Normas NMX-X-021-SCFI-2007 (Mexicana), AS 4176 (Australiana) e UNI/TS 11.343 e 11.344 (Italiana). (TRIBUNAL DE JUSTIÇA DO ESTADO DE SANTA CATARINA, 2012, não paginado).

O problema está no fato de como avaliar a resistência ao fogo das tubulações fabricadas com termoplásticos para conduzir GLP ou GN. Existe no mercado um novo material, tubos fabricados com polietileno em sua estrutura. Esse material não é contemplado em Norma Brasileira e o CBMSC não permite sua utilização em virtude do desconhecimento do comportamento do material frente ao calor gerado por um incêndio, conforme dito anteriormente.

A NBR15526:2009 em seu item 5.10, informa o seguinte:

Materiais não contemplados por ela podem ser utilizados, desde que investigados para determinar se são seguros e aplicáveis aos propósitos pela referida norma estabelecidos. Além disso, devem estar em conformidade com Normas Brasileiras ou estrangeiras, ter a garantia do fabricante, serem testados e ainda terem a aceitação da autoridade competente. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2009).

Para determinar a resistência ao calor de tubos não contemplados na NBR15526:2009, com base na própria NBR 15526, que permite investigação quanto a segurança do material para a aplicação a que se propõe e também permite que a autoridade competente aceite ou não seu uso com base em testes, será proposto um ensaio com a finalidade de investigar até que ponto o calor é suportado sem que os tubos de polietileno tenham danos que permitam vazamento de GLP ou GN no interior do ambiente em chamas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2009).

O ensaio proposto neste estudo é composto da simulação de três diferentes possibilidades de instalação da tubulação para condução de GLP em edificações residenciais multifamiliares, todas compostas de três repetições. Uma simulação representará a tubulação que atende o fogão da residência, e será chamada de primeira variação. A segunda simulação representará a tubulação que atende o aquecedor de passagem da residência, e será chamada de segunda variação, por fim a terceira simulação representará um trecho aparente de tubulação instalada junto ao teto e será chamada de terceira variação. As três simulações instaladas no mesmo ambiente ficam sujeitas ao mesmo incêndio. O incêndio no ensaio é simulado com a utilização de combustível sólido e a temperatura do ambiente monitorada pela leitura de três diferentes termopares do tipo “K”. A duração proposta para o incêndio é de

aproximadamente 40 minutos e se pretende atingir uma temperatura máxima de aproximadamente 700°C. Ao final do ensaio dois fatores serão analisados: estanqueidade e integridade do material utilizado.

É notório que na última década a estabilidade econômica impulsionou alguns setores da economia do Brasil, dentre eles está o setor da construção civil. O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), na Pesquisa Anual da Indústria da Construção diz o seguinte:

O valor do segmento de obras residenciais (em 2009 no país) foi de R\$ 28,6 bilhões, em função principalmente do resultado observado em edifícios residenciais (R\$ 27,6 bilhões), produto de maior peso individual na construção, e diretamente influenciado pela evolução do crédito imobiliário. Este segmento representou 17,1% do total dos valores das obras e/ou serviços em 2009, tendo aumentado sua participação em 2,4 pontos percentuais em comparação à participação do ano anterior. (IBGE, 2009, não paginado).

Como qualquer setor econômico, para continuar competitivo e rentável, o setor da construção civil favorece a entrada de novas tecnologias e produtos que agreguem rapidez e economia ao processo. Santa Catarina, no desenvolvimento desse setor, não ficou para trás. Não existe surpresa na chegada de novas tecnologias no setor da construção civil e por consequência na área de segurança contra incêndio, sendo natural e previsível que isso ocorra.

1.1 Objetivo geral

Demonstrar a importância de ensaios práticos para avaliar produtos e materiais, em especial aqueles que não estão previstos em normas brasileiras, para subsidiar o Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina na tomada de decisões técnicas.

1.2 Objetivos específicos

Propor um ensaio padrão para avaliação da resistência ao calor das tubulações para condução de gases combustíveis fabricadas com polietileno em sua estrutura.

Realizar o ensaio proposto utilizando-se como corpos de prova a tubulação fabricada pelo Grupo DEMA – SIGAS Termofusão, segundo a norma argentina NAG E 210.

1.3 Justificativa

O presente trabalho se justifica pelo fato de que a busca por processos rápidos e econômicos não deve suplantiar a necessidade de observação de normas e critérios de segurança, porém, não devemos adotar padrões que estejam além do necessário para que determinado sistema ou instalação funcione com segurança, tenha o desempenho desejável e a longevidade necessária para atender ao que foi proposto no projeto, tão pouco, sermos omissos ou resistentes a entrada de novas tecnologias em nosso cotidiano. Agindo dessa forma se onera desnecessariamente determinado segmento da economia, se propicia incentivo ao descumprimento de normas estabelecidas ou ainda se contribui para tornar a atividade em questão menos sustentável, e o que é pior, tornam obsoletas e omissas as NSCI em relação ao desenvolvimento e aplicação de novas tecnologias.

Para que estas questões possam ser equacionadas, o Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina possui amplo amparo legal para deferir ou indeferir pedidos, solicitar laudos ou testar novas tecnologias e equipamentos que tenham relação com a segurança das pessoas e de seus bens.

1.4 Estrutura do trabalho

Para que os objetivos deste trabalho sejam atingidos, o capítulo 2 é o referencial teórico. Inicialmente proporciona um esclarecimento a respeito da necessidade de energia para o desenvolvimento humano e a chegada do GLP. Em seguida apresenta os tubos, dando uma idéia do como são importantes para a vida moderna, onde estão presentes, quais os usos principais. Também dá uma idéia a respeito dos tubos que são o escopo desse trabalho, aqueles que têm polietileno em sua estrutura. São apresentadas as solicitações encaminhadas à DAT pelas seguintes empresas: Emmeti do Brasil, Grupo Dema e Indústrias Saladillo. É apresentada a análise normativa. O conhecimento das normas que incidem sobre os tubos é importante ao passo que lançam luz sobre a questão.

No capítulo 3 são apresentados os procedimentos metodológicos.

No capítulo 4 é apresentado o protocolo experimental para avaliação da resistência ao calor das tubulações de polietileno destinadas a conduzir GLP ou GN, internamente em edificações residenciais e comerciais.

No capítulo 5 é apresentado o resultado da pesquisa. Amostras de tubos que possuem polietileno em sua estrutura, fabricados segundo a norma argentina NAG E 210, foram submetidos.

No capítulo 6 é apresentada a conclusão.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Não se pode imaginar como seria a forma de vida moderna sem fontes confiáveis de energia. A própria sobrevivência da humanidade depende da obtenção e consumo de energia. A energia impulsiona a economia, gera riquezas e salva vidas. Dentre as conhecidas formas de energia, aquelas advindas do petróleo estão presentes no cotidiano de muitas pessoas. O GLP é um combustível obtido a partir do petróleo e é utilizado diariamente por milhares de brasileiros.

Para que o GLP possa ser utilizado com segurança, necessitamos de equipamentos que nos permitam armazenar, conduzir e queimar esse combustível. Em edificações comerciais e em edificações residenciais multifamiliares, o GLP é conduzido do recipiente que o armazena, até o ponto de queima através de um sistema de tubos e conexões, esse conjunto é chamado de tubulação.

Nesse capítulo, para que seja possível um melhor entendimento do assunto abordaremos o tema GLP e tubulação.

2.1 A necessidade de energia para vida moderna

De longa data o homem já reconhece a necessidade e importância do fogo, sendo que existem provas de que este já era usado na Europa e na Ásia há aproximadamente 500.000 a.C. (LIQUIGAS, 2012b).

Cedo aprendemos que calor, luz e a capacidade de fazer com que alguns materiais incendiassem são propriedades do fogo, dessa forma, essas propriedades se tornaram vitais para o homem, proporcionando conforto e proteção. (LIQUIGAS, 2012b).

Este fogo tão vital para a vida chega até nós de várias formas, entre elas, através da queima de derivados de petróleo. Porém, até que se chegasse a esta forma de energia, um longo caminho teve de ser percorrido.

Entre os derivados de petróleo, o GLP, também conhecido como gás de cozinha por ser amplamente utilizado na cocção de alimentos, está presente na maioria dos lares e é utilizado cotidianamente. (LIQUIGÁS, 2012a)

A madeira foi a principal fonte de energia, até que no século XVIII, James Watt construiu a primeira máquina a vapor. A madeira então foi substituída pelo carvão mineral, e

este também passou a ser utilizado como combustível. O petróleo já era conhecido desde a Idade Antiga, mas por não se saber como extraí-lo, este era pouco utilizado como combustível. (LIQUIGAS, 2012b).

2.1.1 Do petróleo ao GLP

O petróleo com o passar do tempo foi tendo sua utilização ampliada. Foi possível descobrir, inclusive, alguns derivados como o gás. Um poço de petróleo mais profundo foi aberto em 1859, na Pensilvânia, Estados Unidos. Este poço permitia a retirada de 19 barris por dia, sendo a partir daí que o petróleo passou a ser utilizado em larga escala, substituindo o carvão na indústria, e os óleos de rícino e de baleia na iluminação. As aplicações do petróleo se multiplicaram rapidamente com o invento dos motores a explosão, uma vez que frações do petróleo até então desprezadas passaram a ter importância. (LIQUIGAS, 2012b).

2.1.1.1 Origem do GLP no mundo

Segundo Poter (2012), a história do GLP tem sua origem no oeste da Pensilvânia – EUA, cerca de 50 anos após o início da extração de petróleo no local. Como naquela época a indústria não possuía tecnologia para armazenar os vapores contidos no petróleo, o mesmo era deixado a céu aberto até que estes se evaporassem e o petróleo pudesse ser transportado. Como se tratava de um produto muito instável e volátil, muitos acidentes ocorreram. Em 1910, nos EUA, Andrew Kerr, trabalhador da indústria petrolífera começou a coletar os gases que eram descartados no refino do petróleo, comprimindo-os e armazenando-os em pequenos tanques.

Ainda segundo Poter (2012), cerca de dois anos depois, um químico chamado Walter Snelling, foi chamado para investigar as emissões de vapores dos tanques de gasolina dos Ford modelos T. Utilizando uma serpentina para aquecer água e outros artefatos de laboratório, desenvolveu um sistema de destilar que poderia separar a gasolina em seus componentes líquidos e gasosos.

“Em 1911, na Pensilvânia, a utilização do gás liquefeito de petróleo – GLP – inicia-se na indústria, alimentando maçaricos para o corte do aço. Neste mesmo local, em 1912, é realizada a primeira instalação doméstica de GLP”. (LIQUIGAS, 2012b, não

paginado).

Segundo Morais (2005), o uso do GLP foi difundido no mundo no final dos anos 20, com sua utilização como combustível dos dirigíveis que faziam serviços regulares de transporte de pessoas entre países de diferentes continentes. Como existia a necessidade de reabastecimento dos dirigíveis, os países que faziam parte da rota tinham estoques de GLP armazenados. O acidente com o dirigível Hindenburg nos EUA interrompeu as viagens dos dirigíveis mundo afora e os estoques do gás após o fim destas viagens foram descartados, exceto no Brasil.

2.1.1.2 Origem do consumo de GLP no Brasil

Segundo SINDGAS (2012), a década de 30 marcou o início da utilização do GLP no Brasil. Nessa época a grande maioria dos lares brasileiros ainda utilizava fogões à lenha, porém esse quadro estava prestes a mudar. Com o fim das viagens que o dirigível alemão Graff Zeppelin fazia à América do Sul, seis mil cilindros de gás propano ficaram armazenados no Rio de Janeiro e em Recife. Foi então que um austríaco naturalizado brasileiro, Ernesto Igel, comprou todos os cilindros e começou a comercializá-los como gás para cozinha através da chamada Empresa Brasileira de Gás a Domicílio, que mais tarde se tornaria a ULTRAGAZ.

Segundo SINDGAS (2012), no início a dificuldade de se obter um fogão próprio para a utilização do novo combustível e a necessidade de importação do produto foram obstáculos à ampliação do número de consumidores. Porém investimentos no setor foram primordiais para a reversão desse quadro, com o investimento em terminais de armazenagem e engarrafamento, em navios tanques e a na fabricação no Brasil de botijões para armazenamento e transporte. O início da produção de GLP no Brasil pela Petrobras, dois anos após sua fundação fez com que a utilização do gás, tanto para uso doméstico como industrial, aumentasse ainda mais.

2.1.2 O que é GLP

O termo "gás liquefeito de petróleo" se refere aos gases combustíveis existentes no petróleo que se liquefazem quando são submetidos a uma determinada pressão. O GLP é

composto basicamente por uma mistura de propano e butano. O propano tem seu ponto de ebulição em -42°C , então assim que for liberado irá evaporar. O ponto de ebulição do butano é por volta de $-0,6^{\circ}\text{C}$, portanto quanto mais baixa a temperatura ambiente mais dificultosa será sua evaporação. Por isso é que o butano possui usos mais limitados e é misturado com propano. (GRABIANOWSKI, 2012).

A Agência Nacional de Petróleo (ANP) classifica o GLP da seguinte forma: conjunto de hidrocarbonetos com três ou quatro átomos de carbono (propano, propeno, butano e buteno), podendo apresentar-se isoladamente ou em mistura entre si e com pequenas frações de outros hidrocarbonetos.

“A densidade média do GLP é de 522 kg/ m^3 , seu poder calorífico é de 11.300 Kcal/Kg e ao se comparar ao petróleo tem-se $4,487$ barris equivalentes por m^3 ” (MORAIS, 2005, p. 5).

O GLP tem como característica a possibilidade de aplicação de diversas formas, é de fácil armazenamento e transporte e, por ser um produto inodoro, é adicionado um composto à base de enxofre para caracterizar seu cheiro. (POLITO, 2012).

2.1.3 Importância econômica e participação na matriz energética nacional

Segundo o Ministério de Minas e Energia (MME), o GLP tem uma importância social e econômica muito grande.

Este energético é distribuído em todo o país e mais de 80% de seu consumo se verifica no setor residencial. A substituição do GLP pelo gás natural é limitada às áreas urbanas onde há infraestrutura de canalização de gás, que são muito reduzidas em número. Assim, segundo o ministério, a demanda deverá seguir crescendo, acompanhando os aumentos demográficos e do número de domicílios. Hoje o Brasil é importador de GLP (cerca de 16% da oferta interna do produto). Contudo, admite-se reversão nessa situação, a despeito do aumento do consumo. A hipótese que suporta essa nova situação é a de que, além do aumento de produção resultante da operação de novas unidades de conversão, haverá uma maior produção de GLP em decorrência do aumento previsto de produção de gás natural e, nessas condições, é previsto que haja excedentes de GLP, que poderão ser exportados, destinados ao setor petroquímico ou substituir a eletrotermia na indústria. (BRASIL, 2012, não paginado).

A Tabela 1 resume os valores projetados para o consumo e produção total dos principais derivados de petróleo no horizonte do Plano Nacional de Energia 2030, do MME.

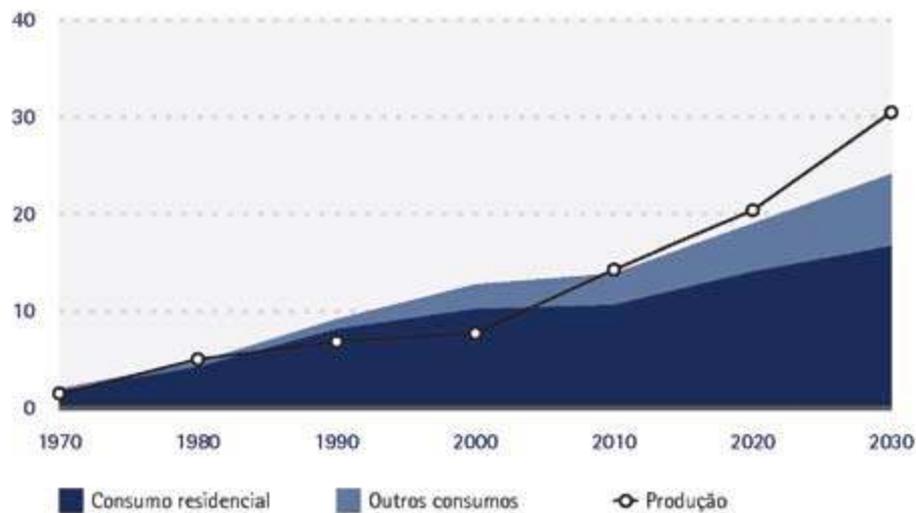
Tabela 1 – Projeção do Consumo Total de Derivados do Petróleo (milhões de litros)

Derivado	2005	2010	2020	2030	$\Delta\%$ ao ano 2005-2030
Óleo diesel	40421	51243	69087	97876	3,60%
Gasolina	17712	19580	26229	42190	3,50%
GLP	11655	13866	19227	24888	3,10%
Óleo combustível	7581	8079	8225	9112	0,7%
Querosene	3165	3868	6227	9902	4,70%
TOTAL	80534	96636	128995	183968	3,4%

Fonte: (BRASIL, 2007).

O consumo de GLP, assim como dos outros derivados de petróleo continua crescendo ao longo da projeção. Isso significa que esse combustível continuará fazendo parte de nosso cotidiano.

O Gráfico 1 deixa claro que de todo o GLP produzido, a maior parte é destinada ao consumo residencial.

Gráfico 1 – Produção e consumo de GLP em milhões de m³

Fonte: (BRASIL, 2007).

De acordo com o gráfico, durante muito tempo o CBMSC terá de lidar com projetos que têm como parte integrante dos sistemas preventivos contra incêndio instalações de gás central canalizado. Segundo é observado no gráfico acima, ainda durante toda essa década e a próxima, ocorrerá aumento do consumo e inclusive excedente na produção.

2.2 Tubulações

Este item tem como objetivo discorrer sobre tubulações, e informar o quão importantes são para a vida moderna, onde estão presentes, quais os usos principais e também dar uma idéia a respeito dos tubos que são o escopo desse trabalho, ou seja, aqueles que têm polietileno em sua estrutura.

2.2.1 Necessidade e importância

Nayyar (2007a), membro da Sociedade dos Engenheiros Mecânicos dos Estados Unidos (ASME), ensina que sistemas de tubulações são como artérias e veias. Em uma cidade moderna são indispensáveis para o transporte de água até os pontos de distribuição e consumo. Transportam os resíduos de nossas residências para as estações de tratamento. Fazem parte do sistema que transporta gás natural até os pontos de utilização. Os sistemas de tubulação também são utilizados para transportar produtos químicos, misturas, gases, vapores e sólidos. As instalações de proteção contra incêndios em residências, comércios e indústrias, dependem de tubulações para o combate ao fogo. Os sistemas de tubulação em usinas térmicas transmitem vapor de água em alta pressão e alta temperatura para gerar eletricidade.

Ainda segundo Nayyar (2007a), sofisticados sistemas de tubulação são usados para processar e transportar substâncias perigosas e tóxicas. Em hospitais, sistemas de tubulação são utilizados para transporte de gases e fluidos para fins médicos.

Para avaliar um sistema de tubulação temos de ter uma compreensão mínima da sua construção, instalação e operação. Os materiais utilizados na fabricação, a forma como são fabricados e o que vai ser exigido do sistema, também são fatores considerados quando nos referimos a este complexo sistema.

Para Nayyar (2007a), tubulação é um conjunto de peças, ou seja, tubos, flanges, suportes, juntas, válvulas, conexões, unidos para formarem o sistema.

2.2.2 Importância dos materiais utilizados

Segundo Tanzosh (2007), a seleção de materiais para aplicações na fabricação de tubos é um processo que exige a consideração das características de materiais adequados para

o serviço necessário, como por exemplo: temperatura de trabalho e pressão a serem suportadas de forma segura durante toda a vida útil prevista do produto. Além disso, o ambiente de operação e a natureza das substâncias devem ser considerados. A degradação das propriedades dos materiais que compõe o tubo ou a perda de eficácia no transporte do fluido podem ocorrer através da corrosão, da erosão, ou de uma combinação de ambas.

Ainda segundo Tanzosh (2007), as características da fabricação dos materiais utilizados na tubulação também devem ser consideradas. A capacidade de ser dobrado ou sofrer deformação, a aptidão para soldagem ou outro método de união, a facilidade de tratamento térmico, a uniformidade e estabilidade do material utilizado devem ser levadas em conta.

2.2.3 Importância da normatização

Nayyar (2007b) explica que para o projeto, materiais, fabricação, montagem, teste, e inspeção de sistemas de tubulação devem existir normas que estabeleçam requisitos. As normas também devem trazer os requisitos de forma de construção para os componentes da tubulação, tais como cotovelos, tês, flanges, válvulas, e outros em itens.

Ainda de acordo Nayyar (2007b), os códigos e as normas que dizem respeito aos sistemas de tubulação e componentes de tubulação são publicados por várias organizações. Estas organizações têm comitês compostos por representantes de associações industriais, fabricantes, profissionais do setor, usuários, agências governamentais, companhias de seguros e outros grupos de interesse. Os comitês são responsáveis pela manutenção, atualização e revisão dos códigos e normas.

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (2012), no Brasil ela própria é o órgão responsável pela normalização técnica, fornecendo a base necessária ao desenvolvimento tecnológico brasileiro. A ABNT é a representante oficial do Brasil na ISO (International Organization for Standardization), entre outros órgãos internacionais de normalização técnica. A ABNT possui comitês técnicos, entre eles o CB 09 (Comitê Brasileiro de Gases Combustíveis), que tem como escopo a normalização no campo dos gases combustíveis, compreendendo produtos e serviços relacionados com as atividades de exploração, produção, armazenagem, distribuição e utilização desses gases, bem como seus usos nos segmentos: industrial, comercial, residencial e automotivo, no que concerne à

terminologia, requisitos, métodos de ensaio e generalidades.

2.2.4 Tubos termoplásticos

Termoplástico é um plástico (polímero artificial) que, a uma dada temperatura, apresenta alta viscosidade, podendo ser conformado e moldado. São exemplos de termoplásticos: polipropileno, polietileno, policloreto de vinil (PVC), entre outros. Quando sujeito à ação de calor sofre deformidade, e quando é resfriado solidifica e mantém a sua nova estrutura. Os plásticos são divididos em termoplásticos e termofixos. Os termoplásticos são altamente recicláveis ao contrário dos termofixos, isso é possível porque as cadeias macromoleculares dos termoplásticos se encontram ligadas por Forças de van der Waals ou por Ligações de Hidrogênio que se quebram por ação do calor. Ao serem novamente resfriados, voltam a ser restabelecidas as suas ligações intermoleculares, não havendo desta forma quebra das ligações covalentes dos monômeros que formam as macromoléculas. (TERMOPLÁSTICO, 2012, não paginado).

Para McGrath e Murk (2007), termoplásticos representam a maior parte dos plásticos usados em tubulações. Durante 1989, nos Estados Unidos, mais de 95% dos plásticos destinados à fabricação de tubos e acessórios foram de termoplástico. O segundo termoplástico mais amplamente utilizado nos Estados Unidos é o polietileno.

Ainda segundo McGrath e Murk (2007), os primeiros tubos termoplásticos foram feitos na Alemanha durante os anos 1930. Tubos feitos de termoplásticos foram fabricados comercialmente nos Estados Unidos em 1940 e foram utilizados pela Companhia de Gás do Sul da Califórnia para a distribuição de gás natural.

2.2.5 Principais usos dos tubos termoplásticos

Tubulações de termoplásticos, segundo McGrath e Murk (2007), são rotineiramente utilizadas para a baixa pressão, e muitas vezes para aplicações que não demandam necessidade de resistência à pressão. A maior parte dos revestimentos dos cabos elétricos e dos serviços de distribuição de gás nos Estados Unidos são feitos por tubos de polietileno. Na produção de petróleo e gás, tubos de polietileno são utilizados para transportar água e gases. Tubulações de PE também são freqüentemente usadas para o transporte de

produtos químicos e substâncias que devem permanecer não contaminadas por íons metálicos.

Ainda segundo McGrath e Murk (2007), uma das aplicações de crescimento mais rápido é o uso de PE e de tubos de PVC para a construção de sistemas de drenagem para rodovias. Outra é a reabilitação de esgotos mais antigos, através da inserção de uma nova tubulação de PE ou de PVC no interior da tubulação antiga.

2.2.6 Vantagens e desvantagens dos tubos termoplásticos

De acordo com McGrath e Murk (2007), as características inerentes aos tubos constituídos de termoplásticos provocou a adoção generalizada do seu uso. A vantagem mais reconhecida é a resistência da tubulação à corrosão provocada pela água e umidade ambiente. Tubulações de termoplásticos não estão sujeitas a ataques de superfície, em qualquer forma comparável à corrosão ambiental sofrida pelos metais. Termoplásticos, sendo não condutores, são imunes ao processo de corrosão induzida por eletrólitos, tais como ácidos, bases e sais. Além disso, os materiais plásticos não são vulneráveis ao ataque biológico. Em suma, termoplásticos não estão sujeitos à corrosão na maioria dos ambientes, tanto faz se instalados na parte aérea ou subterrânea. Outra grande vantagem oferecida pelos tubos termoplásticos é seu peso reduzido em comparação aos tubos de aço ou cobre, o que resulta na facilidade de manuseio, armazenamento, instalação, bem como reduz os custos de transporte. Eles também oferecem boa resistência à abrasão. Alta capacidade de deformação sem quebra é outra importante característica.

As principais limitações dos tubos termoplásticos, de acordo com McGrath e Murk (2007), surgem a partir de sua baixa resistência e rigidez e uma maior sensibilidade das suas propriedades mecânicas à temperatura. Como resultado, a sua utilização principal é para pressões menores e temperaturas ambientes. Alguns tipos de plásticos são específicos para o serviço de condução de água quente, e há alguns outros que também podem ser utilizados para temperatura de serviço na ordem de 149°C. Apesar destas restrições, os tubos termoplásticos satisfazem os requisitos de desempenho para uma gama muito ampla de aplicações.

2.2.7 O polietileno

Segundo McGrath e Murk (2007), os polímeros de polietileno utilizados para tubulações são classificados em três tipos: de baixa densidade, relativamente flexível; de média densidade, forma um pouco mais rígida e menos flexível, e uma forma de alta densidade, que é mais rígido e mais forte. A maioria dos tubos concebidos para resistir à pressão é feito de materiais de densidades situadas entre a média e a alta densidade. Essa faixa se estabeleceu por oferecer o melhor equilíbrio de resistência, flexibilidade e vida útil. Tubos de PE não rompem sob a ação expansiva do congelamento da água. Além disso, tubos de PE são muito menos sujeitos a falhas por rompimento. Estas razões fazem com que esse material seja utilizado em mais de 85% das instalações de gás nos Estados Unidos.

2.2.8 Polietileno reticulado (PEX)

De acordo com McGrath e Murk (2007), polietileno reticulado, como o próprio nome indica, é realmente um termorrígido. A ligação cruzada de PE melhora o desempenho à temperatura elevada, à corrosão química e à resistência à deformação e à abrasão. As propriedades do tubo de polietileno reticulado são determinadas pelas propriedades do PE base. Tubos de PEX também são comumente usados combinados com alumínio (PEX-AL-PEX). Neste tipo de tubo, que alguns chamam de sanduíche, existe uma camada interior e outra exterior de PEX e entre elas uma fina camada de alumínio tubular que confere reforço, aumentando significativamente a capacidade da tubulação em suportar pressão. Tubos PEX e PEX-AL-PEX são fabricados na América do Norte em vários diâmetros. Suas principais aplicações são: compor sistemas de tubulação de água quente, sistemas de aquecimento por radiação ou sistemas de sprinkler resistentes ao fogo.

2.3 Avaliação do CBMSC quanto às solicitações de utilização de tubos de polietileno para condução de GLP e GN

Neste capítulo são apresentadas as solicitações dos interessados em introduzir no mercado tubos de polietileno para condução de GLP internamente em edificações residenciais e comerciais e os respectivos Pareceres Técnicos da DAT do CBMSC a respeito das

solicitações.

2.3.1 SIGAS Termofusão

A primeira solicitação a ser apresentada é da empresa que representa o tubo SIGAS Termofusão. A Tecno Fluidos Sistemas de Condução Ltda, com sede na capital do Estado de São Paulo, em julho de 2009, solicitou aceitação de tubos e conexões de condução de GN e GLP, para redes internas de edificações. Os tubos são fabricados em aço com revestimento em polietileno, sistema denominado SIGAS Termofusão. Segundo o fabricante trata-se de um sistema composto de uma camada externa de polietileno de espessura na ordem de 2,3mm com reforço interno de aço de espessura na ordem de 0,9mm.

2.3.1.1 Parecer DAT

Como resultado da solicitação acima mencionada a DAT em 13 de julho de 2009 emitiu o Parecer Técnico n.º 012:

1. A Diretoria de Atividades Técnicas, no uso de suas atribuições e analisando os ensaios técnicos apresentados, constatou que:
 - a) trata-se de um novo sistema de tubos e conexões para a condução de gás, denominado Sigás Termofusão. Os tubos são produzidos em aço 0,9mm e revestidos com uma camada de 2,3mm de polietileno, segundo informou o fabricante;

[...]
 - c) o produto não está contemplado nas Normas de Segurança Contra Incêndios do Corpo de Bombeiros – NSCI-CBMSC e tão pouco na NBR – 15526 – Redes de distribuição interna para gases combustíveis em instalações residenciais e comerciais – Projeto e execução;

[...]
 - e) os ensaios citados acima, seguem a metodologia NAG E 210/05;
 - f) são apresentados ensaios realizados no laboratório do próprio solicitante, Sigas Termofusão – Grupo DEMA, para temperatura controlada em estufa e ensaio ao fogo, ambos sem norma para definição da metodologia;
 - g) o ensaio para temperatura controlada em estufa, atingiu a temperatura máxima de 220°C e houve deterioração do polipropileno, sem contudo apresentar perda de ar;
 - h) o ensaio a fogo direto representou uma situação de exposição direta as chamas, com combustível leve (madeira) em ambiente aberto e com a tubulação embutida em alvenaria. O ensaio resultou em aparecimento de perdas após 1 hora e 20 min, com temperatura de 240°C;
 - i) sabe-se que nos incêndios ordinários de risco leve, em edificações residenciais, a curva tempo X temperatura indica 300°C nos primeiros 2 minutos, no ponto logo acima do foco de incêndio;
2. Face às informações descritas no item I, esta DAT é de parecer desfavorável a aceitação de tubos de aço revestidos em polietileno para redes internas e favorável para redes externa as edificações. (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA, 2009, não paginado).

2.3.2 GASPEX Emmeti

A segunda solicitação a ser apresentada é a da empresa que representa o tubo GASPEX Emmeti. A Sfera Comercial e Importadora Ltda, com sede na capital do Estado de São Paulo, em maio de 2010, solicitou avaliação e aprovação do sistema denominado GASPEX Emmeti. Trata-se de um sistema composto por uma camada interna de polietileno reticulado (PEX), uma camada intermediária de alumínio e uma camada externa de polietileno (PE).

2.3.2.1 Parecer DAT

Como resultado da solicitação acima mencionada a DAT em 23 de setembro de 2010 emitiu o Parecer Técnico n.º 016:

1A Diretoria de Atividades Técnicas, no uso de suas atribuições e analisando os ensaios técnicos apresentados, constatou que:

a) trata-se de um novo sistema de tubos e conexões para condução de gás, denominado GaspexEmmeti, multicamadas. Os tubos são constituídos em camadas, com um revestimento interno de polietileno reticulado (PEX), uma camada intermediária em alumínio, e um revestimento externo em polietileno (PE);

[...]

c) a empresa informa que os tubos são produzidos com base nas normas ABNT NBR 15526:2007 e normas internacionais ISO 17484-1:2006 e NMX-X-021-SCFI-2007 e AS 4176.

d) de acordo com a análise realizada, constatou-se que os tubos multicamadas não estão contemplados nas Normas de Segurança Contra Incêndios do Corpo de Bombeiros NSCI/CBMSC;

e) a NBR 15526 - Redes de distribuição interna para gases combustíveis em instalações residenciais e comerciais – projeto e execução, não faz referência ao emprego de tubos multicamadas, mas admite, a utilização de tubo de condução de polietileno (PE80 ou PE100) somente em trechos enterrados e externos às projeções horizontais das edificações, conforme item 5.1 “d”;

[...]

g) no ensaio para verificação de resistência ao calor com posterior verificação visual e pressão hidrostática a amostra do tubo multicamadas foi embutida em uma parede com acabamento simulando a condição em uso em residências e submetida a chama de maçarico até que a parede atingisse 180°C;

h) sabe-se que nos incêndios ordinários de risco leve, em edificações residenciais, a curva tempo X temperatura indica 300°C nos primeiros 2 minutos, no ponto logo acima do foco de incêndio;

[...]

k) Face às informações descritas no item I, esta DAT é de parecer:

l) Desfavorável à aceitação de tubos de alumínio multicamadas – polietileno, alumínio, polietileno – para redes internas às edificações. (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA, 2010b, não paginado).

2.3.3 MAYGAS

A terceira solicitação a ser apresentada é a da empresa que representa o tubo MAYGAS. A Setgas Instalações e Comércio Ltda, com sede na cidade de Joinville, estado de Santa Catarina, em dezembro de 2010, solicitou aceitação de tubos e conexões de condução de gás GN e GLP, da linha Maygas, fabricados na Argentina pela indústria Saladillo S. A. Segundo o solicitante trata-se de um sistema composto por uma camada interna de polietileno (PE), uma camada intermediária de alumínio e uma camada externa de polietileno (PE).

2.3.3.1 Parecer DAT

Como resultado da solicitação acima mencionada, a DAT, em 05 de dezembro de 2010, emitiu o Parecer Técnico n.º 022 com as seguintes considerações a respeito da solicitação e dos testes realizados:

1. A Diretoria de Atividades Técnicas, no uso de suas atribuições e analisando os ensaios técnicos apresentados, constatou que:

a) trata-se de um novo sistema de tubos e conexões para condução de gás Natural e gás LP, da Linha Maygas. Os tubos são produzidos em três camadas (multicamadas) das quais polietileno (PE) (externa na cor amarela), adesivo alumínio (AL) e polietileno (PE), segundo informou o fabricante denominado Indústrias Saladillo S. A., da Argentina;

[...]

c) o produto não está contemplado nas Normas de Segurança Contra Incêndios do Corpo de Bombeiros NSCI/CBMSC e tão pouco na NBR 15526 - Redes de distribuição interna para gases combustíveis em instalações residenciais e comerciais – projeto e execução. Segundo a NBR 15526 em seu item 5.1 letra “d” especifica que o tubo de condução de polietileno (PE80 ou PE100), são utilizados para emprego em redes enterradas conforme NBR 14462 – somente utilizados em trechos enterrados e externos às projeções horizontais da edificação;

d) em documento anexo apresentado pela Indústria Saladillo, a empresa Ultragás – especifica a utilização do tubo Maygas para condução de glp em fase de vapor em pressões menores a 1,5 Kgf/cm² em redes embutidas ou protegidas das intempéries (preferencialmente protegidas por uma calha);

[...]

f) foram apresentados os resultados dos ensaios realizados no laboratório da Indústria Argentina acima referida, reconhecida pela ABNT, de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005 – Requisitos gerais para competência de laboratórios de ensaio e calibração. O laboratório está apto a realizar todos os ensaios referentes as normas: ONORM B 5157, UNI 10954-1 e NMX – X – 021 – SCFI.

g) no ensaio de combustibilidade, segundo informe de ensaios (n. 16) do laboratório das IndustriasSaladillo (presenciado pelo Sr. Felipe Dytz, auditor da ABNT), destaca que o tubo multicamadas quando submetido direto a uma chama azul em tempo de 1 minuto + ou – 10 segundos e, quando retirada a chama do tubo, a extinção da chama do tubo não excedeu a 30 segundos;

h) sabe-se que nos incêndios ordinários de risco leve, em edificações residenciais, a curva tempo X temperatura indica 300°C nos primeiros 2 minutos, no ponto logo

acima do foco de incêndio;

2. Face as informações descritas no item I, esta DAT é de parecer desfavorável a aceitação de tubos multicamadas (PE – AL – PE) da Linha Maygas para redes internas e favorável a aceitação para redes enterradas e externas às projeções horizontais das edificações, observando os preceitos das Normas de Segurança Contra Incêndios do Corpo de Bombeiros de Santa Catarina (NSCI/CBMSC) e NBR 15526. (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA, 2010a, não paginado).

Ao final desse capítulo se verifica que todas as solicitações para uso de tubos de polietileno foram indeferidas pelo mesmo motivo, ou seja, os ensaios apresentados que envolveram exposição ao calor foram insuficientes para avaliar o comportamento do produto numa condição parecida com a de um incêndio.

Os fabricantes fazem referência a normas estrangeiras. O presente trabalho, além de abordar a Norma Brasileira, aborda também a Norma Argentina NAG E 210 e a Norma Mexicana NMX-X-021-SCFI-2007, os tubos apresentados pelas empresas são fabricados de acordo com estas duas normas estrangeiras. A análise dessas normas se torna necessária para que se possa entender mais claramente com que tipo de material se está trabalhando.

2.4 Normatização sobre tubos

A complexidade e o risco explicam a necessidade de que os tubos para condução de fluídos, em especial aqueles que trazem riscos para as pessoas e seus bens, sejam normatizados. A falta de normatização traz uma preocupação adicional, obriga o estudo de forma mais pormenorizada do tubo em si, a instalação, suas conexões, a forma de executá-las, e caso seja necessário, realizar ensaios para verificar sua resistência diante de um determinado fator. Essa preocupação justifica o indeferimento por parte da DAT para a utilização dos tubos fabricados com termoplásticos em sua estrutura.

Além disso, como visto no capítulo anterior, as solicitações para liberação da instalação de tubos não contemplados em normas brasileiras e sim contemplados em normas internacionais ou estrangeiras nos obriga a estudá-las e realizar comparações, objetivando um melhor entendimento a respeito do assunto, para que assim as decisões sejam subsidiadas em uma gama maior de conhecimentos.

Gases combustíveis podem gerar grandes danos em caso de incêndio ou explosão, mesmo estando a baixas pressões, como é o caso do GLP e GN, que em instalações residências não excedem, conforme a Associação Brasileira de Normas Técnicas (2009), a

pressão de 150 kPa (1,5 Kgf/cm²).

Esse capítulo tem como objetivo apresentar as seguintes Normas:

a) Norma Brasileira NBR15526:2009 – Redes de distribuição interna para gases combustíveis em instalações residenciais e comerciais – projeto e execução.

b) Norma Argentina NAG E 210:2005 - Gasodutos compostos de aço e polietileno unidos por termofusão para condução de gás natural (GN) e gás liquefeito de petróleo (GLP) em instalações internas (2005).

c) Norma Mexicana NMX-X-021-SCFI:2007 – Indústria do Gás – Tubos multicamadas. Polietileno - alumínio - polietileno (PE-AL-PE) para a condução de Gás Natural (GN) e Gás Liquefeito de Petróleo (GLP) – especificações e métodos de ensaio. Parte 1: Especificações do Sistema.

2.4.1 Norma Brasileira - NBR 15526:2009

A Norma Brasileira NBR15526:2009 – Redes de distribuição interna para gases combustíveis em instalações residenciais e comerciais – projeto e execução tem como escopo estabelecer os requisitos mínimos exigíveis para o projeto e a execução de redes de distribuição interna para gases combustíveis em instalações que não excedam a pressão de operação de 150 kPa. Sendo o gás conduzido até os pontos de utilização através de um sistema de tubulações e ainda conforme a referida norma, existe a possibilidade de que os requisitos estabelecidos sejam complementados pela autoridade competente em função de legislação ou necessidade específica local. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2009).

Segundo a NBR15526:2009, para a execução da rede de distribuição interna são permitidos os tubos de aço-carbono, cobre rígido, cobre flexível e polietileno, este último enterrado e externo às projeções horizontais das edificações. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2009).

Os tubos de aço-carbono e cobre rígido são os únicos permitidos pela NBR 15526:2009 para a condução de GLP no interior das edificações em rede primária e secundária. No caso do aço-carbono a NBR 15526:2009 cita as seguintes Normas Brasileiras: NBR 5580:2007 e NBR 5590:2008, sendo que estas normas fixam os requisitos exigíveis para encomenda, fabricação e fornecimento de tubos de aço-carbono, com ou sem costura, pretos

ou galvanizados. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2009).

Os tubos fabricados de acordo com a NBR 5580:2007 são utilizados para condução de água, gás, vapor e outros fluidos não corrosivos. Os tubos fabricados de acordo com a NBR 5590:2008, além de atenderem os usos previstos na NBR 5580:2007, servem também para aplicações mecânicas. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007, 2008).

2.4.1.1 Norma Brasileira - NBR 5580:2007

Para compreender melhor os requisitos exigidos para os tubos normatizados em nosso país, que conduzem GLP/GN internamente em edificações comerciais ou residenciais multifamiliares, a NBR 5580:2007 será analisada. Em termos construtivos e do ponto de vista da instalação é interessante iniciar observando os objetivos da NBR 5580, que são os seguintes:

- fixar os requisitos exigíveis para encomenda, fabricação e fornecimento de tubos de aço-carbono, com ou sem revestimento protetor de zinco, para condução de água, gás, vapor e outros fluidos não corrosivos.
- informar o tipo de rosca a que esses tubos estão aptos.
- informar que esse material não é apto para ser dobrado ou conduzir fluidos com temperatura superior a 200°C. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007).

2.4.1.1.1 Acoplamentos soldados

A NBR 5580:2007 informa que estes tubos não são aptos para serem dobrados. O que quer dizer que a cada mudança de direção obrigatoriamente deve ser acoplada uma peça através de rosca ou processo de soldagem, como veremos mais adiante. No caso da solda, existe a produção de fumos tóxicos, segundo a empresa Nederman,

os fumos são formados principalmente pela vaporização do metal de adição e do fluxo. Quando resfriado o vapor se condensa e reage com o oxigênio do ar formando partículas muito finas. As partículas que constituem os fumos de solda são pequenas o bastante para permanecerem em suspensão por um longo período. Podem ser facilmente inaladas e penetrar profundamente nos pulmões. (NEDERMAN, 2012, p. 11).

Do ponto de vista da saúde ocupacional o processo de soldagem traz uma desvantagem para o tubo de aço se comparado ao de polietileno. Como visto no parágrafo anterior, a solda é um processo que traz prejuízos para a saúde do trabalhador, já que os fumos advindos da vaporização do metal de adição são perigosos para saúde, exigindo uma série de

cuidados.

Segundo Mondenesi (2011, p. 1),

a operação de soldagem envolve um grande número de aspectos que podem ter algum impacto em seu custo final, como o uso de consumíveis, como por exemplo: metal de adição, o custo de pessoal e outros custos fixos, o gasto de energia elétrica, os custos de manutenção e a depreciação dos equipamentos e o custo dos equipamentos e materiais de proteção, de peças, ferramentas e outros materiais.

A união por termofusão normalmente empregada em termoplásticos é muito mais simples. Segundo o relatório técnico de avaliação do Instituto Falcão Bauer de Qualidade (2011, p. 8),

a união por termofusão trata-se de processo obtido pela elevação simultânea da temperatura da bucha, e da extremidade do tubo multicamadas, por meio de ferramenta calefatora denominada termofusora. Uma vez aquecida a bucha e a extremidade do tubo, por meio de um esforço axial, une-se manualmente as duas peças, obtendo-se o primeiro processo de termofusão. Na sequência, o segundo processo de termofusão, é aquele destinado à união do tubo com a conexão desejada, por meio da mesma bucha já fixada à extremidade do tubo. Da mesma forma, promove-se o aquecimento simultâneo da parte externa da bucha já acoplada ao tubo e da conexão. Atingido o tempo de aquecimento especificado, manualmente, por meio de um esforço axial, promove-se a união entre o tubo e a conexão.

A correta união é resultado da observância dos requisitos determinados pelo fabricante, como por exemplo: a temperatura envolvida no processo, a intensidade do esforço axial despendido e o acoplamento da tubulação à conexão.

Existem diferentes técnicas de termofusão, sendo uma delas a técnica que utiliza bucha para conectar o tubo à conexão que é utilizada para os tubos e conexões construídos segundo os Estados Unidos Mexicanos (2007). Já os tubos construídos segundo a Ente Nacional Regulador Del Gas (2005) dispensam a utilização de bucha, sendo a termofusão realizada diretamente entre a conexão e o tubo.

A figura 1 mostra o início do processo de termofusão, momento em que as partes que serão unidas sofrem o aquecimento de suas extremidades na termofusora.

Figura 1 – Início da termofusão



Fonte: do autor.

Durante o processo de termofusão, não se observa a produção de fumos, o equipamento utilizado é leve e não faz utilização de consumíveis, são itens que conferem vantagens em relação à solda elétrica utilizada em tubos de aço carbono e cobre.

2.4.1.1.2 Acoplamentos roscados

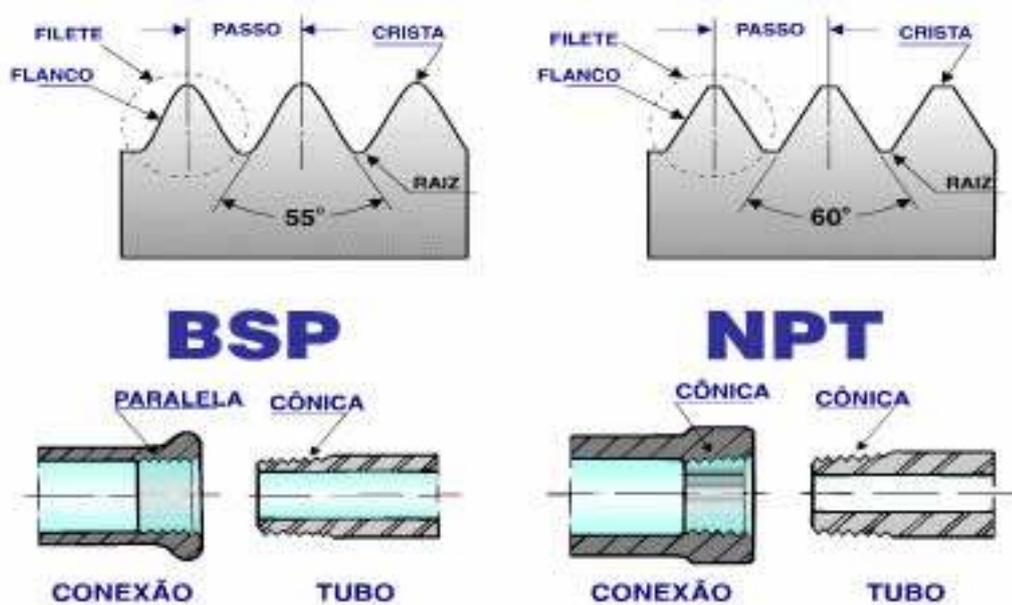
A Associação Brasileira de Normas Técnicas (2007) determina que os tubos fabricados segundo seus requisitos devem ter suas roscas conforme a NBR NM-ISO 7-1. A ISO 7-1, por sua vez, especifica os requisitos para a forma do filete, dimensões, tolerâncias e designação da junta roscada de tubo, de tamanho de 1/16 polegadas até 6 polegadas inclusive, para juntas sob pressão para uniões roscadas. Estas roscas são cônicas, paralelas internas ou cônicas externas e são adequadas para rosqueamento em tubos, válvulas, conexões ou outros equipamentos tubulares interconectados por juntas roscadas em que a vedação acontece por compressão entre as partes (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2000b).

As conexões devem atender a NBR 6943:2000, norma que fixa as condições exigíveis para a fabricação, aceitação e/ou recebimento de conexões de ferro fundido maleável, para uso em instalações de água, gás, vapor, óleo e hidráulica em geral.

(ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010b).

No caso dos acoplamentos roscados a Associação Brasileira de Normas Técnicas (2009) determina que a rosca deva ser cônica (NPT - National Pipe Thread), que atende as especificações da norma americana de tubos e conexões rosqueáveis, ou macho cônico e fêmea paralela (BSP - British Standard Pipe), que atende as especificações da norma européia para roscas paralelas.

Figura 2 – Diferenças entre roscas BSP e NPT



Fonte: (TUPY, 2012).

A figura da página anterior mostra a diferença entre os tipos de rosca. Conforme citado anteriormente esse tipo de conexão é adequado em tubos, conexões e acessórios que se interconectam por juntas roscadas em que a vedação acontece por compressão entre as partes.

2.4.1.1.3 Classificação dos tubos

Quanto à classificação, os tubos referidos na Norma NBR 5580:2007 são classificados em leves, médios e pesados, no que diz respeito à espessura da parede em milímetros, à massa do tubo em Kg/m, a ao diâmetro externo. Os tubos de aço utilizados em instalações de GLP ou GN devem, segundo a NBR 15526:2009 ser no mínimo classe média. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2009).

Abaixo, segue quadro que indica as espessuras da parede dos tubos conforme a classe.

Quadro 1– Diâmetro x espessura x massa tubos NBR 5580

Diâmetro nominal DN	Diâmetro externo mm			Espessura mm			Massa do tubo preto kg/m		
	Básico	Mín.	Máx.	Classe			Classe		
				L	M	P	L	M	P
6 (1/8)	10,2	9,7	10,4	1,80	2,00	2,65	0,37	0,40	0,49
8 (1/4)	13,5	13,2	13,9	2,00	2,25	3,00	0,57	0,62	0,78
10 (3/8)	17,2	16,7	17,4	2,00	2,25	3,00	0,75	0,83	1,05
15 (1/2)	21,3	21,0	21,7	2,25	2,65	3,00	1,06	1,22	1,35
20 (3/4)	26,9	26,4	27,1	2,25	2,65	3,00	1,37	1,58	1,77
25 (1)	33,7	33,2	34,0	2,65	3,35	3,75	2,03	2,51	2,77
32 (1 ¼)	42,4	41,9	42,7	2,65	3,35	3,75	2,60	3,23	3,57
40 (1 ½)	48,3	47,8	48,8	3,00	3,35	3,75	3,35	3,71	4,12
50 (2)	60,3	59,6	60,7	3,00	3,75	4,50	4,24	5,23	6,19
65 (2 ½)	76,1	75,2	76,3	3,35	3,75	4,50	6,01	6,69	7,95
80 (3)	88,9	87,9	89,4	3,35	4,00	4,50	7,07	8,38	9,37
90 (3 ½)	101,6	100,3	102,1	3,75	4,25	5,00	9,05	10,20	11,91
100 (4)	114,3	113,0	114,9	3,75	4,50	5,60	10,22	12,18	15,01
125 (5)	139,7	138,5	140,8	X	4,75	5,60	X	15,81	18,52
150 (6)	165,1	163,9	166,5	X	5,00	5,60	X	19,74	22,03

NOTA - A tolerância máxima na espessura de parede dos tubos é de -12,5%

Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007, p. 6).

2.4.1.1.4 Ensaios

Os ensaios que estão previstos na NBR 5580:2007 são os seguintes: ensaio para verificar a massa e a uniformidade do revestimento protetor de zinco, ensaio de achatamento para testar a solda e ensaio de pressão hidrostática ou ensaio não destrutivo para identificar problemas na estrutura da parede do tubo. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007).

A NBR 5580:2007, ainda sobre os ensaios a que os tubos devem ser submetidos, determina que, quando ensaiado hidrosticamente, o tubo deve ser submetido a uma pressão de 5 MPa (50,99 Kgf/cm²) durante um tempo mínimo de 5 segundos e que os tubos de diâmetro nominal de 50 mm e maiores devem ser golpeados em ambas as extremidades com um martelo adequado, de massa de aproximadamente 1 kg, enquanto estiverem sob pressão. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007).

Quanto ao teste por correntes parasitas, a Associação Brasileira de Ensaios não Destrutivos (ABENDE), ensina que o ensaio por correntes parasitas é realizado da seguinte forma: um campo magnético gerado por uma sonda ou bobina alimentada por corrente

alternada produz correntes induzidas (correntes parasitas) na peça sendo ensaiada. O fluxo destas correntes depende das características do metal. As ferramentas de teste têm a forma de canetas ou sensores que, passadas por sobre o material, detectam trincas ou descontinuidades superficiais, ou ainda, podem ter a forma de circular, oval ou quadrada, por onde passa o material. Neste caso detectam-se descontinuidades ou ainda as características físico-químicas da amostra. A presença de descontinuidades superficiais e subsuperficiais (trincas, dobras ou inclusões), assim como mudanças nas características físico-químicas ou da estrutura do material (composição química, granulação, dureza, profundidade de camada endurecida, tempera, etc.) alteram o fluxo das correntes parasitas, possibilitando a sua detecção. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS, 2012).

A NBR 5580 é uma norma bem completa, fixa diversos requisitos para fabricação de tubos de aço-carbono que fazem com que o produto final seja confiável e apropriado para utilização em sistemas de tubulação de GLP e GN.

As instalações de gás central canalizado, executadas com tubos de aço-carbono são robustas, principalmente devido às características do material empregado. Essa robustez tem um custo, pois como podemos ver o material é pesado, o que dificulta o transporte, a armazenagem e o manuseio. Este material não pode ser dobrado, fato que implica na utilização de solda. É um material sujeito à corrosão, porém, mecanicamente é bastante seguro e resistente.

2.4.1.2 Norma Brasileira - NBR 13206

A NBR 15526:2009 também permite a execução da rede interna de distribuição de GLP ou GN com a utilização de tubos de cobre, desde que estes atendam as especificações da NBR 13206:2010 - Tubo de cobre leve, médio e pesado, sem costura, para condução de fluidos – Requisitos. Essa norma tem como objetivo especificar os requisitos a que devem satisfazer os tubos de cobre leve, médio e pesado, sem costura, fornecidos em unidades retas e usados para condução de água fria, água quente, gases combustíveis, gases refrigerantes, gases medicinais e outros fluidos, em instalações residenciais, comerciais, industriais, hospitalares e de combate a incêndio, bem como para outras aplicações compatíveis. Esta norma não é tão abrangente quanto a que trata dos tubos de aço-carbono. Alguns aspectos como, por exemplo: classificação, ensaios e acoplamento chamam a atenção e devem ser

abordados. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010c).

2.4.1.2.1 Classificação

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (2010) classifica os tubos de cobre em classe E (leve), classe A (médio) ou classe I (pesado). A classe utilizada para instalações de GLP/GN, segundo a NBR 15526:2009 é a classe E. Os tubos da classe E são os que possuem as paredes menos espessas, pois são classificados como leves. Iniciam com a espessura de 0,50 mm, para o menor diâmetro e chegam até 1,20 mm para o maior diâmetro.

O quadro abaixo mostra a espessura da parede do tubo de cobre em relação ao diâmetro externo. Em comparação com a espessura da parede do tubo de aço, as paredes do tubo de cobre são bem mais finas. As dimensões estão em milímetros.

Quadro 2 – Tubo de cobre leve classe E

Diâmetro externo				Espessura da parede	
Nominal	Mínimo	Real	Máximo	Nominal	Tolerância (+/-)
10	9,47	9,52	9,57	0,50	0,05
15	14,95	15,00	15,05	0,50	0,05
22	21,94	22,00	22,06	0,60	0,06
28	27,94	28,00	28,06	0,60	0,06
35	34,93	35,00	35,07	0,70	0,07
42	41,93	42,00	42,07	0,80	0,08
54	53,93	54,00	54,07	0,90	0,09
66	66,60	66,70	66,80	1,00	0,15
79	79,25	79,40	79,55	1,20	0,18
104	104,60	104,80	105,00	1,20	0,18

Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010, p. 5).

2.4.1.2.2 Ensaios

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (2010), a exemplo do que é exigido para os tubos de aço-carbono, exige também dos tubos de cobre, independente da sua classificação, que sejam submetidos a ensaios não destrutivos pelo fabricante para atestar que atendem os requisitos necessários para serem empregados com segurança. Os ensaios podem, a critério do fabricante, ser por correntes induzidas ou por pressão hidrostática.

No caso do teste por pressão hidrostática, todos os tubos devem ser testados. Os tubos submetidos ao ensaio hidrostático, segundo a Associação Brasileira de Normas

Técnicas (2010) devem suportar, sem evidenciar vazamento, uma pressão interna suficiente para produzir no material um esforço tangencial de 62 megapascal (Mpa) durante 1 min. A pressão de 62 MPa significa algo em torno de mais de 630 Kgf/cm², durante 1 minuto sem apresentar vazamentos, atestando dessa forma a resistência do material, que durante toda sua vida útil não deverá suportar pressões superiores a 1,53 Kgf/cm², fazendo assim com que exista uma enorme margem de segurança em relação à resistência mecânica do tubo em relação à sua pressão de trabalho.

O quadro abaixo nos mostra a pressão de serviço em MPa dos tubos de cobre classes E, A e I.

Quadro 3 – Pressões máximas de serviço

Diâmetro externo nominal mm	Pressão de serviço MPa		
	Classe E	Classe A	Classe I
10	6,80	11,17	14,22
15	4,25	6,91	8,73
22	3,46	5,24	6,46
28	2,70	4,09	5,50
35	2,52	4,00	5,12
42	2,40	3,32	4,25
54	2,09	2,81	3,52
68	1,88	2,26	2,84
79	1,90	2,38	3,03
104	1,43	1,80	2,40

Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010, p. 9).

2.4.1.2.3 Acoplamento

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (2009) informa os tipos de acoplamentos possíveis para a tubulação de cobre utilizada para conduzir GLP ou GN. Para pressões de até 7,5 kPa (0,08 Kgf/cm²) é permitido o processo de soldagem capilar, desde que o metal de enchimento tenha ponto de fusão acima de 200°C. Para esse processo é utilizado o estanho como metal de enchimento, resultando assim numa solda branda, pois o ponto de fusão do metal de enchimento está abaixo dos 450°C. Outro processo permitido é o de brasagem capilar que pode ser utilizado em toda a rede e que o metal de enchimento deve ter ponto de fusão mínimo de 450°C.

2.4.1.3 Considerações

A abordagem da NBR15526:2009 e seu desdobramento em outras normas, como a NBR 5580:2007 (tubos de aço) e a NBR 13206:2010 (tubos de cobre) objetiva esclarecer os principais aspectos relativos à construção dos tubos, requisitos exigidos e montagem. O propósito foi trazer um maior entendimento sobre o assunto, pois só assim é possível a avaliação das normas estrangeiras que vêm em seguida, suas vantagens e desvantagens quanto ao aspecto da adoção ou não de tubos de polietileno em substituição aos tubos de cobre e aço carbono.

2.4.2 Norma Argentina - NAG E 210

A Norma Argentina NAG E 210 de 2005 trata dos tubos compostos de aço e polietileno unidos por termofusão, para condução de GLP e GN em instalações internas. A NAG E 210 esclarece as características que o sistema deve atender, define critérios de aceitação, métodos de ensaio e condições de instalação. Ainda segundo a norma argentina, o sistema por ela especificado está apto para a pressão de trabalho de até 60 mbar (0,06 Kgf/cm²), em instalações internas. E em ambientes habitados, a instalação do sistema só poderá ser efetuada se embutida. (ENTE NACIONAL REGULADOR DEL GAS, 2005).

A imagem da página seguinte mostra tubo fabricado segundo a NAG E 210.

Figura 3 – Tubo NAG E 210



Fonte: do autor

O parágrafo anterior já nos revela importantes peculiaridades da norma argentina em relação à norma brasileira anteriormente analisada. O primeiro aspecto a ser considerado é de que a pressão de trabalho pode ser de até 60 milibar (mbar), então é imprópria para

instalação da rede primária, que no Brasil atinge 1,5 Kgf/cm² (1470 mbar). Outro aspecto é que o tipo de tubo contemplado pela NAG 210, em edificações habitadas, a instalação somente poderá ser executada se for embutida. A norma brasileira deixa a critério do profissional habilitado embutir ou não a instalação.

2.4.2.1 Características de construção

A Ente Nacional Regulador Del Gas (2005) divide a análise do tubo em duas etapas, a primeira refere-se à camada interna de aço e a segunda à camada externa de polietileno. Em relação à camada interna de aço a norma argentina determina que a espessura nominal mínima da parede do tubo de aço é de 0,8 milímetros. É observado na Figura 4 as porções de aço e polietileno de um tubo fabricado segundo a norma argentina. O tubo de aço é protegido por uma camada externa de polietileno. É observado também a “costura”, demonstra que o tubo sofreu união das bordas da chapa por solda.

Figura 4 – Tubo construído de acordo com a NAG E 210



Fonte: do autor

2.4.2.2 Acessórios

Os acessórios têm sua parte interna de metal construídas em aço, ferro fundido, bronze ou outro metal. Na figura abaixo se vê um acessório construído segundo a Ente Nacional Regulador Del Gas (2005). Trata-se de um acessório de transição, onde uma extremidade é acoplada por termofusão e a outra é roscada. Observa-se também a gravação da

norma de fabricação na peça.

Figura 5 – Peça de transição



Fonte: do autor

A norma argentina, a exemplo da brasileira, trata de cada item que compõe o sistema separadamente, com uma norma específica para cada componente e reunidas na NAG 210.

A Ente Nacional Regulador Del Gas (2005) prevê 12 ensaios para a aprovação do tubo, sendo os principais:

- Hermeticidade à temperatura ambiente: consiste na aplicação de uma pressão de 200 mbar, equivalente a $0,2 \text{ Kgf/cm}^2$ por 15 minutos. O tubo será aprovado se não houver diminuição da pressão.

- Resistência à pressão hidrostática: consiste na aplicação de 10 bar ($10,2 \text{ Kgf/cm}^2$) em 1 minuto, mantendo esse valor por 5 minutos sem que exista perda de pressão, após esse teste a amostra deve ser ensaiada quanto à hermeticidade.

- Hermeticidade a altas temperaturas: consiste em pressurizar a amostra em 60 mbar ($0,06 \text{ Kgf/cm}^2$), após submetê-la a um ambiente aquecido a 130°C por 30 minutos, não poderá haver vazamentos. Caso a pressão no interior da amostra ultrapasse os 90 mbar ($0,09 \text{ Kgf/cm}^2$), uma válvula de alívio de pressão irá atuar.

Segundo Callister (2002), a temperatura de fusão do polietileno de alta densidade é de 137°C . O teste de hermeticidade a altas temperaturas é uma prova para o tubo de

polietileno com relação à característica do próprio material que o compõe e não em relação à temperatura de um incêndio.

Os demais testes previstos na NAG 210 dizem respeito ao esmagamento, à tração, à flexão, ao choque, à capacidade de vazão, à aderência entre camadas, ao torque das conexões e à resistência à perfuração. São testes importantes, porém, como levariam tempo e ampliariam em muito a abrangência do trabalho, apenas aqueles que têm como objetivo experimentar a resistência à pressão são mencionados.

2.4.2.3 Considerações

Os tubos fabricados conforme a NAG E 210, por serem fabricados com uma camada externa de polietileno, quando expostos à radiação ultravioleta da luz solar sofrem degradação. Por este motivo devem, segundo a Ente Nacional Regulador Del Gas (2005) ser protegidos por fitas metálicas quando forem instalados expostos às intempéries, sendo estas aderentes e que recobrem os tubos, aplicadas de forma helicoidal. Sobre estas fitas incidem outras normas de fabricação, sendo então mais um elemento a ser considerado quanto a custos e requisitos do sistema.

Ainda sobre os tubos fabricados segundo a Ente Nacional Regulador Del Gas (2005), estes não podem ser dobrados, sendo então necessário a colocação de uma conexão quando houver necessidade de mudança de direção.

A NAG E 210 é uma norma bem completa que contempla todos os componentes do sistema e realmente se verifica que os parâmetros de testes são muito mais próximos da realidade de uma instalação de GLP ou GN, sendo os materiais especialmente projetados para este fim.

2.4.3 Norma Mexicana - NMX-X-021-SCFI-2007

A norma mexicana NMX-X-021-SCFI-2007 tem por objetivo tratar dos tubos compostos de polietileno – alumínio – polietileno (PE – AL – PE), conhecidos como tubos multicamadas. A norma estabelece as especificações e métodos de ensaio a serem atingidas pelo tubo multicamadas, bem como as especificações mínimas a serem cumpridas por meio dos conectores de interligação (ESTADOS UNIDOS MEXICANOS, 2007).

2.4.3.1 Dimensões

A norma mexicana indica as especificações das dimensões. O tubo fabricado conforme a norma mexicana tem os seguintes diâmetros nominais: 3/8, 1/2, 3/4 e 1 polegada, com as seguintes espessuras mínimas de parede: 1,65mm, 1,90mm, 2,25mm e 2,90mm respectivamente. (ESTADOS UNIDOS MEXICANOS, 2007.).

Comparando os tubos fabricados conforme a norma mexicana com aqueles fabricados segundo a norma brasileira, se vê que para o diâmetro de 1/2 polegada, muito utilizado em redes secundárias, a parede do tubo segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (2007) é de 2,65mm de aço, ou seja, muito superior à espessura de 1,90mm da norma mexicana. Ainda sobre o tubo de 1/2 polegada, a camada de alumínio deve ser de no mínimo 0,23mm, ficando o restante, algo por volta de 2,4mm em polietileno. (ESTADOS UNIDOS MEXICANOS, 2007.).

Comparando esta especificação com a norma argentina NAG E 210, como se viu anteriormente, apenas a camada de aço já deve ter no mínimo espessura nominal de 0,8mm no mínimo. Os tubos fabricados de acordo com a norma mexicana NMX-X-021-SCFI-2007 são os de parede menos espessa. A figura abaixo mostra tubo multicamadas com parte da camada exterior parcialmente retirada, exibindo a composição do material. (ESTADOS UNIDOS MEXICANOS, 2007.).

Figura 6 – Tubo multicamadas



Fonte:(REVISTA FATOR, 2012a).

Os tubos multicamadas podem ser curvados, como se fossem mangueiras, inclusive são, segundo a norma mexicana vendidos em rolos, que têm tamanhos de 50m, 100m ou 200m, ou ainda conforme acordo entre comprador e fabricante. Ainda segundo a mesma norma os tubos multicamadas devem ser curvados em até 5 vezes seu diâmetro exterior, sem que ocorra qualquer colapso ou deformação de sua seção circular.

2.4.3.2 Propriedades mecânicas

A norma mexicana define as propriedades mecânicas que os tubos compostos de polietileno e alumínio devem possuir e relaciona os ensaios para atestar essas qualidades. Existem parâmetros de força de adesão entre as camadas, existem também parâmetros para a resistência quando submetido a um esforço de tensão. Ainda com relação às propriedades mecânicas, a pressão máxima de trabalho do tubo leva em conta a temperatura ambiente, pois quanto maior a temperatura ambiente menor a pressão máxima admitida. Segundo a norma mexicana as pressões máximas de trabalho dos tubos multicamadas são: 1,38 Mpa (14 Kgf/cm²) a 23°C – 1,10 Mpa (11 Kgf/cm²) a 60°C e 0,69 Mpa (7,04 Kgf/cm²) a 82°C. (ESTADOS UNIDOS MEXICANOS, 2007).

Ainda no campo das propriedades mecânicas a norma mexicana impõe o teste hidrostático, para períodos curtos, médios e longos.

O teste hidrostático para períodos curtos consiste na aplicação das seguintes pressões 6MPa (61 Kgf/cm²) para os tubos de 3/8, 5MPa (50 Kgf/cm²) para os tubos de 1/2, e 4MPa (40,7 Kgf/cm²) para os tubos de 3/4 e 1 polegada. A uma temperatura de 23°C, com possibilidade de variação de 2°C para mais ou para menos, os mesmos devem resistir sem apresentar falhas. (ESTADOS UNIDOS MEXICANOS, 2007).

O teste hidrostático para períodos de média duração consiste na aplicação de 2,48 MPa (25,2 Kgf/cm²) para os tubos de todas as bitolas 3/8, 1/2, 3/4 e 1 polegada. O ensaio não deve durar menos de 10 horas, e a temperatura em que o ensaio é realizado fica em 60°C, com possibilidade de variação de 2°C para mais ou para menos, os mesmos devem resistir sem apresentar falhas. (ESTADOS UNIDOS MEXICANOS, 2007.).

O teste hidrostático para períodos de longa duração consiste na aplicação de 1 MPa (10,2 Kgf/cm²), por um período de 1000 horas e a temperatura em que o ensaio é realizado fica em 80°C, com possibilidade de variação de 2°C para mais ou para menos, os

mesmos devem resistir sem apresentar falhas. Finalizando, a norma mexicana faz referência à resistência química do material entre outras importantes considerações, que não fazem parte do foco principal desse trabalho. (ESTADOS UNIDOS MEXICANOS, 2007).

A análise das normas brasileira, argentina e mexicana mostra o quanto pode ser diferente a construção de um determinado produto para o mesmo fim.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Segundo Gil (2009, p. 25), “quando o pesquisador consegue rotular seu projeto de pesquisa de acordo com um sistema de classificação, torna-se capaz de conferir maior racionalidade às etapas requeridas para sua execução”.

Podemos classificar um projeto de pesquisa segundo a área de conhecimento, a finalidade, os objetivos e os métodos adotados. (GIL, 2009)

Quanto à classificação que leva em conta os objetivos, Gil (2009) afirma que as pesquisas podem ser exploratórias, descritivas ou explicativas. Dentro desse enfoque, esta pesquisa está enquadrada dentro daquelas conhecidas com exploratórias. Para Gil (2009), estas tem como objetivo tornar o problema mais familiar e explícito, ou construir hipóteses. O problema enfrentado foi como avaliar a resistência ao fogo das tubulações utilizadas para conduzir GLP fabricadas com termoplásticos. Para se chegar a uma resposta, um ensaio que permita a avaliação da resistência ao calor desse material foi proposto e realizado com amostras de tubos que tem polietileno em sua estrutura. As amostras foram fornecidas pelo Grupo DEMA, uma das empresas que solicitaram à DAT liberação para uso do produto.

Não se pode avaliar a resistência ao fogo das tubulações de termoplásticos se não explorarmos os limites do material e assim tornar suas fragilidades mais explícitas. Para explorar os limites de exposição ao calor desse material e demonstrar a importância de ensaios práticos para avaliar produtos e materiais, o trabalho propôs um ensaio padrão que simula um incêndio, num ambiente em que o material avaliado foi submetido ao calor, e assim evidenciar sua capacidade de resistir ou não a este.

O ensaio padrão proposto utilizou, como corpos de prova, tubos e conexões fornecidas pelo Grupo DEMA. O Grupo DEMA fabrica tubos e conexões de polietileno com alma de aço, para condução de GLP segundo a norma argentina NAG E 210. Além do material, a empresa forneceu mão de obra treinada para montagem das tubulações.

O ensaio foi realizado na cidade de Joaçaba/SC, no quartel do Corpo de Bombeiros Militar, em local próprio, tendo nove amostras, divididas em três grupos distintos. As amostras foram instaladas dentro de um mesmo ambiente com determinada carga de fogo. As distintas disposições tinham como finalidade representar a tubulação que atende o fogão, outra o aquecedor e a terceira representar uma tubulação instalada de forma aparente junto ao teto.

Segundo Gil (2009, p. 28), “para que se possa avaliar a qualidade dos resultados de uma pesquisa, torna-se necessário saber como os dados foram obtidos, bem como os procedimentos adotados em sua análise e interpretação”. Para a obtenção dos dados do ensaio a condição de simulação do incêndio é fator importante.

A temperatura do incêndio não seguiu curvas padrão tempo x temperatura existentes na literatura. Tais curvas são próprias para testar elementos estruturais que estão sujeitos a danos não só pelo calor do incêndio, mas também pela velocidade de aquecimento.

A curva padrão tempo x temperatura da ISO 834, apresentada com detalhes no capítulo seguinte foi utilizada na proposta de ensaio para limitar a temperatura máxima do incêndio num período de tempo estabelecido de 40 minutos. Segundo a referida norma, em 40 minutos de incêndio a temperatura dos gases no ambiente chega a 835° C.

Antes e após o ensaio os corpos de prova foram testados quanto à estanqueidade. A manutenção da estanqueidade indica que os tubos resistem a incêndios de duração de 40 minutos, tempo no qual a temperatura chega a 835° C. A perda da estanqueidade aponta para o resultado de que os tubos não suportaram o calor gerado pelo fogo.

4 PROTOCOLO EXPERIMENTAL

Uma proposta de ensaio para avaliara resistência frente ao calor gerado num incêndio, dos tubos fabricados com polietileno em sua estrutura para condução de GLP/GN internamente em edificações comerciais e residenciais multifamiliares é a finalidade deste capítulo. O motivo dessa proposição é demonstrar a importância de ensaios práticos para avaliar produtos e materiais, em especial aqueles que não estão previstos em normas brasileiras, para subsidiar o CBMSC na tomada de decisões técnicas.

A extensão do dano provocado pelo incêndio está ligada principalmente à temperatura que o incêndio atingirá, ao tempo de exposição desse material e à composição do próprio material. Assim retorna o problema, como avaliar a resistência ao fogo da tubulação fabricada com termoplásticos? Até que ponto resistiria uma tubulação, que tem polietileno em sua composição ao calor gerado por um incêndio sem ocasionar perdas ou sofrer degradação do material, podendo dessa forma agravar as condições do sinistro?

4.1 Simulação do incêndio

Estabelecer um modelo de incêndio para cada situação é muito difícil, pois as possibilidades são inúmeras. Uma enorme quantidade de variantes influencia o comportamento do incêndio, como por exemplo: quantidade de material combustível no local, tipo do material, compartimentação, área de ventilação, volume do ambiente, entre outros. Para fugir dessas variantes, normas propõem modelos padronizados que buscam representar os efeitos de um incêndio sobre os elementos de uma edificação. Isso faz com que seja possível ensaiar o comportamento de materiais utilizados na construção frente aos efeitos térmicos gerados pelo incêndio. Os modelos existentes foram criados principalmente para os elementos estruturais e de vedação da edificação.

Segundo Silva (2004), a ação do calor num incêndio é caracterizada pelos fluxos de calor radiativo e convectivo. O calor radiativo é gerado pelo fogo em si e pelas superfícies aquecidas do ambiente. O calor convectivo é caracterizado pela diferença de densidade entre os gases do ambiente em chamas: os gases quentes são menos densos e tendem a ocupar a atmosfera superior, enquanto os gases frios, de densidade maior, tendem a ocupar a atmosfera inferior do ambiente. É evidente que no ambiente em chamas quanto mais alto estiver o objeto

maior será a ação térmica sobre o mesmo.

Para simular as condições de um incêndio pode-se recorrer às curvas padrão existentes na literatura. Segundo Silva (2004), as curvas padronizadas mais conhecidas são: ASTM E 119 (1918) – *Standard Test Methods for Fire Tests of Building Construction and Materials* e ISO 834 (1975) – *Fire Resistance Tests – Elements of Building Construction*.

4.1.1 Norma internacional - ISO 834

A norma internacional ISO 834, segundo Velarde (2008), recomenda o uso da relação temperatura-tempo conforme a equação: $T = 345_{\log} 10 (8t + 1) + 20$

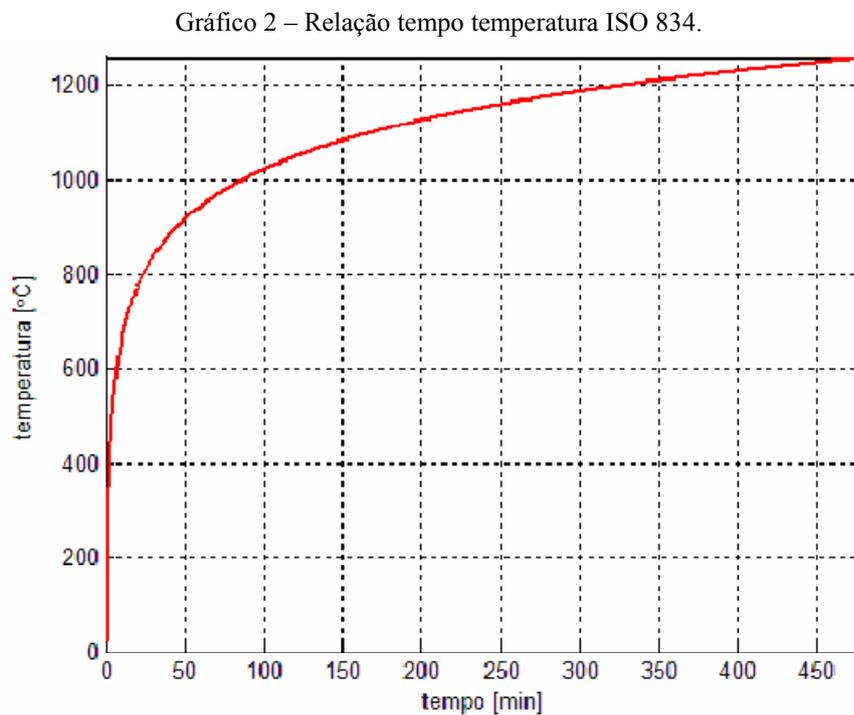
Onde:

T: Temperatura dos gases no ambiente em chamas [°C]

t: Tempo [min]

(INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. 2002).

O gráfico abaixo representa a curva de aumento de temperatura em função do tempo utilizando a equação apresentada acima.



Fonte: (VELARE, 2008, p. 26).

O gráfico da página anterior mostra que nos primeiros 50 minutos a velocidade de aquecimento é bastante acentuada, sendo que após esse tempo a temperatura diminui gradativamente.

Segundo Costa e Silva (2006), a temperatura dos gases obedece a curvas padronizadas em incêndios idealizados para análises experimentais. Isso acontece devido à eliminação de fatores como carga de incêndio, ventilação e propriedades térmicas dos materiais da compartimentação.

Conforme Costa e Silva (2006), as curvas padrão não permitem avaliar o comportamento de materiais frente um incêndio real. As curvas padrão são indicadores da resistência do material em função da severidade do aquecimento.

Como os tubos de polietileno não são elementos estruturais, estes não necessitam que o aquecimento tenha velocidade, como necessita o concreto para ser corretamente avaliado. De acordo com Costa e Silva (2006), para serem avaliadas quanto ao comportamento frente ao incêndio a velocidade de aquecimento para estruturas de concreto armado, é pertinente, uma vez que a reação do concreto ao calor é influenciada pela taxa de aquecimento.

O incêndio é simulado com a utilização de combustível sólido: madeira, pneus, entre outros. O combustível líquido é utilizado apenas para iniciar a combustão. A quantidade de material é aquela necessária, para atingir 30 Kg/m^2 de carga de incêndio ideal, calculado de acordo como Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (2006).

O material combustível deve ser colocado em um dos cantos do ambiente, o mais afastado possível dos materiais que serão ensaiados.

Iniciado o incêndio, a temperatura do ambiente é gradativamente elevada até atingir 700°C . O tempo total do ensaio é de 40 minutos. Nesse tempo, de acordo com a norma ISO 834 a temperatura poderia ser de até 835°C . Para o ensaio proposto o máximo estipulado é 700°C . O controle da temperatura se obtém por métodos de ventilação e resfriamento, ou acréscimo de material combustível.

Três termopares tipo “K” que registram temperaturas de até 1200°C , devem ser colocados na parede oposta a de onde é colocado o material combustível. As alturas dos termopares a partir do piso acabado são: 70 cm, 160 cm e 260 cm. A temperatura é registrada com o auxílio de um programa de computador.

A primeira etapa do ensaio em relação à simulação do incêndio é o aquecimento e

o alcance da temperatura máxima, com duração de 20 minutos. Esta etapa tem início com a combustão do material, que gradativamente vai aquecer o ambiente até que a temperatura desejada seja atingida.

A segunda etapa será a de provocação do declínio do incêndio, realizada por ventilação. Inicia depois de transcorridos os primeiros 20 minutos previstos para a primeira etapa. Com 40 minutos de ensaio o ambiente é totalmente ventilado ou se for necessário resfriado.

O tempo começa a ser considerado a partir do momento em que a temperatura registrada no termopar colocado mais próximo ao teto atingir 100°C.

4.2 Análise dos resultados

O resultado do ensaio é analisado através de dois parâmetros, o teste de estanqueidade e a inspeção visual. Finalizada a simulação do incêndio, com o compartimento à temperatura ambiente, a tubulação deverá ser testada quanto à estanqueidade sem ser retirada do local.

O teste de estanqueidade deverá obedecer ao item 8.1 da NBR 15526:2009, subitem 8.1.3.1, com a seguinte adaptação: fica estabelecida como pressão de teste 5 Kgf/Cm². O tempo do teste não deverá ser inferior a 60 minutos descontado o tempo de estabilização de 15 minutos. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2009).

Terminado o teste de estanqueidade, a tubulação deverá ser retirada e passada por uma inspeção visual para que sejam identificados, caso existam, pontos de deterioração do material de revestimento, ou danos nas conexões.

4.3 Locação da tubulação ensaiada

As tubulações de gás central canalizado podem estar enterradas, sob o piso, embutidas nas paredes ou aparentes. Estas variações nas instalações, somadas à variação de temperatura nos diferentes extratos de um ambiente incendiado, variações essas causadas pelos fluxos de calor radiativo e convectivo, conforme visto anteriormente faz com que seja necessária a criação de um modelo de ensaio que englobe o maior número de variações

possível. É proposta a adoção de três variações de instalação.

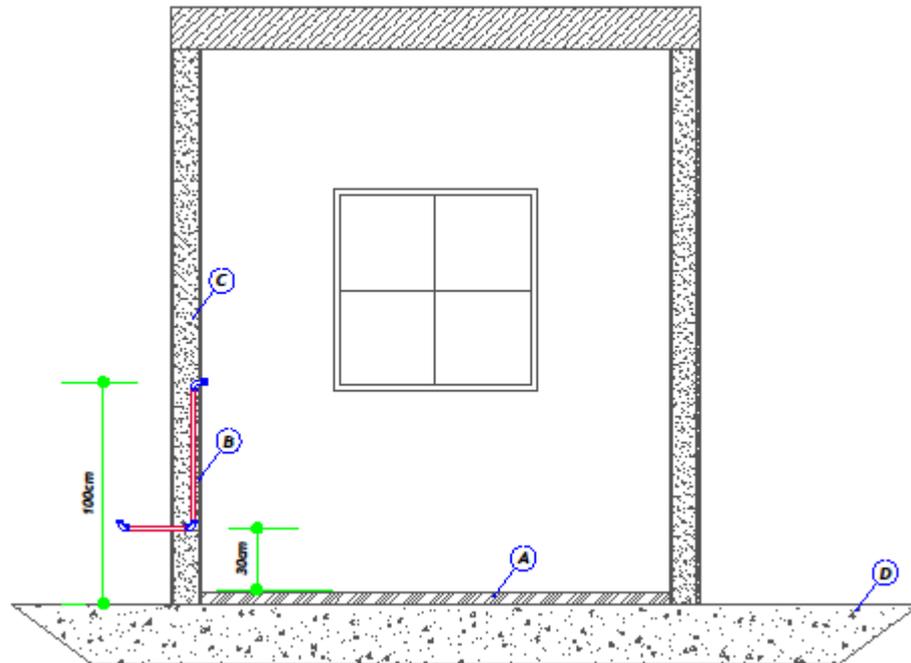
4.3.1 Primeira variação

A primeira variação é composta de trecho vertical com 60 cm de altura a partir do piso acabado. Na extremidade superior é instalado um cotovelo de transição de 90°, que tem sua abertura roscada voltada para dentro do cômodo, fechada com um bujão, essa conexão possui a finalidade de representar o local em que seria instalado o registro do ponto de consumo. O tubo ficará aproximadamente 3 cm embutido na parede. Essa simulação objetiva representar uma instalação de gás central canalizado que atende um fogão residencial no interior de um apartamento. Na sua parte inferior teremos outro cotovelo de 90°, que faz com que a tubulação mude para o sentido horizontal e se projete para fora do ambiente em que será realizado o ensaio. Na extremidade desse trecho horizontal outro cotovelo de transição de 90° é instalado e permite a realização do teste de estanqueidade, sem que para isso seja necessário a retirada da tubulação do local.

O objetivo desse modelo é avaliar a ação do calor sobre o tubo embutido apenas na parede e com a saída numa altura relativamente baixa, onde a ação do calor não é tão intensa se comparada a locais mais altos sujeitos ao mesmo incêndio.

Na figura abaixo é apresentada a disposição do tubo e das conexões em relação a parede na qual o tubo é instalado e ao piso.

Figura 7 – Vista lateral da primeira variação



	- TAMPÃO CEGO (BUJÃO DE 1/2")
	- COTOVELO DE 90° ROSCA 20mm X 1/2"
	- TUBO EM POLITILENO 20mm
	- CONTRA PISO 3 cm DE ESPESSURA (CIMENTO+AREIA 3X1)
	- REBOCO DE ABABAMENTO 1,5cm DE ESPESSURA (MASSA FRACA 3X1)
	- PAREDE DE TIJOLO SEIS FUROS
	- PISO ACABADO

Fonte: do autor.

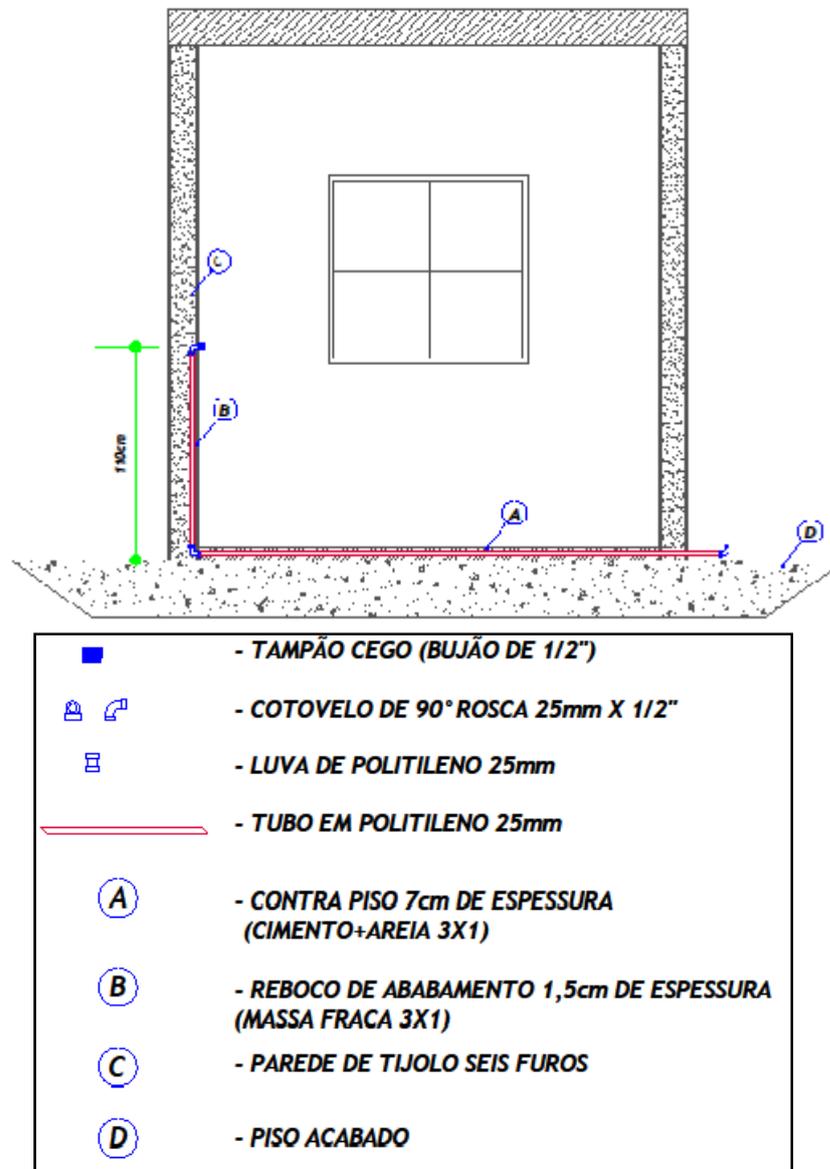
4.3.2 Segunda variação

A segunda variação é composta de trecho vertical de 1,10m de altura a contar do piso acabado. Na extremidade superior é instalado um cotovelo de transição de 90°, que tem sua abertura rosca para dentro do cômodo, a exemplo da primeira variação, fechada com um bujão. Essa conexão tem a finalidade de representar o local em que seria instalado o registro que atenderia o aquecedor de passagem. Na extremidade inferior um cotovelo de 90° fará com que a tubulação mude de sentido. No sentido horizontal percorrerá toda a extensão

do cômodo sob piso. Atravessará a parede e se projetará para o exterior desse cômodo. Na extremidade desse trecho horizontal outro cotovelo de transição de 90° é instalado e permite a realização do teste de estanqueidade, sem que para isso seja necessário a retirada da tubulação do local.

Esse modelo de ensaio simula uma tubulação que fica parte protegida na parede de alvenaria, apenas com a face frontal do cotovelo exposta e outra parte protegida sob o piso. Com uma altura de instalação superior em relação ao primeiro ensaio, o que teoricamente poderá expor a parte mais alta da tubulação a uma maior temperatura. São montados três conjuntos de tubulação, em duas delas, na metade do trecho, é instalada uma luva, tal procedimento visa ensaiar a tubulação com o acréscimo de uma conexão, para avaliar a fragilidade nesse ponto. A figura abaixo mostra como tubulação é montada.

Figura 8 – Vista lateral da segunda variação



Fonte: do autor.

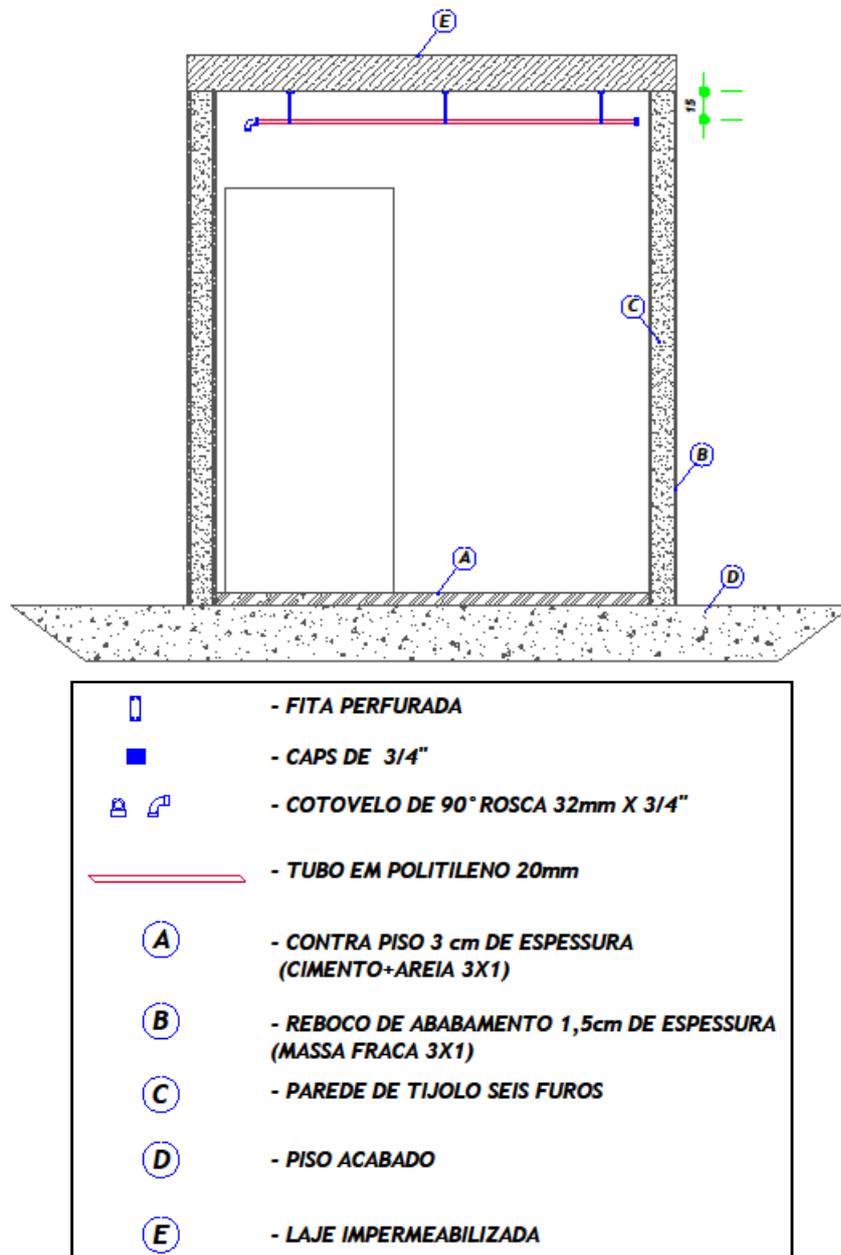
4.3.3 Terceira variação

A terceira e última variação que compõe o ensaio é de uma tubulação que tem unicamente trecho horizontal. O trecho tem o comprimento de 2 metros. O tubo fica afastado aproximadamente 15 cm do teto, fixado por suporte que garanta sua permanência no local. Numa das extremidades será acoplado um tampão e na outra, a exemplos dos ensaios anteriores, um cotovelo de 90° com uma extremidade rosca. O tubo permanece totalmente

exposto para simular um trecho aparente.

A figura abaixo mostra como ficaria o tubo disposto no local do ensaio.

Figura 9 – Vista lateral da terceira variação.



Fonte: do autor.

As variações de instalação acima descritas no ensaio terão três repetições. Não será objeto do trabalho, avaliar trechos horizontais e verticais com o incêndio abaixo do pavimento da instalação, ou seja, alta temperatura atingindo o teto e tendo logo acima, na mesma laje, a tubulação instalada abaixo do contrapiso.

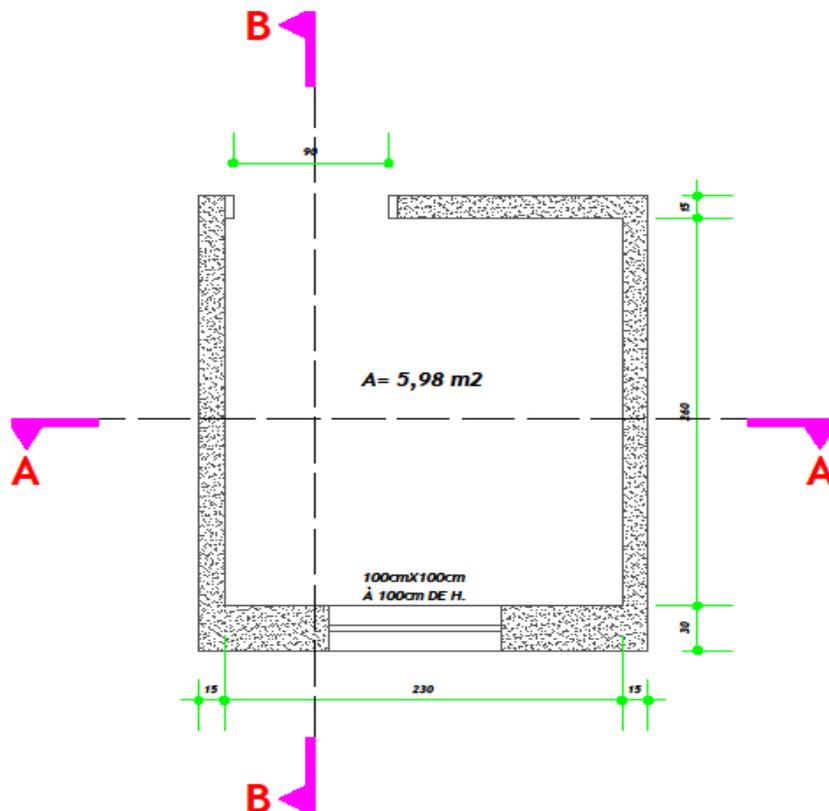
5 RESULTADO DA PESQUISA

Na cidade de Joaçaba, no dia 18 de julho de 2012, foi realizado um ensaio de resistência ao calor com tubos construídos segundo a norma argentina NAG E 210 (ENTE NACIONAL REGULADOR DEL GAS, 2005).

O ensaio seguiu a proposta contida no trabalho. O objetivo do ensaio foi avaliar a resistência ao calor dos tubos para condução de GLP/GN, fabricados segundo a norma argentina NAG E 210, pelo Grupo DEMA, frente ao calor gerado por um incêndio. O produto se chama SIGAS termofusão.

A figura abaixo mostra a planta baixa do cômodo em que foi realizado o ensaio.

Figura 10 – Planta baixa da sala em que foi realizado o experimento



Fonte: do autor

O ensaio começou a ser montado na segunda-feira, dia 16 de julho. Nesse dia toda a tubulação foi montada e colocada no local. As paredes já com os tubos foram chumbadas e parte da cobertura dos tubos que ficariam sob o piso foi feita. No segundo dia, dia 17 de julho, o restante do contrapiso foi feito, logo após o teste de estanqueidade foi realizado.

Na figura abaixo está a bancada utilizada pelo técnico da empresa para montar a

tubulação que foi utilizada no ensaio, além das conexões a empresa também forneceu a termofusora. Termofusora é uma ferramenta utilizada para aquecer as extremidades dos tubos ou conexões que serão unidas.

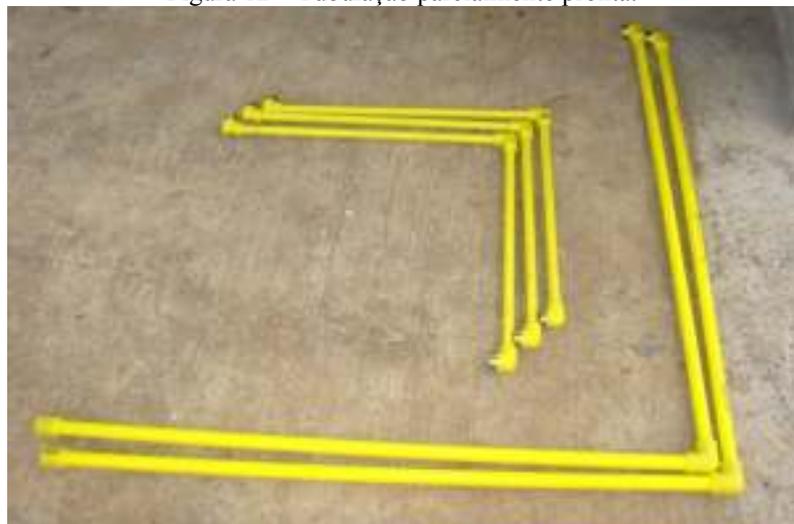
Figura 11 – Bancada externa de montagem



Fonte: do autor.

Parte da tubulação foi montada fora do local do ensaio, numa área coberta onde fica também a bancada. Apenas o final da tubulação da segunda variação, que passava sob o piso, em virtude da impossibilidade de ser montada fora devido ao comprimento, foi terminada no próprio local do ensaio. Na figura abaixo são mostradas tubulações parcialmente prontas.

Figura 12 – Tubulação parcialmente pronta.



Fonte: do autor.

5.1 Imagens da primeira variação

Como propõe o ensaio explicado no capítulo anterior, existem três variações de instalação, cada qual com três repetições. Abaixo imagens da instalação das três repetições da primeira variação. A parede foi cortada para acomodar a tubulação. O corte foi preenchido com massa de cimento e areia, permanecendo apenas a face do cotovelo parcialmente exposta.

Figura 13 – Tubulação parcialmente pronta.



Fonte: do autor.

Na figura seguinte a mesma tubulação agora recoberta por massa.

Figura 14 – Tubulação da primeira variação coberta



Fonte: do autor.

Tendo em vista que o reboco original do recinto estava em condições precárias, depois de a tubulação ter sido coberta, o reboco da região foi refeito, na intenção de reproduzir o mais perfeitamente possível uma instalação real.

5.2 Imagens da segunda variação

A segunda variação foi instalada na parede oposta a da figura anterior. A parede na qual foi instalada a segunda variação, foi especialmente construída para o ensaio, então não houve a necessidade de refazer o reboco, pois a parede estava em excelentes condições.

Na figura abaixo os tubos estão acomodados nos cortes realizados na parede, prontos para serem recobertos com massa.

Figura 15 – Repetições da segunda variação



Fonte: do autor.

Abaixo a parede onde foram instalados os tubos da segunda variação pronta. Podemos notar que apenas as pontas dos bujões ficaram de fora da cobertura de cimento e areia.

Figura 16 – Repetições da segunda variação cobertas



Fonte: do autor.

A proposta de ensaio, na segunda variação, traz um trecho vertical, que foi mostrado nas figuras acima e outro trecho horizontal ligado a este. O trecho horizontal é mostrado na próxima figura. Esse trecho em duas das três repetições tem uma luva, para que seja ensaiada a resistência não só do tubo, mas também de uma conexão que passa sob o piso de um ambiente em chamas.

Figura 17 – Trecho horizontal da segunda variação sendo montado



Fonte: do autor.

O trecho horizontal deve permitir a verificação dos efeitos do calor sobre um trecho que está sob um contrapiso. Por isso o trecho horizontal dessa tubulação, como mostra a próxima figura foi coberto.

Figura 18 – Trecho horizontal da segunda variação sendo coberto



Fonte: do autor.

5.3 Imagens da terceira variação.

Na terceira e última variação proposta pelo trabalho temos então um trecho aéreo, que fica próximo ao teto, simulando uma instalação aparente.

Figura 19 – Tubulação aérea



Fonte: do autor.

5.4 Condições para o teste de estanqueidade.

A figura abaixo mostra o ambiente contíguo ao cômodo em que foi realizado o ensaio. Os tubos instalados atravessam a parede, com exceção daqueles instalados junto ao teto (terceira variação). Para que o teste de estanqueidade pudesse ser realizado sem que fosse necessário remover a tubulação, parte da tubulação deveria ficar protegida em outro ambiente.

Figura 20 – Extremidades da primeira e segunda variação que possibilitaram o teste de estanqueidade



Fonte: do autor.

Na figura abaixo podemos ver o conjunto de interligação entre o compressor de ar e a tubulação. Este conjunto permite o enchimento da tubulação com a pressão de teste desejada, no nosso caso 5 Kgf/cm^2 . Este dispositivo é composto basicamente por um manômetro, um registro, e conexões.

Figura 21 – Conjunto conectado a tubulação pressurizada



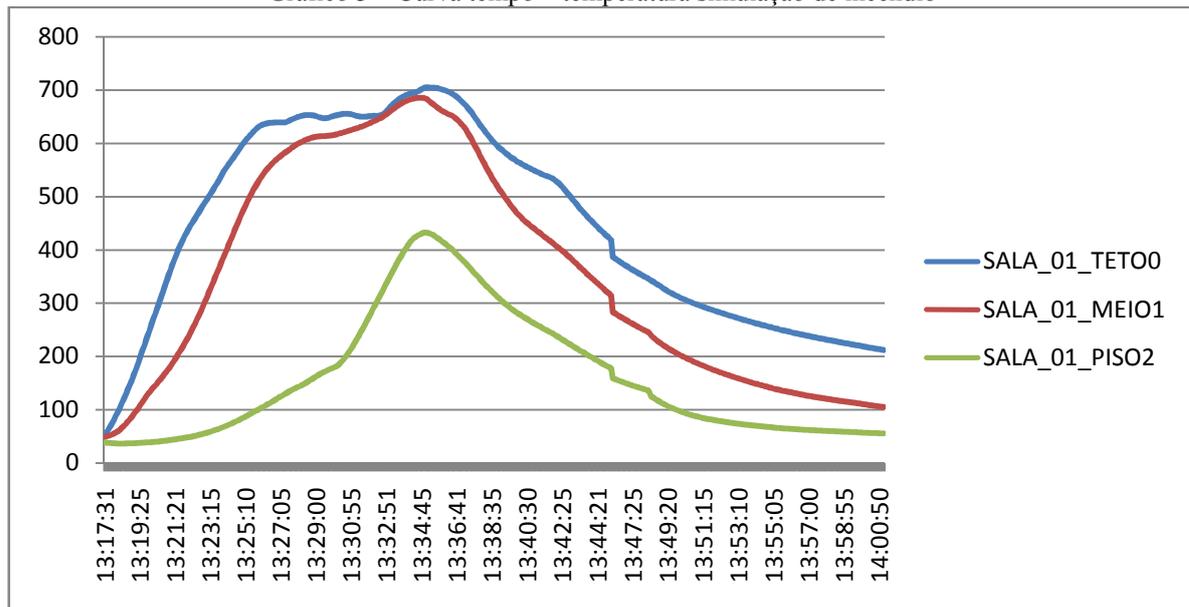
Fonte: do autor.

Conforme prevê a Associação Brasileira de Normas Técnicas (2009), cada tubulação foi testada individualmente. Após a pressurização da tubulação com 5 Kg/cm^2 , o teste teve início. O tempo de duração do teste foi de 75 minutos, 15 minutos para estabilização da pressão e 60 minutos para o teste propriamente dito. Para que a tubulação fosse aprovada não poderia existir vazamento. O vazamento é denunciado pela queda de pressão no manômetro. Uma das tubulações da primeira variação foi reprovada no teste de estanqueidade realizado antes do ensaio. Portanto, nesse caso, houve reprovação da repetição que vazou, permanecendo assim, para o teste de resistência térmica duas repetições nessa variação. Todas as demais tubulações estavam perfeitamente estanques.

5.5 Gráfico da temperatura

O gráfico abaixo mostra a temperatura em função do tempo registrada para o incêndio simulado, atendendo o critério estabelecido de 30 Kg/m^2 de carga de incêndio ideal, calculado de acordo com o Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (2006).

Gráfico 3 – Curva tempo – temperatura simulação de incêndio



Fonte: do autor.

A temperatura mais elevada no interior do cômodo (704°C) foi medida mais próxima do teto e as menores temperaturas foram medidas mais próximas do chão, como já era de se esperar. A exposição da tubulação durou cerca de 40 minutos, sendo o pico da temperatura atingido após aproximadamente 17 minutos do início da combustão.

5.6 Resultados

5.6.1 Teste de estanqueidade

O teste de estanqueidade foi a primeira verificação a ser realizada após o ensaio que simulou o incêndio. O ensaio foi realizado no início da tarde do dia 18, quarta feira, data limite para permanência do técnico do Grupo DEMA em Joaçaba.

5.6.1.1 Segunda variação

O primeiro conjunto a ser testado foi o conjunto de três repetições de tubulações da segunda variação. Instalados a uma altura de 110 cm do piso acabado, onde a temperatura atingiu um valor em torno de 650°C. Todos os três perderam pressão, o manômetro apresentou perda de pressão em função do tempo decorrido. Iniciado o teste, após 45 segundos do início, a primeira repetição já havia perdido 0,2 Kg/cm² de pressão. A segunda

repetição que ficava no centro perdeu os mesmos $0,2 \text{ Kg/cm}^2$ em 9 minutos e vinte e três segundos e a variação que ficava mais afastada do foco do incêndio levou 50 minutos para perder $0,2 \text{ Kg/cm}^2$.

5.6.1.2 Primeira variação

Em seguida a primeira variação foi avaliada. Como bem sabemos esse conjunto foi instalado mais baixo que a segunda variação. A temperatura mais alta foi próxima do teto e a mais baixa próxima ao piso, devido ao efeito da convecção. Esse conjunto teve uma das repetições reprovada no teste de estanqueidade anterior à simulação de incêndio. As duas repetições aptas para o segundo teste de estanqueidade e submetidas a ele foram aprovadas, mesmo após a simulação de incêndio estavam ainda perfeitamente estanques.

5.6.1.3 Terceira variação

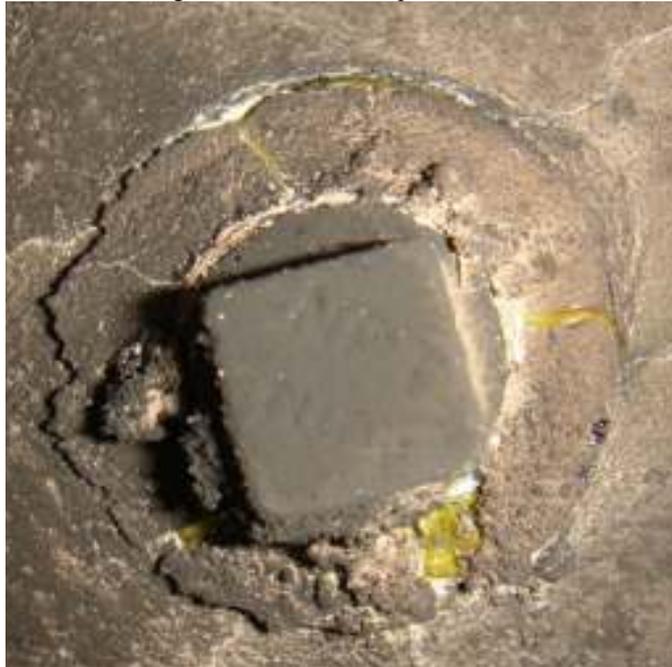
O teste de estanqueidade na tubulação aérea não pode ser realizado. A terceira variação foi instalada no lado oposto ao do fogo, junto ao teto, onde as temperaturas atingiram os valores mais altos, cerca de 700°C . Essa temperatura fez com que o polietileno derretesse, desprendendo as conexões e inutilizando completamente a instalação. Como muito bem a Ente Nacional Regulador Del Gas (2005) prevê, em locais habitados esse tipo de tubo não pode ser instalado sem estar protegido.

5.6.2 Análise visual

As figuras a seguir mostram que a alvenaria é perfeitamente suficiente para proteger os tubos construídos segundo a Ente Nacional Regulador Del Gas (2005) de um incêndio como o simulado. Já a parte da tubulação exposta, segundo análise visual, sofre derretimento.

Na figura abaixo temos a imagem de parte frontal de um cotovelo, da segunda variação, instalada a 110 cm do piso acabado. Por baixo da camada de cimento o polietileno aparece parcialmente derretido.

Figura 22 – Cotovelo após incêndio



Fonte: do autor.

Todos os cotovelos que tiveram sua face roscada instalada na superfície da alvenaria sofreram danos.

Os cotovelos que sofreram exposição permaneceram em seus lugares, acoplados firmemente ao tubo e suportando o bujão instalado em sua extremidade, porém, o dano causado pelo calor foi suficiente para que o sistema perdesse pressão para o meio. A imagem anterior representa muito bem todas as repetições da segunda variação, que simula a tubulação instalada para atender um aquecedor de passagem. Abaixo, após ter sido retirada da alvenaria a tubulação se mostra em perfeitas condições.

Figura 23 – Cotovelo retirado da alvenaria



Fonte: do autor.

Os tubos que simulam a instalação para atender um fogão sofreram danos parecidos, ou seja, apresentaram vestígios de derretimento do polietileno na face que ficou rente a superfície da parede, como observado na próxima figura.

Figura 24 – Cotovelo primeira repetição



Fonte: do autor.

Notar na figura acima o anel metálico externo da peça e o polietileno derretido entre a rosca interna e o referido anel. Todas as repetições da primeira variação sofreram dano semelhante.

Após essa análise visual, toda a tubulação foi retirada para que fosse possível verificar se o que estava sob a alvenaria foi danificado ou não. A figura seguinte mostra que a tubulação sob a alvenaria ficou inteiramente preservada.

Figura 25 – Tubulação protegida por alvenaria intacta.



Fonte: do autor.

Toda a tubulação e todas as conexões recobertas pelos métodos tradicionais de construção permaneceram totalmente íntegras. As exceções foram as faces dos cotovelos voltadas para o interior do ambiente incendiado, mostrando assim um ponto vulnerável do sistema.

A tubulação aérea sofreu extensos danos. O derretimento completo da camada de polietileno e desprendimento das conexões ocasionaram o colapso da instalação, observado através da figura 26.

Figura 26 – Tubulação aérea após o incêndio.



Fonte: do autor.

5.7 Conclusão do Experimento

Conclui-se que os tubos e conexões produzidos conforme a Ente Nacional Regulador Del Gas (2005), são suscetíveis ao calor gerado por um incêndio.

Os danos causados pela ação do calor variam em intensidade dependendo da forma que a tubulação está instalada.

As tubulações instaladas no interior das unidades habitacionais, embutidas em paredes ou sob o piso ficaram resguardadas dos efeitos do calor. As partes que ficam em contato com o ambiente sofreram danos capazes de permitir que o gás contido em seu interior vazasse para o ambiente.

No caso de instalações em edificações habitadas deve-se seguir rigorosamente o que prescreve a Ente Nacional Regulador Del Gas (2005) no sentido de não permitir tubulação aparente. As tubulações instaladas de forma aparente são muito mais suscetíveis aos efeitos do calor. Se atingidas pelo calor gerado por um incêndio sofrerão desprendimento das conexões ocasionando seu desmonte e conseqüente vazamento.

6 CONCLUSÃO

A Diretoria de Atividades Técnicas do Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Santa Catarina indeferiu todas as solicitações recebidas para utilização de tubos e conexões para condução de gás liquefeito de petróleo internamente em edificações comerciais e residenciais multifamiliares não contempladas em norma brasileira. Entre as alegações, a de desconhecimento do comportamento do material frente a um incêndio foi uma delas.

Para que o Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Santa Catarina tenha os subsídios necessários para futuras tomadas de decisões técnicas, o trabalho demonstrou a importância da elaboração e realização de ensaios práticos para avaliação de novos produtos e tecnologias, em especial aqueles que não são contemplados por normas nacionais.

O trabalho elaborou protocolo experimental para avaliação da resistência ao calor das tubulações para condução de gases combustíveis fabricadas com polietileno em sua estrutura. O ensaio proposto foi aplicado utilizando-se como corpos de prova a tubulação fabricada pelo Grupo DEMA – SIGAS Termofusão, segundo a Ente Nacional Regulador Del Gas (2005), uma das empresas que teve pedido de utilização do material indeferido pela Diretoria de Atividades Técnicas.

O resultado da aplicação do ensaio corroborou com a decisão da Diretoria de Atividades Técnicas com relação ao pedido do representante do Grupo DEMA. Os tubos fabricados pelo Grupo DEMA, segundo a Ente Nacional Regulador Del Gas (2005), não são contemplados em normas brasileiras. Após o término do ensaio, o material apresentou danos em sua estrutura, que variaram em intensidade dependendo da condição de instalação da amostra. São danos capazes de fazer com que gás liquefeito de petróleo seja perdido para o interior do ambiente em chamas, podendo causar agravamento do sinistro.

Com o exposto sugere-se medidas especiais de proteção para a tubulação fabricada segundo a Ente Nacional Regulador Del Gas (2005), em caso de deferimento de utilização, de modo que nenhuma de suas partes fique exposta.

Sugere-se que o ensaio seja realizado com os outros tipos de tubos que tiveram seu pedido de liberação indeferidos e apresentados neste trabalho, fabricados com base em outras normas estrangeiras, para fins de comparação.

REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **E119 – 00a**: standard test methods for fire tests of building construction and materials. West Conshohocken, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS. **Correntes Parasitas**. Disponível em:

<http://www.abende.org.br/info_end_oquesao_correntes.php?w=1366&h=768>. Acesso em: 18 jul. 2012a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT/CB-09**: gases combustíveis. Disponível em:

<<http://abnt.iso.org/livelink/livelink/fetch/14025021/cb09.pdf?nodeid=14091435&vernum=0>>. Acesso em: 15 jul 2012b.

_____. **Conheça a ABNT**. Disponível em:

<http://www.abnt.org.br/m3.asp?cod_pagina=929>. Acesso em: 15 jul. 2012c.

_____. **NBR NM ISO 7-1:2000**: rosca para tubos onde a junta de vedação sob pressão é feita pela rosca. Rio de Janeiro, 2000a.

_____. **NBR 5580**: Tubos de aço-carbono para usos comuns na condução de fluidos: especificação. Rio de Janeiro, 2007.

_____. **NBR 5590**: tubos de aço-carbono com ou sem solda longitudinal, pretos ou galvanizados: especificação. Rio de Janeiro, 2008.

_____. **NBR 6943**: conexões de ferro fundido maleável, com rosca NBR NM-ISO 7-1, para tubulações. Rio de Janeiro, 2000b.

_____. **NBR 13206**: tubo de cobre leve, médio e pesado, sem costura, para condução de fluidos: requisitos. Rio de Janeiro, 2010c.

_____. **NBR 15526**: redes de distribuição interna para gases combustíveis em instalações residenciais e comerciais – projeto e execução. Rio de Janeiro, 2009.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Plano Nacional de Energia** – PNE 2030. 22-09-2007. Disponível em:

<http://www.epe.gov.br/Estudos/Paginas/Plano%20Nacional%20de%20Energia%20%E2%80%93%20PNE/Estudos_12.aspx?CategoriaID=346>. Acesso em: jul. 2012.

BILUK, Edson Luís. **Exigência da avaliação da conformidade dos componentes do sistema de alarme e detecção de incêndio**. 2006. 69 f. Monografia (Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais) – Universidade do Sul de Santa Catarina, Santa Catarina, 2006.

CALLISTER Jr., William D. **Ciência e Engenharia dos Materiais**: uma introdução. 2002. Disponível em: <<http://pcc5726.pcc.usp.br/Trabalhos%20dos%20alunos/Polimeros.pdf>>. Acesso em: 16 ago. 2012. Trabalho não publicado.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA. Decreto Estadual nº 4.909, de 18 de outubro de 1994. Norma de Segurança Contra Incêndio - NSCI/94.

_____. **Parecer Técnico, n. 22, de 05 de dezembro de 2010a.** Elpídio O. Marcondes da empresa Setgas Instalações e Comércio Ltda (Rua: João José Clemente, 321 – Costa e Silva – Joinville – SC) solicita aceitação de tubos e conexões de condução de gás GN e GLP da linha Maygas (Indústrias Saladillo S. A.) para redes internas de edificações, fabricados em polietileno, alumínio e polietileno..

_____. **Parecer Técnico, n. 12, de 13 de julho de 2009.** Emerson L. Martoni, da empresa SIGAS Termofusão, solicita aceitação de tubos e conexões de condução de gás GN e GLP, para redes internas de edificações, fabricados em aço com revestimento em polietileno.

_____. **Instrução normativa nº 003/DAT/CBMSC,** de 18 de setembro de 2006. Carga de Incêndio. Disponível em: <<http://www.cbm.sc.gov.br/dat/arquivos/IN%20003%20-%20Risco%20de%20Inc%20EAndio.pdf>>. Acesso em: 20 ago. 2012.

_____. **Parecer Técnico, n. 16, de 23 de setembro de 2010b.** Sfera Comercial e Importadora Ltda – EMMETI solicita avaliação do sistema GASPEX EMMETI, constituído de tubo de alumínio multicamada e conexões para distribuição de gases combustíveis, para emprego nas instalações residenciais e comerciais de gás.

COSTA, Carla Neves; SILVA, Valdir Pignatta. **Revisão histórica das curvas padronizadas de incêndio.** In.: Nutal, 2006. São Paulo. Disponível em: <<http://www.lmc.ep.usp.br/grupos/gsi/wp-content/nutau/costa.pdf>> Acesso em: 10 jun. 2012.

COUTINHO, F. M. B. et al. Polietileno: Principais tipos, propriedades e aplicações. **Ciência e Tecnologia**, vol. 13, n. 1, p. 1-13, 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/po/v13n1/15064.pdf>>. Acesso em: 20 jul. 2012.

ENTE NACIONAL REGULADOR DEL GAS. **NAG E 210:** gasodutos compostos de aço – polipropileno unidos por termofusão para condução de gás natural e gás liquefeito de petróleo em instalações internas. Buenos Aires, 2005.

ESTADOS UNIDOS MEXICANOS. Secretaria de economia. Dirección General de Normas. **NMX-X-021-SCFI:** industriadelgas – tubos multicapa de polietileno-aluminio-polietileno (pe-al-pe) para laconducción de gas natural (GN) y gaslicuado de petróleo (GLP) – especificaciones y métodos de ensayo. 2007.

FALCÃO BAUER. **Relatório Técnico de Avaliação N° 648/11.** 2ª rev. São Paulo, 2011. 18 p.

FIGUEIREDO, Antônio Domingues de; AGOPYAN, Vahan. **Polímeros – propriedades, aplicações e sustentabilidade na construção civil.** Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 23p., 2006. Trabalho não publicado.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

GRABIANOWSKI, Ed. **Como funciona o gás liquefeito de petróleo**. Disponível em: <<http://carros.hsw.uol.com.br/gas-liquefeito-de-petroleo.htm>>. Acesso em 03 jul. 2012.

IBGE. **Pesquisa Anual da Indústria da Construção – 2009**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/industria/paic/2009/default.shtm>>. Acesso em: 27 jul. 2012.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 834-8: fire-resistance tests: elements of building construction: part 1.1: general requirements for fire resistance testing**. 2002.

LIQUIGAS. **Aplicações do GLP**. Disponível em: <http://www.liquigas.com.br/wps/portal!/ut/p/c0/04_SB8K8xLLM9MSSzPy8xBz9CP0os3hvPwMjIw93IwMDFzcyjA6OgoADLQA8XQ2dXY_2CbEdFAMiUmxw!/?PC_7_KN022HG20OVI40270TOD3A1OM4_WCM_CONTEXT=/wps/wcm/connect/web+content/Liquigas/Men u/Produtos+e+Servicos/GLP+a+granel/Aplicacoes+do+GLP+Granel/>. Acesso em: 01 jul. 2012a.

_____. **História do GLP**. Disponível em: <http://www.liquigas.com.br/wps/portal!/ut/p/c0/04_SB8K8xLLM9MSSzPy8xBz9CP0os3hvPwMjIw93IwMDFzcyjA6OgoADLQA8XQ283c_2CbEdFAPbXB2U!/?PC_7_KN022HG20OVI40270TOD3A1OK3_WCM_CONTEXT=/wps/wcm/connect/web+content/Liquigas/Menu/A+Companhia/Historico/Historia+do+GLP/>. Acesso em: 22 jun. 2012b.

MCGRATH, Timothy J; MURK, Stanley A. Thermoplastics Piping. In.: NAYYAR, Mohinder L. **Piping handbook**. São Paulo: Edições Inteligentes, 2007. Cap D1. p. D1-D78.

MONDENESI, Paulo J. **Introdução à física do arco elétrico e sua aplicação na soldagem dos metais**. Apostila. Belo Horizonte, 2011. Disponível em: <http://www.demet.ufmg.br/grad/disciplinas/emt019/custo_em_soldagem.pdf>. Acesso em 17 jul. 2012.

MORAIS, Alexandre Barreira de. **Perspectivas de inserção do GLP na matriz energética brasileira**. Rio de Janeiro, 2005. 122f. Tese (Mestrado em Ciências) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

NAYYAR, Mohinder L. Introduction to piping. In.: _____. **Piping handbook**. São Paulo: Edições Inteligentes, 2007a. Cap A1. p. A1-A52.

_____. Piping Codes and Standards. In.: _____. **Piping handbook**. São Paulo: Edições Inteligentes, 2007b. Cap A4. p. A179-A242.

NEDERMAN. **Manual de saúde para soldadores**. Disponível em: <<http://www.nederman.com.br/pdf/MANUALSAUDESOLDADORES1.pdf>>. Acesso em: 19 jul. 2012.

POLITO, Rodrigo Fernandes da Silveira. **Prevenção de acidentes com GLP**. Disponível em: <<http://www.dgst.cbmerj.rj.gov.br/modules.php?name=Content&pa=showpage&pid=141>>. Acesso em: 02 jul. 2012.

POTEN. **LiquefiedPetroleumGas**. Disponível em:
<<http://www.poten.com/Content.aspx?id=308>>. Acesso em: 23 jul. 2012.

REVISTA FATOR. **Tubo multimarca**s. Disponível em:
<http://www.revistafator.com.br/imagens/fotos/tubo_multicamadas>. Acesso em: 15 jul. 2012a.

_____. **Tubo de Gás Emmeti**. Disponível em:
<http://www.revistafator.com.br/imagens/fotos/tubo_gas_emmeti2>. Acesso em: 15 jul. 2012b.

SANTA CATARINA (Estado). Tribunal de Justiça de Santa Catarina. **Processo número 018.12.000245-8**. Mandato de Segurança. Disponível em:
<<http://esaj.tjsc.jus.br/cpo/pg/search.do?paginaConsulta=1&localPesquisa.cdLocal=18&cbPesquisa=NUMPROC&tipoNuProcesso=SAJ&numeroDigitoAnoUnificado=&foroNumeroUnificado=&dePesquisaNuUnificado=&dePesquisa=018.12.000245-8&pbEnviar=Pesquisar>>. Acesso em: 27 jun. 2012.

SILVA, V. P. **Estruturas de aço em situação de incêndio**. São Paulo: Zigurate, 2004.

TANZOSH, James M. Piping Materials. In.: NAYYAR, Mohinder L. **Piping handbook**. São Paulo: Edições Inteligentes, 2007. Cap A3. p. A125-A178.

TERMOPLÁSTICO. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Termopl%C3%A1stico>>. Acesso em: 07 jul. 2012.

TUPY. **Produtos**: conexões. Disponível em:
<http://www.tupy.com.br/portugues/produtos/conexoes_duvidas.php>. Acesso em: 15 jul. 2012.

VELARDE, Jorge SaúlSuaznábar. **Sobre o comportamento de pilares de aço em situação de incêndio**. 2008. 144 f. Dissertação. (Mestrado em engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.