



UniRitter

**INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR DO GRUPO ÂNIMA EDUCAÇÃO
LUCAS CERESA GROSS**

**ANÁLISE DA IMPLANTAÇÃO DE TRECHOS DE REDE DE GÁS NATURAL
ATRAVÉS DOS MÉTODOS DESTRUTIVO E NÃO DESTRUTIVO -
ESTUDO DE CASO NO SHOPPING DO PONTAL EM PORTO ALEGRE/RS**

Porto Alegre

LUCAS CERESA GROSS

**ANÁLISE DA IMPLANTAÇÃO DE TRECHOS DE REDE DE GÁS NATURAL
ATRAVÉS DOS MÉTODOS DESTRUTIVO E NÃO DESTRUTIVO -
ESTUDO DE CASO NO SHOPPING DO PONTAL EM PORTO ALEGRE/RS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil, do Centro Universitário Ritter dos Reis (UniRitter), como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel.

Orientador: Prof. Larry Rivoire Junior, Dr

Porto Alegre

2023

LUCAS CERESA GROSS

**ANÁLISE DA IMPLANTAÇÃO DE TRECHOS DE REDE DE GÁS NATURAL
ATRAVÉS DOS MÉTODOS DESTRUTIVO E NÃO DESTRUTIVO -
ESTUDO DE CASO NO SHOPPING DO PONTAL EM PORTO ALEGRE/RS**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado à obtenção do título de Bacharel, e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Civil, do Centro Universitário Ritter dos Reis.

Porto Alegre, 16 de junho de 2023.

Prof. Larry Rivoire Junior, Dr
Centro Universitário Ritter dos Reis

Prof. Luciano Herbstrith Bessauer, ME
Centro Universitário Ritter dos Reis

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer à minha mãe, Sirlei, e ao meu pai, Márcio, pelo amor, apoio e encorajamento incondicionais ao longo desta jornada acadêmica. Sem o apoio de vocês, nada disso seria possível.

Gostaria de prestar uma homenagem especial ao meu falecido professor, José Antônio Colvara de Oliveira. Sua sabedoria, dedicação e orientação foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho. Sua falta será sempre sentida, mas seu legado e ensinamentos permanecerão vivos em minha trajetória acadêmica e profissional.

Gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos ao meu orientador, Larry Rivoire Junior, por sua valiosa orientação e suporte ao longo deste trabalho.

Agradeço à Encop Engenharia, pela oportunidade de desenvolver minhas habilidades profissionais e pelo suporte oferecido durante toda a minha jornada acadêmica.

Por fim, quero estender meus agradecimentos a toda a minha família, que sempre esteve ao meu lado, oferecendo seu apoio e incentivo. Seus encorajamentos constantes foram uma fonte de motivação e determinação para superar os desafios e alcançar meus objetivos.

A todos vocês, meu mais profundo reconhecimento e gratidão. Sem o apoio e suporte de cada um, este trabalho não teria se concretizado. Muito obrigado!

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo apresentar um estudo de caso detalhado sobre a implantação da rede subterrânea de gás natural no shopping Pontal, localizado na zona sul de Porto Alegre/RS, utilizando as técnicas de método destrutivo (vala a céu aberto) e método não destrutivo (MND). O estudo começa analisando a etapa de planejamento do projeto, que envolveu a avaliação das interferências subterrâneas e o conhecimento da malha de gasodutos existente no local. Em seguida, é apresentado um relatório fotográfico e uma análise minuciosa de cada etapa da obra, incluindo os motivos da escolha de cada método utilizado na implantação da rede de gás natural. Além disso, é abordada a importância das etapas de limpeza, sinalização permanente e repavimentação do local, em conformidade com as normas regulamentadoras. A partir da análise dessas etapas, é possível compreender as vantagens e desvantagens de cada método utilizado e apresentar uma visão geral sobre a implantação de redes de gás natural em grandes centros urbanos.

Palavras-chave: Gás Natural, Método Destrutivo, Método Não Destrutivo, Redes Subterrâneas.

ABSTRACT

This work aims to present a detailed case study on the implementation of the underground natural gas network in the Pontal shopping center, located in the south zone of Porto Alegre/RS, using the techniques of destructive method (open pit) and non-destructive method (MND). The study begins by analyzing the project planning stage, which involved the assessment of underground interference and knowledge of the existing gas pipeline network at the site. Then, a photographic report and a detailed analysis of each stage of the work are presented, including the reasons for choosing each method used in the implementation of the natural gas network. In addition, the importance of cleaning steps, permanent signage and repaving of the site, in accordance with regulatory standards, is addressed. From the analysis of these steps, it is possible to understand the advantages and disadvantages of each method used and present an overview of the implementation of natural gas networks in large urban centers.

Keywords: Natural Gas, Destructive Method, Non-Destructive Method, Underground Networks.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
1.1	PROBLEMA DE PESQUISA	9
1.2	OBJETIVOS DA PESQUISA	9
1.2.1	Objetivo Geral	9
1.2.2	Objetivos Específicos	9
1.3	JUSTIFICATIVA	10
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
2.1	DISTRIBUIÇÃO DE GÁS ENCANADO	11
2.1.1	Legislação para fornecimento de gás encanado	11
2.1.2	Obras de execução de gás	12
2.1.3	Tubulação Procempa	12
2.1.4	Métodos de execução (destrutivo e não destrutivo)	13
2.2	MÉTODO NÃO DESTRUTIVO	13
2.2.1	Perfuração Direcional Horizontal (HDD)	14
2.3	MÉTODO DESTRUTIVO	23
2.3.1	Abertura de vala	24
2.3.2	Escoramento de vala	24
2.3.3	Assentamento da tubulação	25
2.3.4	Recomposição da vala	25
2.3.5	Sinalização da rede	25
2.3.6	Polietileno de alta densidade	26
3	METODOLOGIA	27
3.1	LIMITES DA PESQUISA	27
4	ESTUDO DE CASO	28
4.1	ETAPA DE PLANEJAMENTO	28
4.1.1	Interferências Subterrâneas	30
4.1.2	Máquina de Perfuração Horizontal Direcional (HDI)	31
4.2	MÉTODO NÃO DESTRUTIVO	33
4.3	MÉTODO DESTRUTIVO	39
4.4	LIMPEZA, INERTIZAÇÃO DA TUBULAÇÃO E TESTE DE ESTANQUEIDADE	44
4.5	SINALIZAÇÃO PERMANENTE	46

4.6 REPAVIMENTAÇÃO	47
5 CONCLUSÕES.....	49
REFERÊNCIAS	50

1 INTRODUÇÃO

A busca por fontes de energia mais limpas e sustentáveis é uma questão cada vez mais presente no mundo atual, e o gás natural se apresenta como uma opção viável e eficiente. Além de ser considerado uma fonte de energia mais limpa do que outras alternativas como o petróleo e o carvão, o gás natural é uma fonte de energia abundante em muitos países, inclusive no Brasil (FAPESP 2023)

Dentro desse contexto, os empreendimentos comerciais e residenciais têm buscado cada vez mais a implantação de redes subterrâneas de gás natural, o que traz inúmeros benefícios em termos de segurança, economia e meio ambiente (QUINTELLA, 2019).

As redes públicas e privadas na cidade de Porto Alegre, geralmente estão dispostas nas vias públicas e, para obter acesso as essas redes subterrâneas, é preciso fazer abertura de valas a céu aberto, ocasionando, assim, em lugares densamente edificadas, impactos ambientais, sociais e econômicos de grande relevância (DMAE).

Devido ao aumento constante da população e crescimento da cidade, conseqüentemente a quantidade de veículos tem um aumento significativo diariamente, provocando constantes congestionamentos nos locais das obras. Contudo, a exigência por métodos que possam diminuir a interrupção no tráfego e minimizar os estragos nas superfícies do solo e pavimentos, denominados de não-destrutivos (MND), (FERNANDES; OLIVEIRA, 2002).

Antigamente os métodos não-destrutivos eram considerados economicamente desnecessários por terem um custo elevado. No entanto, com a evolução da tecnologia não-destrutiva, passou a ser um método muito desejado e as vezes, exigidos pelo governo ou clientes, com custos competitivos com métodos convencionais de abertura de valas a céu aberto, sem falar em sua rapidez de execução (DEZOTTI, 2008).

Nesse sentido, o presente trabalho tem como objetivo apresentar um estudo de caso sobre a implantação da rede subterrânea de gás natural no shopping Pontal, situado na cidade de Porto Alegre/RS, utilizando as técnicas de método destrutivo e método não destrutivo (MND). O estudo de caso consiste em analisar desde o planejamento da obra, até a sua entrega final, passando pela escolha dos métodos mais adequados e eficientes para a implantação da rede.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

O problema de pesquisa busca avaliar a eficiência e as vantagens de cada método para a implantação da rede canalizada de gás em grandes cidades. A pesquisa terá como estudo de caso a implantação de gás natural no shopping Pontal, em Porto Alegre/RS, utilizando ambos os métodos, e analisando os resultados obtidos em cada um.

Desta forma este trabalho busca responder a seguinte questão de pesquisa: Quais os procedimentos utilizados para a implantação de trechos de rede de gás subterrânea pelos métodos destrutivo e não destrutivo, para atender a demanda do shopping Pontal, situado na cidade de Porto Alegre/RS?

1.2 OBJETIVOS DA PESQUISA

Os objetivos do presente trabalho foram divididos em objetivo geral e objetivos específicos, os quais são apresentados a seguir.

1.2.1 Objetivo Geral

Analisar as técnicas utilizadas para a implantação de trechos de redes de gás natural subterrâneas para atender o shopping Pontal, em Porto Alegre/RS.

Esse objetivo geral indica que a pesquisa tem como foco principal a comparação entre as técnicas de implantação de redes de gás natural e o estudo de caso serve como exemplo para ilustrar essa comparação.

1.2.2 Objetivos Específicos

- a) Estudar as etapas do projeto de implantação de gás natural para atender ao shopping Pontal, situado na cidade de Porto Alegre/RS.
- b) Analisar o método de implantação de gás natural por meio do método destrutivo utilizado na obra do shopping Pontal,
- c) Analisar o método de implantação de gás natural por meio do método não destrutivo (MND) utilizado na obra do shopping Pontal,
- d) Analisar os resultados

1.3 JUSTIFICATIVA

A implantação de redes de gás natural em empreendimentos assume grande importância devido aos benefícios que essa fonte de energia pode proporcionar. O gás natural é uma opção limpa e eficiente, capaz de suprir a demanda energética de forma mais sustentável, contribuindo para a redução das emissões de gases poluentes (SANTOS, 2020).

Além disso, considerando a crescente demanda por serviços de gás natural em áreas urbanas, é essencial estudar e avaliar os métodos de implantação mais eficientes e vantajosos para garantir a segurança, a qualidade do serviço e a minimização dos impactos socioambientais. Nesse sentido, a escolha entre os métodos destrutivo e não destrutivo (MND) para a implantação de redes canalizadas de gás em grandes cidades se torna um aspecto crucial a ser analisado (DEZOTTI, 2008).

Diante desse contexto, o presente trabalho tem como objetivo principal avaliar a eficiência de cada método (destrutivo e não destrutivo) para a implantação de redes de gás natural em grandes centros urbanos. Através de um estudo de caso realizado no shopping Pontal, localizado na cidade de Porto Alegre/RS, será possível analisar de forma detalhada a aplicação prática de cada técnica.

Portanto, espera-se que os resultados obtidos possam contribuir para a melhor compreensão dos benefícios e desafios relacionados à implantação de redes de gás natural, auxiliando na adoção de práticas mais eficientes e sustentáveis.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A seguir, se desenvolverá a base bibliográfica que deu apoio a este Trabalho, dividindo-se no estudo de caso dos dois métodos construtivos mais usados na execução de obras de infraestrutura de redes subterrâneas de gás natural.

2.1 DISTRIBUIÇÃO DE GÁS ENCANADO

O gás natural por ser um combustível fóssil, é extraído da natureza em locais profundos no subsolo. Geralmente associado ao petróleo, o gás é resultado da degradação orgânica de animais e plantas, onde são feitas perfurações para a sua retirada.

Sua distribuição é feita através de redes de tubulações vindas direto da rua para a residência ou empresa, também conhecido como gasodutos, de maneira segura e eficiente, pois é mais leve que o ar, se dissipando rapidamente no ar, torna a chama mais forte e estável e sem necessidade de armazenamento de botijão de gás no local.

O gás natural em sua forma bruta é inodoro, assim, passa por processos para ser odorizado para que seja mais fácil de ser identificado em possíveis vazamentos e reduzindo o risco de explosões.

A importação de gás natural no Brasil iniciou em 1999 após ser concluída a primeira etapa do gasoduto Bolívia-Brasil. Com cerca de 3150 km de gasoduto (GASBOL), foi possibilitado o suprimento de gás natural para as empresas de distribuição de gás em pelo menos cinco estados no Brasil: Mato Grosso do Sul, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

2.1.1 Legislação para fornecimento de gás encanado

Para o fornecimento e distribuição em redes de gás natural, são seguidas diversas normas específicas, como a norma da ABNT NBR 14903:2014, que estabelece o método para a determinação da composição química de gás natural e de misturas gasosas similares, por cromatografia em fase gasosa.

A norma NBR 14462 -1:2016, fala sobre as tubulações enterradas de PEAD, onde estabelece os requisitos gerais dos compostos de polietileno para a manufatura de tubos, conexões e válvulas a serem usados para o suprimento de gases combustíveis. Estabelecendo também os respectivos métodos de ensaios.

Se tratando dos procedimentos utilizados na execução e na avaliação da qualidade de uniões por solda de eletrofusão, em tubos e conexões de polietileno PE 80 e PE 100, temos a norma ABNT NBR 14465:2016.

2.1.2 Obras de execução de gás

No Brasil, de acordo com a Editora Brasil Energia, temos cerca de 17 empresas distribuidoras de GN e nos últimos 10 anos, as redes canalizadas aumentaram em 80%, fechando o ano de 2020 com 38.622 quilômetros, atendendo em torno de 440 cidades e mais de 3,822 milhões de clientes em todo o país.

Os principais materiais utilizados nos dias atuais para redes de gás natural, são:

- Aço: material muito resistente, utilizado somente em casos que se exige uma resistência grande tanto interno como externa.

- PEAD (Polietileno de Alta Densidade): um material semelhante ao PVC, que é formado por átomos de carbono, onde cada átomo de carbono tem um átomo de cloro ligado a ele. Por sua vez, o PEAD é uma larga cadeia de átomos de carbono e ligados a eles somente átomos de hidrogênio.

2.1.3 Tubulação Procempa

Exclusivamente para cidade de Porto Alegre, nos locais onde serão implantados novas redes de gás, também deverão ser instaladas tubulações e caixas da PROCEMPA, conforme diretrizes da ET-ENG-045 - 01 - ET-SUL-016.01 (2012):

As caixas de passagem (Figura 1) devem ser do tipo R3, com tampa de ferro fundido e logotipo da Procempa, podendo ter vãos diferentes a uma distância aproximada de 150m, respeitando o vão máximo de 200m em casos específicos. A posição das caixas deve ser colocada nos cruzamentos onde houver uma troca de direção, nas esquinas pelo menos em um lado, respeitando uma distância máxima de 5m em relação às esquinas. Sua utilização é função do tamanho do cabo ótico, e as caixas devem ter entrada dos dutos pela lateral para evitar quebra dos dutos. As tubulações devem ser entregues obrigatoriamente guiadas e, quando utilizado o Método Destrutivo, a vala deve ter 50cm de largura e 80cm de profundidade, com concreto magro, proteção dos mesmos e tubulação já guiada.

Figura 1 – Caixa Procempa Instalada



Fonte: ET-ENG-045 - 01 - ET-SUL-016.01, 2012.

2.1.4 Métodos de execução (destrutivo e não destrutivo)

De acordo com Dezotti (2008), existem diversos métodos que podem ser executados para redes subterrâneas, onde a escolha é definida através do estudo do projeto, como o prazo de execução do serviço, as condições de cada solo, comprimento máximo da tubulação, extensão do trecho, precisão exigida para a execução, local da obra a ser implementada e também a disponibilidade do método.

2.2 MÉTODO NÃO DESTRUTIVO

Para ABRATT (2012), o MND é uma técnica construtiva que exclui a necessidade de escavação de valas a céu aberto, essa técnica é usada para a instalação, reforma ou manutenção de tubos, dutos e cabos subterrâneos.

Sobre os MND pode-se afirmar que o mesmo se revela como a primeira opção no sentido de implementação de novas redes subterrâneas. Este é o exemplo de oleodutos, gasodutos e sistemas de distribuição de água e de coleta de esgoto. A esse propósito, Najafi (2015) pondera que:

Os métodos não destrutivos (MND) são alternativas ou métodos preferenciais para a construção e renovação de tubulações subterrâneas, como oleodutos, gasodutos e sistemas de distribuição de água e coleta de esgoto, além de estruturas e galerias de drenagem. Mais especialmente, os MNDs são usados quando outros métodos tradicionais, como os métodos de escavação a céu aberto, não são fisicamente possíveis. (NAJAFI, 2016, p.1).

De acordo com Dezotti (2008), os métodos não destrutivos se dividem em duas categorias, sintetizados no Tabela 1: métodos de construção não-destrutivos, que engloba todos os métodos de instalação de novas redes e os métodos de recuperação não-destrutivos, que incluem o reparo, a reabilitação ou substituição de tubulações já existentes.

Tabela 1 – Categorias do MND

Métodos de Construção	Métodos de Recuperação
Microtúneis – <i>Microtunneling</i>	Inserção de tubulação - <i>Sliplining</i>
Cravação Dinâmica de Tubo – <i>Pipe Ramming</i>	Inserção de tubulação deformada – <i>Close-fit pipe ou close-fit-lining</i>
Cravação de Tubo por Percussão – <i>Impact Molding</i>	Tubulação curada in loco – <i>Cured-in-place pipe (CIPP)</i>
Perfuração Horizontal com Rosca sem Fim – <i>Horizontal Auger Boring</i>	Tubulação termo-formada – <i>Thermoformed pipe</i>
Perfuração Horizontal Direcional – <i>Horizontal Directional Drilling (HDD)</i>	Revestimento por aspersão – <i>Spray Lining</i>

Fonte: Dezotti, 2008

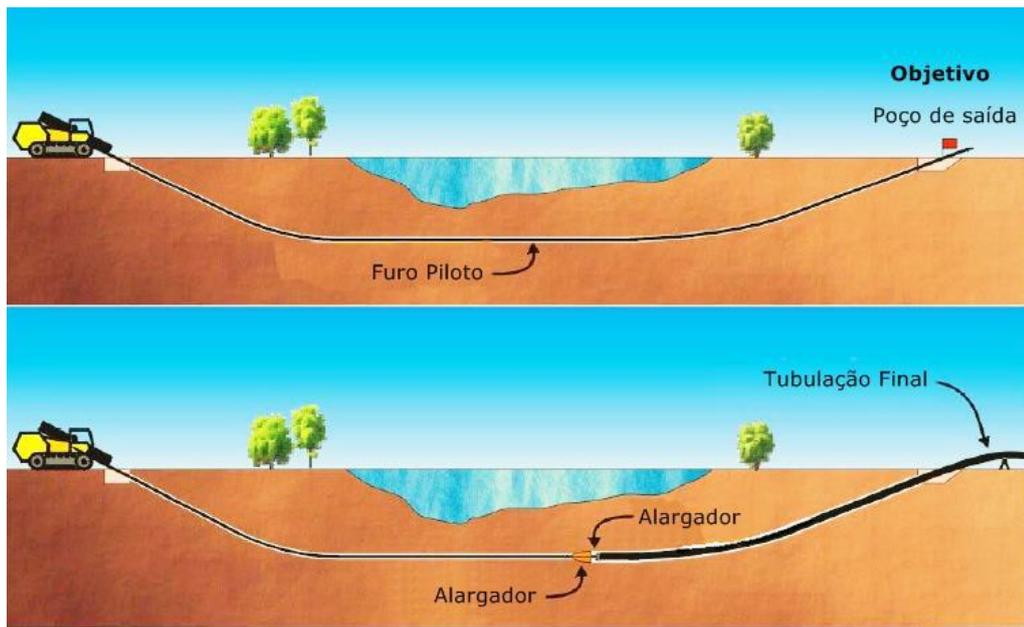
2.2.1 Perfuração Direcional Horizontal (HDD)

O método de HDD é o mais utilizado para as instalações de tubulações de gás, água, esgoto, cabos, rede de fibra ótica e redes de energia elétrica. Esse método pode ser utilizado em diversas situações, como em cruzamentos de avenidas, ferrovias, rios e lagos, pois é um método de instalação que permite o trabalho com tubulações de grande variação do diâmetro, variando de 50 mm a 1220 mm. (CAPP, 2004 apud. DEZOTTI, 2008).

Segundo Jamal (2008), a perfuração direcional horizontal (Figura 2), é um método construtivo que tem como foco a instalação de tubulações subterrâneas. Diferente do método convencional, que se dá através da abertura de valas e trincheiras, esta técnica busca reduzir os impactos.

De acordo com Najafi (2004), o método direcional horizontal é o método de perfuração mais utilizado entre todos os métodos não-destrutivos existentes.

Figura 2 - Furo direcional dirigido



Fonte: CORSAN, 2020

O HDD pode ser dividido em três categorias: maxi, mid e mini. Essa classificação é para diferenciar o tamanho do equipamento e as diferenças do processo de operação. (DEZOTTI, 2008). O Quadro 1, evidencia as principais características de cada categoria.

Quadro 1 - Comparativo das categorias de HDD

Característica	Unid	Tipo		
		Maxi	Mid	Mini
Diâmetro	(mm)	600 a 1200	300 a 600	Até 300
Profundidade	(m)	≤ 61	≤ 23	≤ 6
Extensão	(m)	Até 1830	≤ 305	≤ 183
Torque	(kN.m)	≤ 108,5	1,2 a 9,5	≤ 1,3
Capacidade de puxamento	(t)	≤ 45	9 a 45	≤ 9,07
Peso da máquina	(t)	≤ 30	≤ 18	≤ 9
Dimensões em planta do equipamento	(m ²)	> 2,5 x 13,7	2,2 x 6,10 a 2,5 x 13,7	1,0 x 3,0 a 2,2 x 6,1
Dimensões de trabalho recomendada	(m ²)	45,7 x 76,2	30,5 x 45,7	6,1 x 18,3
Material do Tubo		PEAD e aço	PEAD, aço e ferro dúctil	PEAD, aço, PVC fundido
Aplicações típicas		Passagens sob rios e autovias	Travessias e cruzamentos	Linhas de gás, cabos de energia e telecomunicações

Fonte: Bennett, Ariaratna, 2004, apud Dezzoti, 2008

Os equipamentos exigidos para realizar a perfuração, segundo Ribeiro Junior (2012, p. 28), são divididos em quatro categorias: perfuratriz, equipamentos de localização, material de apoio e fluídos.

Perfuratriz

De acordo com DEZOTTI, 2008, é a máquina responsável pelo furo direcional, alargamento do furo e do puxe dos tubos. A perfuratriz é um equipamento que pode perfurar por baixo de vias, passeio de pedestres, rodovias com alto tráfego de veículos, travessias de rios, etc.

Hastes

São hastes de seção circular, conectadas entre si por roscas contrárias ao sentido da rotação das barras, rotacionadas pelo sistema hidráulico e mecânico da perfuratriz, geralmente feito por um motor a combustão interna.

Essas hastes são fabricadas em liga metálica e seu comprimento pode variar entre 1,80m e 10,50m, a depender da máquina perfuratriz (JAMAL, 2008), conforme Quadro 2 abaixo.

Quadro 2 - Principais hastes de perfuração

Diâmetro (cm)	Comprimento (m)	Massa (kg)	Raio de Curvatura (m)
4,3	1,8	8	17,5
6,4	3,0	29	31,1
7,0	3,0	37	33,0
7,0	4,6	54	33,0
8,6	4,6	79	42,7
9,8	4,6	91	51,4
10,5	6,1	150	60,2

Fonte: Jamal, 2008

Alargadores

Tem como objetivo aumentar o diâmetro do furo, minimizando os esforços de tração e atrito da tubulação com o solo no momento em que a perfuratriz estiver fazendo o puxe. O tamanho do alargador vai depender do diâmetro da tubulação que estiver sendo implementada, conforme Jamal (2008). Na Tabela 2 são apresentados os diâmetros.

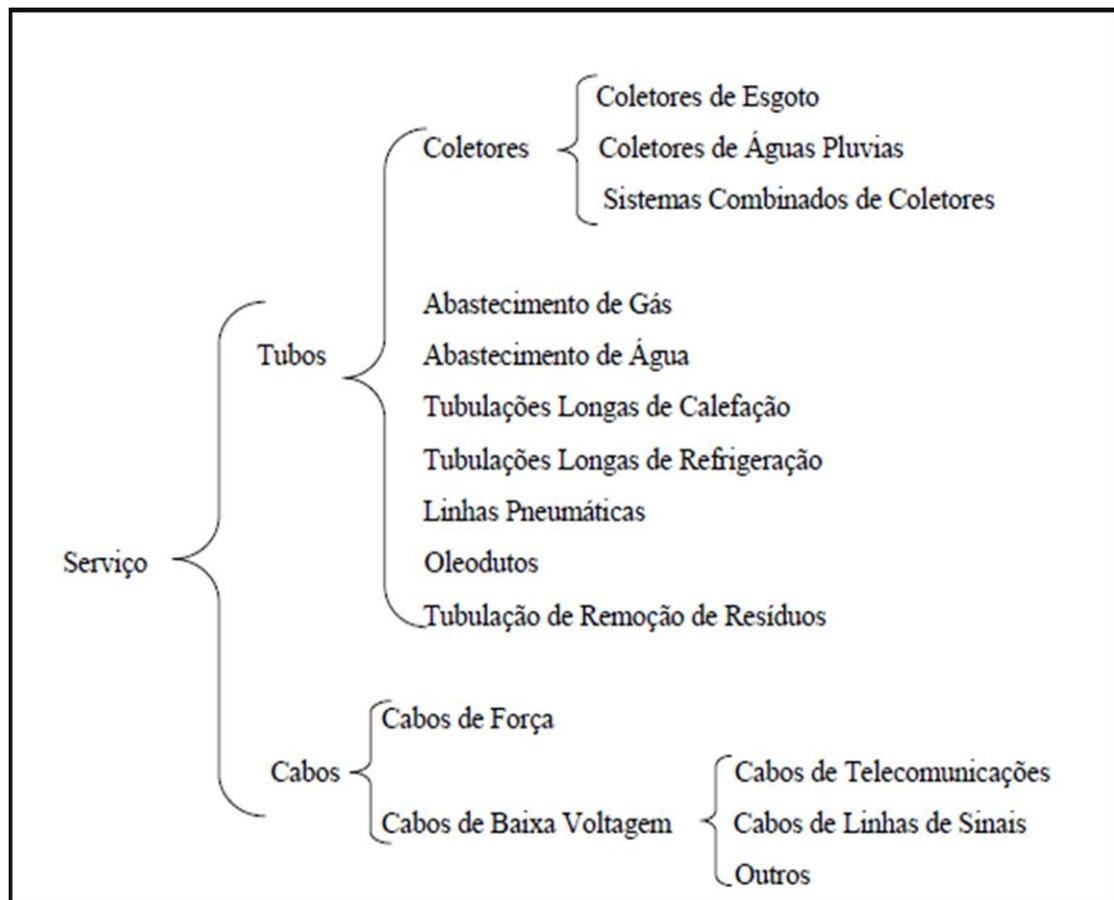
Tabela 2 - Relação diâmetro do tubo o diâmetro se alargamento

Diâmetro do Tubo (mm)	Diâmetro de alargamento (mm)
< 200	Diâmetro do tubo + 100 mm
200 a 600	Diâmetro do tubo x 1,5
> 600	Diâmetro do tubo + 300 mm

Fonte: Bennett, Ariaratna, 2004, apud. Dezzoti, 2008

Podemos ver na Figura 3, um esquema que apresenta utilidades subterrâneas que podem ser implantadas pelo MND.

Figura 3 – Utilidades Subterrâneas



Fonte: Stein, Mollers e Bielecki (1989)

Pode-se definir como método eficaz, uma família de métodos, equipamentos e materiais para construção, recuperação, substituição, localização e detecção de vazamentos de infraestruturas subterrâneas, com mínimo ou nenhum dano à superfície do solo e com interrupção mínima do tráfego em comércios e atividades locais. Segundo NAST e ABRATT, as principais utilidades subterrâneas instaladas e reabilitadas por métodos não destrutivos (MND) incluem tubulações de esgoto, adutoras de água potável, drenagem, oleodutos, gás, cabos elétricos e de telecomunicações.

Para esse método, são utilizados tubos lisos e flexíveis, que possuem resistência a cargas e tensões durante a instalação e operação da máquina perfuratriz. O resultado final ideal é obtido por meio da perfuração direcional horizontal (HDD), sigla em inglês para Horizontal Directional Drilling, um sistema de perfuração dirigível que permite a localização e o direcionamento da cabeça de perfuração durante o processo (NAJAFI, 2004).

A perfuração pode ser resumida em três etapas:

Na etapa 01, é realizada a perfuração do solo com a máquina perfuratriz (Figura 4), adicionando hastes de aço com cerca de três metros cada, com o auxílio de fluido de perfuração e uma sonda acoplada na extremidade da primeira haste de aço, que funciona como uma antena para enviar informações de profundidade, angulação e direcionamento para o pipe locator (Figura 5).

Figura 4 - Perfuratriz case 6030, 17 toneladas



Fonte: Mapdrill 2022

Figura 5 - Pipe Locator



Fonte: Bennett, Ariaratnam e Como (2004)

Na Etapa 2, após a perfuração, a sonda é substituída por um alargador do solo, que tem 1,5 vezes o tamanho da tubulação a ser implantada.

Em seguida, na Etapa 3, é conectada a tubulação de PEAD no alargador, junto com o fuse-link (Figura 6), que é semelhante a um parafuso de alumínio e tem a resistência adequada para a tubulação. Esse parafuso proporciona segurança para os tubos, pois, caso eles fiquem presos durante o processo de puxá-los por interferências, por exemplo, o fuse-link se rompe antes de danificar a tubulação. Durante todo o processo, a máquina é auxiliada por fluidos para deslizar os tubos e evitar danos.

Figura 6 – Fuse-link



Fonte: Mapdrill, 2022.

Segundo Abraham, Baik e Gokhale (2002), afirmam que escavação do furo piloto é a fase mais importante de uma obra que usa o HDD, pois é nesta etapa que determina a posição final da tubulação. Na grande maioria das obras, é feito um poço, chamado de tie-in, que facilita a entrada e saída da extremidade da haste.

Seguindo a trajetória da perfuração, é recomendado que tenha o menor número de curvas, sejam elas horizontais ou verticais, para que assim evite problemas com o puxe da tubulação e, também, quanto a máquina e suas hastes, prolongando a vida útil dos equipamentos (BENNETT; ARIARATNAM; COMO, 2004).

Durante o furo piloto e puxe do tubo é geralmente utilizado os fluídos típicos que são bentonita, polímeros e água, aconselháveis para furos pequenos e com solos favoráveis para a perfuração, sem muitas variações de materiais. Afirmam Bennett, Ariaratnam e Como (2004) e Najafi (2004), sobre as principais funções exercidas dos fluídos:

- Remove o material escavado para superfície;
- Evita desmoronamento;
- Estabiliza a perfuração;
- Lubrifica todo conjunto de perfuração;
- Transmite energia hidráulica à ferramenta de corte;
- Diminui o atrito do tubo com o solo;
- Controla a pressão;
- Resfria a cabeça de perfuração e a sonda;
- Ameniza o impacto sobre o meio ambiente.

Como o HDD pode ser usado para diversos tipos de solo, como solos arenosos, argilosos, com pedregulho e até mesmo em rochas com formação contínua, deve-se utilizar diferentes tipos de cabeça de perfuração e usar a mais adequada para obter um corte ideal a cada tipo de solo (BENNETT; ARIARATNAM; COMO, 2004). A Figura 7 ilustra alguns tipos de cabeça de corte.

Figura 7 - Cabeças de corte



Fonte: Bennett, Ariaratnam e Como (2004)

Assim como temos diferentes tipos de cabeça de corte, também precisamos que os alargadores sejam diversificados para se adaptar a cada condição do solo, tamanho da tubulação a ser executada e capacidade de bombeamento. A Figura 8 mostra alguns dos tipos mais usuais de alargadores.

Figura 8 - Alargadores de solo



Fonte: <http://www.vermeer.com/> (Data de acesso: Novembro 2022)

De acordo com Najafi (2004), entre os métodos de instalação não destrutivo, o método HDD apresenta a maior taxa de perfuração do furo piloto. No Quadro 3, é apresentada as taxas de produção típicas para as 3 classes.

Quadro 3 - Taxas de produção três classes de HDD

Tarefa	mini - HDD	midi - HDD	maxi - HDD
1. Mobilização de equipamento e instalação	≤ 6 horas	1 - 3 dias	3 - 10 dias
2. Perfuração do furo piloto	30,5 - 122 m/h	18 - 91,5 m/h	6 - 55 m/h
3. Alargamento (por passada)	30,5 - 91 m/h	18 - 73 m/h	6 - 55 m/h
4. Puxada da tubulação (sem alargamento)	-	-	-
a. Cabo	61 - 183 m/h	61 - 183 m/h	N/A
b. PEAD	61 - 183 m/h	61 - 183 m/h	46 - 137 m/h
c. Aço	61 - 183 m/h	61 - 183 m/h	46 - 137 m/h
5. Limpeza, restauração e desmobilização		4 h a 2 dias	2 - 7 dias

Fonte: Bennett, Ariaratnam e Como (2004)

A Tabela 3 3 mostra algumas das vantagens e desvantagens que o método HDD apresenta.

Tabela 3 - Principais vantagens e desvantagens do método HDD

Vantagens	Desvantagens
- Capacidade de dirigibilidade.	- O tipo de tubo utilizado deve apresentar suficiente resistência à tração axial.
- Não necessita execução de poço de entrada e saída.	- Em instalação de tubulações em pequena profundidade é possível ocorrer movimentação do solo.
- O tempo de instalação dos equipamentos é relativamente menor comparado aos demais métodos de construção não destrutivos.	
- Este método pode alcançar de um único ponto de lançamento o maior comprimento de instalação, de que qualquer outro método não destrutivo do tipo não tripulado	

Fonte: Abraham, Baik e Gokhale (2002)

2.3 MÉTODO DESTRUTIVO

O método convencional de instalação de tubulações subterrâneas consiste na abertura de valas a céu aberto para o lançamento e assentamento dos tubos. Nesse método, é necessário fazer escavações ao longo de todo o trecho de rede a ser instalada. Após a abertura da vala, as tubulações são posicionadas sobre uma camada de materiais adequados para evitar danos, seguido pelo reaterro com uma espessura especificada em projeto e compactação do solo. Por fim, é realizada a repavimentação do local onde foi executada a obra

Para o assentamento das tubulações, é considerado, basicamente, as seguintes fases de execução:

- Sinalização;
- Remoção do pavimento;
- Abertura de vala;
- Escoramento;
- Assentamento;
- Preenchimento da vala;
- Recomposição do pavimento;

Este sempre foi um método considerado confiável por ser executado há muitos anos, mas nem sempre é um método que tenha melhor custo-benefício, pois interferem em outras infraestruturas urbanas, causando transtornos para a população e danos ao pavimento.

Por mais de 50 anos, esse método construtivo tradicional não vem tendo um aprimoramento tecnológico. Sendo os principais equipamentos e maquinários utilizados para execução das obras: escavadeiras, pás carregadeiras, retroescavadeiras, compactadores, caminhões, pás, picaretas, máquina de corte para pavimentos. Também há outros equipamentos, mas será utilizado dependendo da exigência do engenheiro responsável que analisa o projeto e o local da obra.

A obra deve ser sinalizada corretamente, cumprindo todas as normas de segurança, evitando que pessoas estranhas tenham acesso e também garanta a integridade dos colaboradores.

Figura 9 - Vala a céu aberto para assentamento de rede com escoramento.



Fonte: Cosatel (2022)

Se considerado todos os parâmetros de projetos, este método é o mais demorado, também o pior em custo-benefício, segundo Najafi (2004). Por conta disto e de diversos fatores sociais, este método vem sido desencorajado.

2.3.1 Abertura de vala

As obras de implantação de rede de gás podem ser executadas por meio de abertura de valas, seguindo a profundidade e extensão orientadas pelo projeto. Essas valas podem ser abertas por dois métodos, a escavação manual ou mecânica.

De acordo com Vasconcellos (2013), a vala é uma escavação no solo de pequena largura e profundidade, sendo frequentemente utilizada em obras de infraestrutura, como galerias, redes de água e esgotos, gasodutos e redes telefônicas. Para Manara, et al., (2018), a escolha do tipo de vala deve ser baseada no tipo de terreno, no serviço a ser executado, no método de escavação escolhido e na profundidade a ser escavada. É fundamental que a segurança dos trabalhadores seja sempre levada em consideração na escolha do método de escavação.

2.3.2 Escoramento de vala

Segundo a NBR 14461/2000, o escoramento tem como função principal estabilizar a vala, dando proteção para que os trabalhadores executem o trabalho com segurança. O escoramento pode ser feito com pranchas de madeira, pranchas metálicas ou blindagem.

Para Vasconcellos (2013), os escoramentos devem suportar as pressões laterais, pode ser do solo ou de água. No caso das areias ou solos pouco argilosos, a escavação deve ser acompanhada com contenção de paredes de corte.

O escoramento serve como proteção das paredes da vala contra possíveis desmoronamentos, servindo de sustentação do solo. O escoramento é uma estrutura provisória que deve ser removida após o trabalho. (MANARA, et al., 2018).

2.3.3 Assentamento da tubulação

Após a escavação da vala deve-se assentar a tubulação. Antes do assentamento, a vala deve ser preparada com uma camada de areia para evitar atrito da tubulação com o solo existente no local.

Para Manara, et al., (2018), é importante que após o assentamento da tubulação, a mesma sempre seja tamponada ou lacrada, para evitar a entrada de sujeira na tubulação.

2.3.4 Recomposição da vala

A recomposição do pavimento deve seguir recomendações do projeto e deve ser igual ou de melhor qualidade de antes do início das obras, bem como atender as exigências municipais.

Toda recomposição da vala deve obedecer às características dos materiais existentes, de forma a reconstituir as condições anteriores. (LUIZA; FRANÇA; OLIVEIRA, 2015).

2.3.5 Sinalização da rede

De acordo com a norma "ET-ENG-046 - 01 - ET - PLACAS DE CONCRETO (2017)", sempre que um gasoduto for instalado por meio de método destrutivo, deve-se aplicar placas de concreto em toda a sua extensão para garantir a proteção mecânica adequada, seguindo as especificações descritas a seguir:

As placas devem ter 7 centímetros de espessura e 50 centímetros de comprimento, com largura de 40cm, independente do diâmetro do tubo a ser protegido.

Devem também ser de concreto armado com um fck de 18 MPa, com malha de Ø 4,2mm e de 10 X 10 centímetros, seguindo o anexo I da norma. Durante a construção, deve-se garantir o perfeito recobrimento da ferragem e uma boa uniformidade na distribuição do concreto. A cura é fundamental para que as placas alcancem a resistência desejada, na Figura 10, podemos ver ela instalada.

De acordo com a norma complementar "ET-ENG-040 - 14 - SINALIZACAO DE REDES.REV.13.050518 - COMPLEMENTAR à ET-19", quando o gasoduto for instalado por método destrutivo, é necessário a colocação de uma fita de sinalização em toda a extensão, imediatamente acima das placas de concreto, com o propósito de alertar para a presença do gasoduto operante em caso de escavações próximas e evitar possíveis acidentes. Essa fita de sinalização é uma tela de segurança que contém a mensagem "AVISO DE REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE GÁS" e é instalada seguindo a direção da rede de distribuição de gás, acima da placa de concreto. Ela complementa a sinalização vertical e horizontal, servindo como mais um meio de alerta aos interferentes, conforme mostra a Figura 11.

Figura 10 - Sinalização com placa de concreto



Fonte: Sulgás, 2022

Figura 11 - Sinalização com fita de aviso



Fonte: Sulgás, 2022

2.3.6 Polietileno de alta densidade

As tubulações mais utilizadas para a instalação de gás natural são os tubos PEAD. Essas tubulações vêm substituindo as redes de aço tendo como algumas de suas vantagens para as distribuidoras de Gás, o menor custo na obra, material com maior durabilidade e trabalhabilidade na execução.

Para Manara, et al., (2018), as tubulações de gás são redes resinadas que possuem cores normatizadas para a sua identificação, sendo PE 80 (amarelo) e PE 100 (laranja).

3 METODOLOGIA

A metodologia adotada neste trabalho consistiu em uma abordagem de estudo de caso, que envolveu a implantação de redes subterrâneas de gás natural no shopping Pontal, localizado na zona sul da cidade de Porto Alegre/RS.

Inicialmente, foi realizado o planejamento do projeto, considerando as demandas do cliente e as características da malha de gasodutos existente na cidade. Isso envolveu a análise de interferências subterrâneas, o estudo de viabilidade técnica e a definição das etapas de execução.

Em seguida, foram utilizadas duas técnicas distintas para a implantação das redes de gás: o método destrutivo e o método não destrutivo (MND). O método destrutivo envolveu a abertura de valas para instalação dos dutos, enquanto o MND utilizou técnicas que não requerem a abertura de valas, como a perfuração direcional horizontal.

Durante a execução das obras, foram realizados registros fotográficos e uma análise minuciosa de cada etapa, destacando os motivos que levaram à escolha de cada técnica em determinadas situações.

Por fim, foram analisadas as etapas de limpeza, sinalização permanente e repavimentação do local, de acordo com as normas e regulamentos vigentes, garantindo a segurança e a adequação do espaço.

Essa metodologia permitiu uma compreensão aprofundada dos desafios e benefícios associados à implantação de redes subterrâneas de gás em um ambiente urbano.

3.1 LIMITES DA PESQUISA

A pesquisa será limitada ao estudo da implantação de gás natural para o shopping Pontal, localizado na Av. Padre Cacique nº2893, na cidade de Porto Alegre/RS, considerando as técnicas de método destrutivo e método não destrutivo (MND) utilizadas para realização da obra.

Será realizada uma revisão bibliográfica sobre as principais técnicas de implantação de redes de gás, suas vantagens e desvantagens.

Será apresentado um estudo de caso detalhado da implantação de gás natural para o shopping Pontal, expondo como foi realizado o planejamento para atender o cliente (Pontal Shopping) com a malha de gasodutos existente na cidade de Porto Alegre da Sulgás.

Será realizada uma análise minuciosa dos procedimentos adotados pelos 2 mecanismos, método destrutivo e método não destrutivo, com um relatório fotográfico de cada etapa da obra.

4 ESTUDO DE CASO

O estudo de caso consiste em analisar a implantação de gás natural no shopping Pontal em Porto Alegre/RS, utilizando os métodos destrutivo e não destrutivo. Será apresentado o planejamento do projeto, a implantação dos métodos com análises fotográficas e uma análise das vantagens e desvantagens de cada método.

4.1 ETAPA DE PLANEJAMENTO

Na primeira etapa, a construtora foi notificada com uma ordem de serviço, da Sulgás, expondo o escopo da obra a ser realizada.

Para atendimento ao cliente, foi previsto em projeto uma rede de PEAD de Ø63mm, que deverá ser interligada em uma rede operante de PEAD Ø63mm nas proximidades da Av. Padre Cacique, a rede em projeto percorrerá em torno de 199m de extensão até chegar à frente da faixa principal do Shopping.

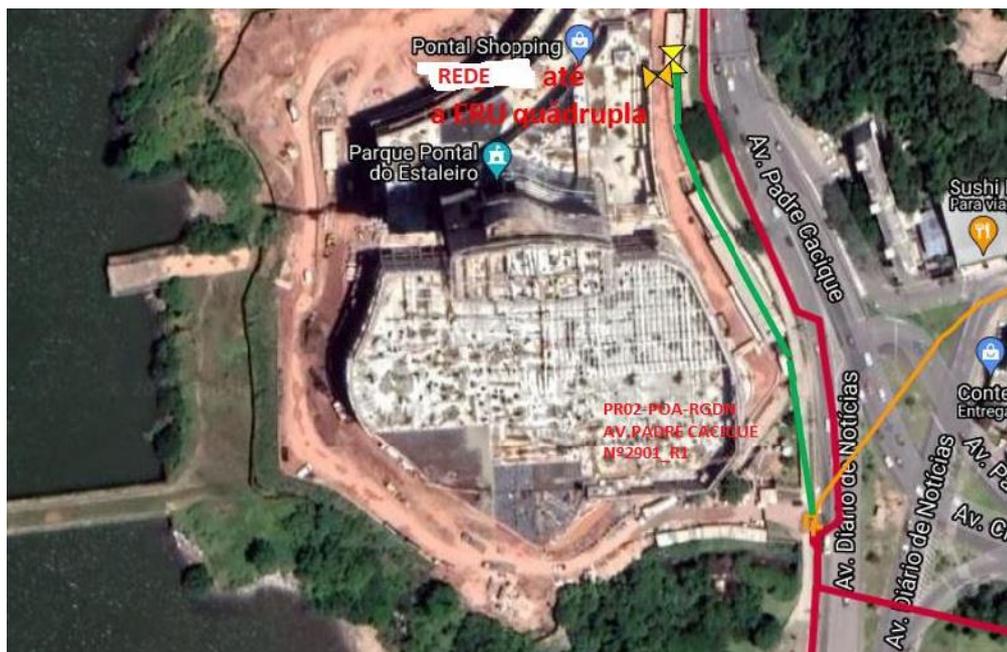
Conforme a Figura 12, podemos observar a malha de gasodutos existentes próximo ao empreendimento a ser atendido.

Em verde – Rede a ser executada em PEAD Ø63mm.

Em Laranja – Rede operante de PEAD Ø63mm.

Em Vermelho – Rede operante em Aço Ø6”.

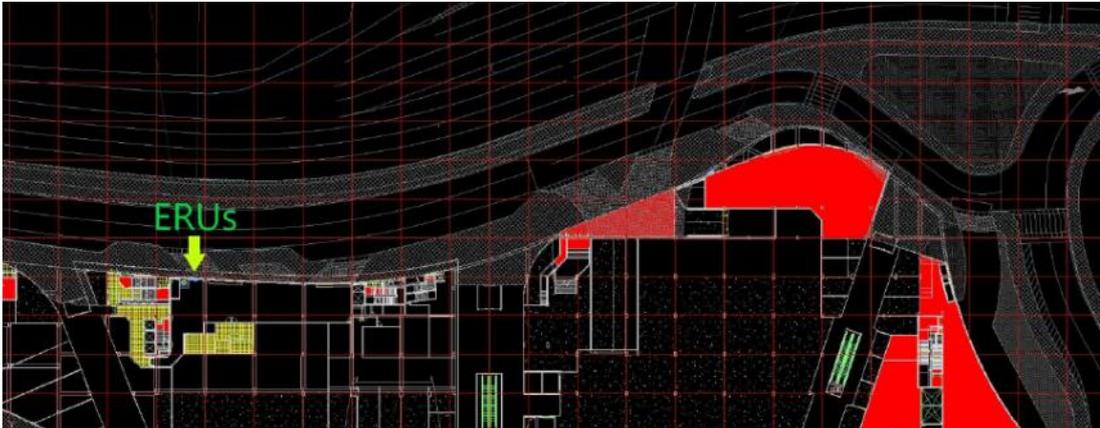
Figura 12 – Local da implantação do gasoduto



Fonte: Construtora, adaptado pelo autor (2022)

Já na Figura 13, mostra o projeto de implantação do Shopping Pontal, informando a localização da estação de gás do cliente, que será em frente à ERU (estação de regulação de pressão e medição urbana).

Figura 13 – Implantação Shopping Pontal



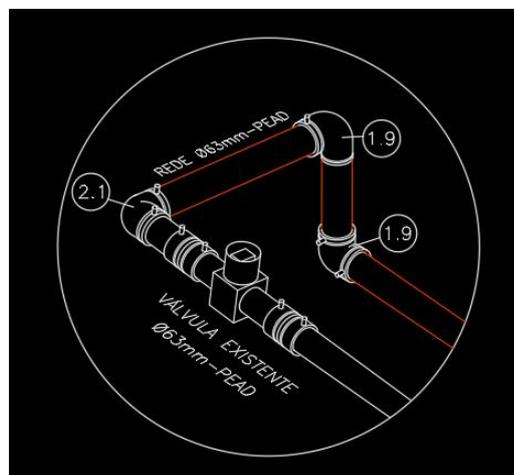
Fonte: Construtora Melnick (2022)

A partir da válvula de espera deixada na calçada da Av. Padre Cacique, seria dever do empreendimento realizar a ligação entre ela e o sistema interno de gás do Shopping.

Referente à rede operante de gás, onde seria interligado o início do projeto, já existia uma válvula de espera de PEAD de Ø63mm, prevista para atender exclusivamente a demanda do empreendimento, sendo assim, não seria necessário nenhum tipo de trepanação com TE de Serviço ou até mesmo desligamento do gás para execução da obra.

Na Figura 14, é apresentada o detalhamento de montagem de peças prevista com a rede existente, sendo necessário três curvas 90° PE100 de Ø63mm, sendo elas eletro soldadas com o tubo de PEAD.

Figura 14 – Detalhe de interligação da rede existente de gás



Fonte: Construtora Sintra (2022)

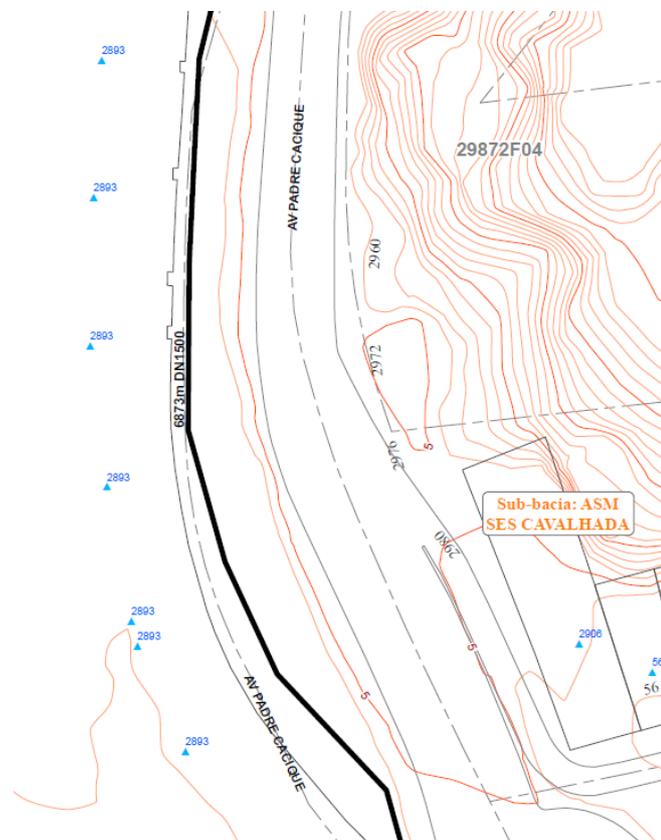
4.1.1 Interferências Subterrâneas

Uma parte vital para o bom andamento da obra, é o mapeamento completo de todas as possíveis interferências subterrâneas ao longo de toda a sua extensão.

Na fase de projeto, foi constatado a rede de gás andaria muito próximo à um emissário de DMAE, de DN Ø1500mm, sendo necessário extrema cautela para não causar nenhum tipo de dano à rede de esgoto Cloacal.

Conforme Figura 15, podemos ver a localização da rede de Esgoto Cloacal, posicionada próximo à ciclovia da Av. Padre cacique.

Figura 15 - Cadastro de redes cloacais no local

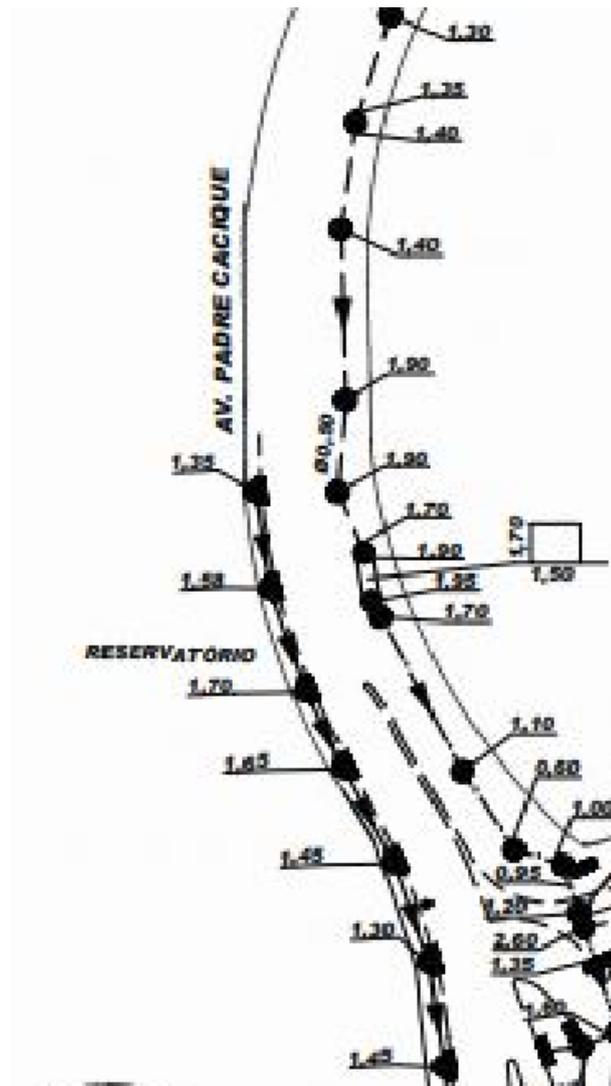


Fonte: Departamento Municipal de Água e Esgotos (DMAE) (2022)

Nos cadastro de redes de drenagem pluvial, foi constado apenas uma rede ne microdrenagem no passeio, cujo DN de Ø300mm, que coleta a contribuição da Av. Padre Cacique através dos bueiros.

Conforme Figura 16, no cadastro de redes pluviais fornecido pelo Departamento de Esgotos Pluviais (DEP), podemos ver a localização da rede.

Figura 16 - Departamento de Esgotos Pluviais (DEP)



Fonte: Departamento de Esgotos Pluviais (DEP) (2022)

Referente às redes subterrâneas de água, rede telefônica e rede de fibra óptica, não foi constatado nenhuma interferência na extensão do projeto.

4.1.2 Máquina de Perfuração Horizontal Direcional (HDI)

Para realizar a etapa de método não destrutivo da implantação do gasoduto, foi escolhida a perfuratriz chinesa da marca XCMG, modelo XZ200, conforme especificações técnicas na Figura 17:

Figura 17 - Especificações técnicas XCMG XZ200

Item	Unidade	Parâmetro
Motor		
Modelo	-	Cummins QSB5.9-C150
Potência nominal	kW/r/min	113/2200
Puxado		
Força máxima puxada	kN	225
Velocidade máxima puxada	m/min	32
Giração		
Torque	N.m	6350
Velocidade máxima de rotação	r/min	160
Bombas de lama		
Fluxo máximo	L/min	250
Pressão máxima	MPa	8
Tubo de perfuração		
Diâmetro x Comprimento	mm x m	φ60 x 3
Grua de bordo		
Peso de elevação	t	/
Torque de elevação	t.m	/
Ângulo máximo de entrada a terra	°	22
Diâmetro máximo de ampliação regressiva	mm	φ600
Massa	t	8,5
Dimensão	comprimento x largura x altura	5900 x 2250 x 2450
Dimensão de distribuidor elétrico	mm	-
Peso de distribuidor elétrico	mm	-

Fonte: XCMG (2023)

A Perfuratriz possui dimensões de 5,90m de comprimento x 2,25m de largura (Figura 18), sendo considerada uma máquina de pequeno porte ideal para este tipo de projeto em grandes cidades, pois ocupado pouco espaço para realização dos furos.

Também possui uma força máxima de tração de 225KN, conseguindo puxar em média 32m de tubo por minuto.

Figura 18 - Perfuratriz XCMG XZ200 já equipada com as hastes de perfuração



Fonte: XCMG (2023)

4.2 MÉTODO NÃO DESTRUTIVO

Na primeira etapa da obra, o gasoduto deveria percorrer aproximadamente 170m, entre a válvula de espera existente de PEAD Ø63mm até chegar no empreendimento a ser atendido.

No traçado previsto, o gasoduto seria implantado no eixo da ciclovia existente no passeio da Av. Padre Cacique, de modo que fique o mais distante possível da rede cloacal existente do DMAE, um emissário de Ø1500 com destino ao lago Guaíba.

O método não destrutivo foi optado pelas premissas:

- Maior agilidade de execução, ocupando o menor tempo possível de uma das principais áreas de lazer de Porto Alegre;
- Evitar a repavimentação asfáltica de toda ciclovia;
- Potencial de maiores profundidades do gasoduto, tornando a linha mais segura contra possíveis acidentes.
- Baixa quantidade de interferências subterrâneas na área do projeto.

A realização de cada furo foi feita da seguinte forma:

- Foram abertos dois poços de acesso, um de entrada da tubulação e um de saída, chamados de tie-ins, com dimensão aproximada de 2m x 1m com profundidade média de 0,80m.
- Em uma das pontas, foi posicionada a perfuratriz, e foi iniciado o furo piloto, nesta etapa o navegador que opera a máquina vai perfurando o solo e vai dando a direção necessária em que o gasoduto será instalado. O navegador pode controlar o furo tanto horizontalmente quanto verticalmente, podendo mudar a direção e profundidade a qualquer momento conforme as necessidades de cada projeto.

Enquanto é executado o furo piloto, na outra extremidade o tubo PEAD de Ø63mm já foi devidamente posicionado, conforme Figura 19.

Figura 19 – Bobina do tubo PEAD de Ø63mm.



Fonte: Autor (2022)

Quando furo piloto chega na outra extremidade, no outro Tie-in, então é retirado a sonda de navegação, que serviu apenas para navegação do furo piloto, e na haste então são acoplados um alargador de 6” e após o tubo PEAD de Ø63mm, conforme podemos ver na Figura 20.

Na figura podemos ver também o funcionamento da lama bentonítica, necessária no furo piloto. Ela é lançada durante toda a extensão do furo, ajudando o solo a não ceder, facilitando a hora do puxe do tubo PEAD.

O alargador de solos tem a função de alargar o caminho para passagem do tubo, deste forma, na hora do puxe o tubo PEAD terá o mínimo de atrito com o solo.

Figura 20 – Início do Puxe do tubo PEAD



Fonte: Autor (2022)

Então o tubo começa a ser puxado de um tie-in ao outro, ao mesmo tempo que o alargador vai expandindo a sua passagem. Após finalizado o puxe do tubo, então o alargador é desacoplado o tubo e podemos dar o furo como finalizado.

Para o furo seguinte, podemos aproveitar mesmo Tie-in que foi executado o puxe, só que agora para outra direção, sendo necessário abrir apenas mais um poço de lançamento para o próximo furo.

Após a execução de 2 furos, já podemos realizar união dos 2 tubos, sendo eles eletrosoldados por uma luva de PEAD de 63mm (Figura 21)

Figura 21 – Junção dos 2 furos através de uma luva Pead Ø63mm eletrosoldada.

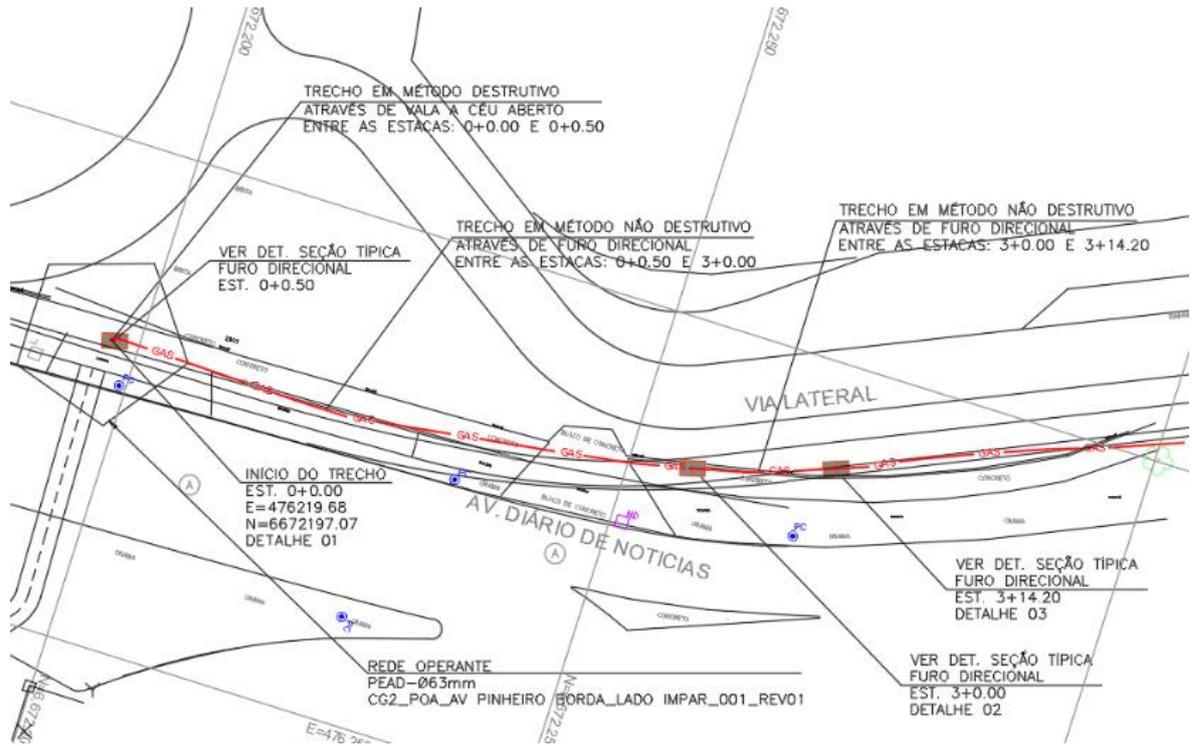


Fonte: Autor (2022)

Ao total, foram executados 172,70m em método MND, sendo realizados em 3 furos direcionais (Figura 22, Figura 23 e Figura 24), sendo eles:

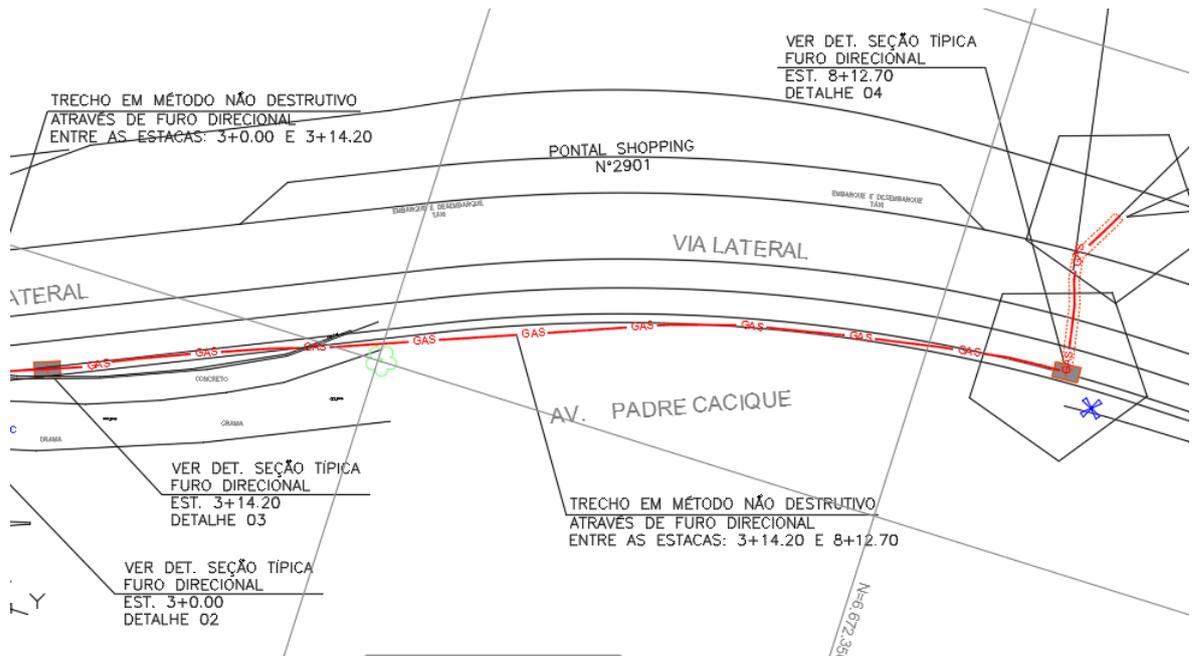
- E: 0+0.00 à E:3+0.00 – Em uma profundidade média de 2,25m, com uma extensão de 60m;
- E: 3+0.00 à E:3+14.20 – Em uma profundidade média de 1,30m, com uma extensão de 14,20m;
- E: 3+14.20 à E:8+12.70 – Em uma profundidade média de 3,60m, com uma extensão de 98,50m;

Figura 22 – Planta baixa – Furos 01 e 02



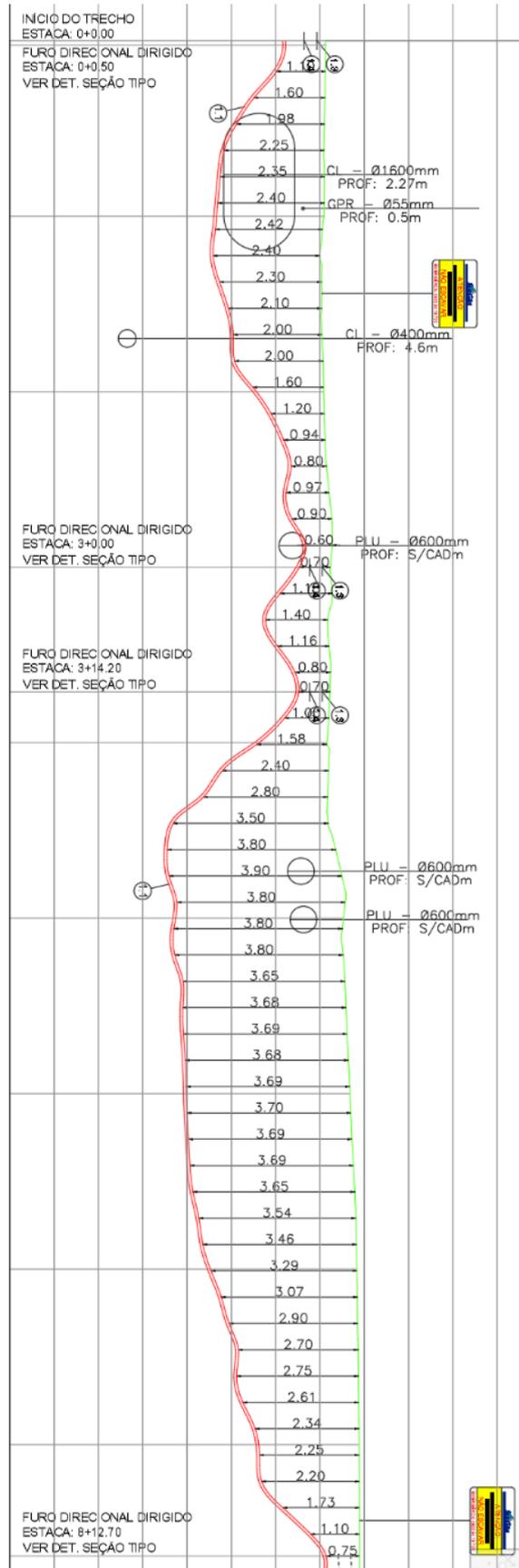
Fonte: Construtora, adaptado pelo autor (2022)

Figura 23 – Planta baixa – Furo 03



Fonte: Construtora, adaptado pelo autor (2022)

Figura 24 – Perfil Longitudinal da extensão em método não destrutivo (MND)



Fonte: Construtora, adaptado pelo autor (2022)

4.3 MÉTODO DESTRUTIVO

A partir da estaca 8+12.70 até o final do projeto (estaca 9+9.47), foi realizada a implantação do gasoduto através do método destrutivo convencional, perfazendo uma extensão de 16,77m.

A escolha se dá devido a não necessidade de recomposição de pavimento neste trecho, pois o empreendimento não havia ainda iniciado a pavimentação da rua lateral em pavimento intertravado (PVS).

Inicialmente, foi aberta uma vala de 0,50m de largura x 0,90m de altura, de forma mecânica através de uma retroescavadeira, conforme a Figura 25.

Após a abertura a vala, foi adicionado ao seu fundo uma camada de 10cm de areia compactada (Figura 26), esta camada tem a função de acomodar o tubo para que não haja nenhum espaço vazio a baixo dele, evitando que possíveis problemas de recalque do solo danifiquem a tubulação.

Figura 25 – Abertura da vala através de uma retroescavadeira



Fonte: Construtora, adaptado pelo autor (2022)

Figura 26 – Preenchimento da vala com areia média



Fonte: Autor (2022)

Sobre a camada de areia compactada, foi realizado o abaixamento e assentamento das 2 tubulações, sendo elas o gasoduto de PEAD Ø63mm e o tubo Procempa de Ø40mm (Figura 27 e Figura 28).

Figura 27 – Assentamento das tubulações



Fonte: Autor (2022)

Figura 28 - Assentamento das tubulações



Fonte: Autor (2022)

Após o assentamento dos tubos, já pode ser iniciado o seu recobrimento com o próprio solo escavado anteriormente.

Sempre que o gasoduto for instalado em método destrutivo, será necessário, em toda a sua extensão, a colocação de placas de concreto para a devida proteção mecânica do gasoduto, conforme especificações no trecho a seguir da norma:

Também, quando o gasoduto for instalado em método destrutivo, logo após o assentamento das placas de concreto será necessário uma fita de sinalização, em toda a sua extensão, logo a cima das placas. Esta fita tem por sua finalidade o comunidade imediato em caso de escavações nas proximidades do gasoduto operante, a fim de evitar possíveis acidentes.

Conforme Figura 29 e Figura 30, podemos ver a instalação destes dispositivos de segurança.

Figura 29 – Instalação das placas de concreto



Fonte: Autor (2022)

Figura 30 – Instalação da fita de sinalização



Fonte: Autor (2022)

Após a conclusão das atividades de instalação dos dutos de gás, procedeu-se ao fechamento integral da vala utilizando o material escavado, conforme evidenciado na Figura 31. Conforme mencionado anteriormente, neste trecho realizado em método destrutivo, não houve a necessidade imediata de recompor o pavimento, uma vez que o empreendimento planejava realizar a execução de uma via de acesso lateral em pavimento intertravado (PVS).

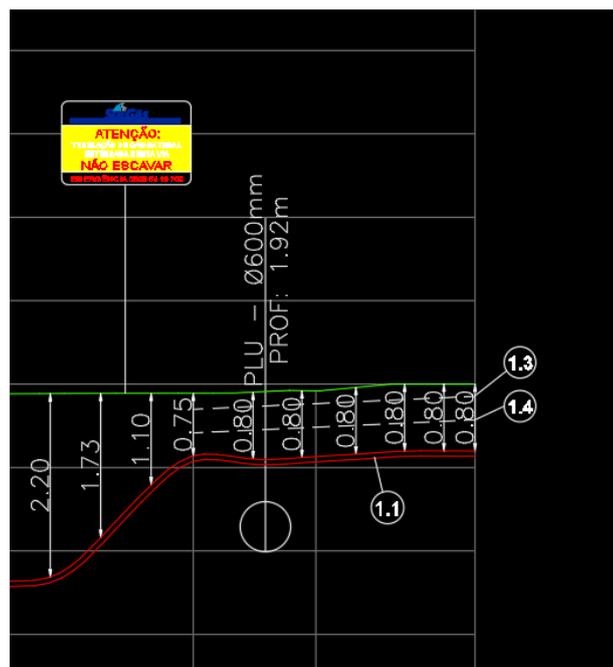
Figura 31 – Fechamento da vala



Fonte: Autor (2022)

Perfil longitudinal da etapa do método destrutivo, foi adotada uma profundidade média de 80cm (Figura 32).

Figura 32 – Perfil Longitudinal executado em método destrutivo



Fonte: Construtora, adaptado pelo autor (2022)

4.4 LIMPEZA, INERTIZAÇÃO DA TUBULAÇÃO E TESTE DE ESTANQUEIDADE

A limpeza do tubo PEAD é feita com a finalidade de remover poeira, terra, água e outros detritos que possam vir interferir na boa operação do gasoduto gasoduto.

A limpeza do gasoduto foi realizada da seguinte forma:

Primeiramente, foi introduzido PIGs dentro do tubo PEAD (Figura 33). Após, os PIGs de espuma foram pressurizados através de ar comprimido, de modo que foram lançados até a outra ponta da tubulação, limpando resquícios de sujeira que estavam dentro do tubo.

Devido a quantidade elevada pó dentro da tubulação, foi também introduzido alguns litros de água dentro do gasoduto, para assim auxiliar a limpeza com os PIGs de espuma.

Em seguida, após a verificação da limpeza estar completa, foi introduzido apenas jatos de ar pressurizados, para a completa secagem.

A operação foi repetida diversas vezes, até que o tubo PEAD estivesse completamente seco e limpo.

Figura 33 – Pigs de espuma utilizados na limpeza interna do gasoduto



Fonte: Autor (2022)

Uma vez alcançado o critério de secagem, inicia-se a inertização do duto. O duto foi totalmente preenchido com nitrogênio, em uma pressão aproximada de 11,0 kgf/cm².

A função principal da inertização é substituir uma atmosfera sob ar ou carregada com vapores inflamáveis, partículas em suspensão, por uma atmosfera inerte e segura.

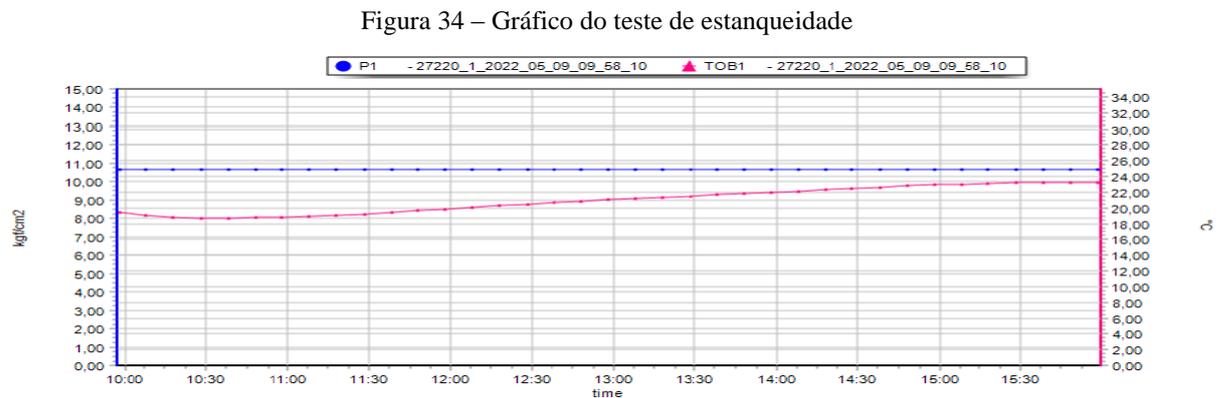
A inertização tem por seu objetivo principal uma proteção de qualidade do gasoduto instalado à presença de oxigênio (O₂) ou humidade (H₂O). Por fim, após o gasoduto estar completamente preenchido com nitrogênio, foi realizado o teste de estanqueidade.

Ele consiste em averiguar possíveis vazamentos dentro da rede recém executada, antes da liberação definitiva do gás para atender o cliente.

Para realizar o teste, foi instalado um manômetro na válvula de espera de PEAD Ø32mm, ao final da rede.

Este equipamento consegue coletar a pressão e temperatura interna do gasoduto, que até então está preenchido de nitrogênio com uma pressão de 11 kgf/cm², a coleta deve ter uma duração mínima de 8h consecutivas, após a coleta do equipamento, foi utilizado o software Keller, para interpretação dos dados levantados.

Na Figura 34, podemos ver o resultado final.



Fonte: Software Keller, adaptado pelo autor (2022)

No eixo X, na parte de baixo do gráfico, podemos visualizar a duração do teste, ou seja, teve seu início às 10h e término próximo das 17h do mesmo dia.

Na linha azul (P1) demonstra a pressão interna do duto, com seus valores mostrados ao lado esquerdo do gráfico, em kgf/cm²,

Na linha em rosa (TOB1), demonstra a temperatura interna do duto, com seus valores a direita do gráfico, em °C.

Como podemos analisar, a pressão interna se manteve estável durante todo o teste, em caso de possível vazamento, a pressão tende a cair rapidamente, até chegar à pressão atmosférica de 1 ATM, ou 1 kgf/cm².

Já na linha de temperatura, ocorre uma pequena variação de 4 °C durante o tempo de teste, esta variação é completamente normal, devido às mudanças de tempo que ocorrem durante o dia, pela tubulação estar exposta diretamente.

Por eles serem inversamente proporcionais, quando a temperatura sobe, podemos ver uma perda mínima da pressão, mostrando novamente que o gasoduto está estanque e apto para operar.

4.5 SINALIZAÇÃO PERMANENTE

Nesta etapa foi realizada a sinalização permanente do gasoduto, com dispositivos de aviso com a finalidade de evitar possíveis acidentes com escavações inapropriadas.

Foram instaladas 2 placas de sinalização do tipo B (Figura 35 e Figura 36), espaçadas em 140m na extensão, à 0,50m do meio fio, seguindo a direção do gasoduto subterrâneo, conforme as diretrizes da ET-ENG-040 - 14 - SINALIZACAO DE REDES.REV.13.050518 - COMPLEMENTAR à ET-19 (2017).

A placa possui 2,10m de altura, então foi tomado o cuidado de não atrapalhar a sinalização viária existente no local.

Figura 35 – Placa de sinalização instalada no início do gasoduto



Fonte: Autor (2022)

Figura 36 - Placa de sinalização instalada nas proximidades do shopping Pontal



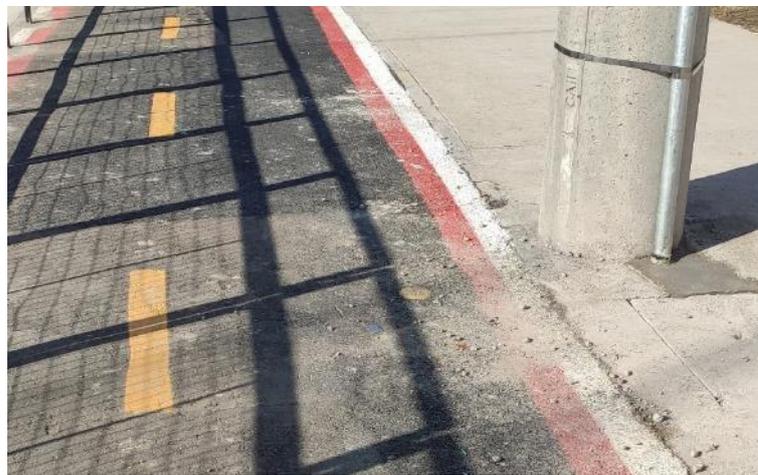
Fonte: Autor (2022)

Como complemento à sinalização, também foram instalados tachões de sinalização no passeio, conforme ET-ENG-040 - 14 - SINALIZACAO DE REDES.REV.13.050518 - COMPLEMENTAR à ET-19 (2017).

Estes dispositivos ficam posicionados no eixo da rede de distribuição de gás, que neste caso está locado no passeio, e devem ser espaçados a cada 20m por toda a extensão da rede.

Por ser um local com tráfego intenso de bicicletas e pedestres, foram tomados os cuidados com o posicionamento dos tachões, de modo que tente minimizar os efeitos ao fluxo da ciclovia e do passeio (Figura 37)

Figura 37 – Tachão de sinalização



Fonte: Autor (2022)

4.6 REPAVIMENTAÇÃO

Nesta última etapa, antes de dar o gasoduto como finalizado e pronto para operar, foi realizada a repavimentação nos locais que foram abertos Tie-ins para execução do método não destrutivo, lembrando que no local que foi executado o método destrutivo não foi necessário repavimentação, pois seria uma futura via de acesso para o shopping, porém os trabalhos não haviam sido iniciados.

No total foram feitas 4 poços de lançamento, 3 posicionados na ciclovia em asfalto, e 1 localizado no passeio em concreto.

Para a restauração dos locais pavimentados em asfalto, foi utilizado revestimento de concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ), com uma espessura de 5cm, de modo que acompanhou a espessura original do pavimento existente.

Já para a repavimentação em concreto, primeiramente foi aplicado um lastro de brita de 5cm de espessura devidamente compactado. Após foi lançado um concreto de $f_{ck} > 15\text{Mpa}$, com espessura de 5cm, de modo que acompanhou a espessura do pavimento existente.

Figura 38 – Repavimentação do método destrutivo



Fonte: Autor (2022)

Figura 40 - Repavimentação Furo 02



Fonte: Autor (2022)

Figura 39 – Repavimentação Furo 01



Fonte: Autor (2022)

Figura 41 - Repavimentação Furo 03



Fonte: Autor (2022)

5 CONCLUSÕES

Com base na análise detalhada do estudo de caso da implantação de redes subterrâneas de gás natural no shopping Pontal, utilizando os métodos destrutivo e não destrutivo, foram obtidas conclusões importantes. Ambos os métodos apresentam vantagens e desafios distintos que devem ser considerados durante o processo de implantação.

Durante a análise do método destrutivo, verificou-se que ele pode ser uma opção viável em áreas com poucas interferências subterrâneas. A sua abordagem envolve a abertura de valas para a instalação dos dutos de gás, permitindo um acesso direto e eficiente. Além disso, em casos em que a recomposição do pavimento não é um obstáculo significativo, como no estudo de caso do shopping Pontal, o método destrutivo pode oferecer uma execução mais rápida e direta.

Por outro lado, o método não destrutivo revelou-se altamente relevante em áreas urbanas densamente construídas, onde a preservação do ambiente e a minimização de impactos sociais são prioridades. Sua abordagem não invasiva, com a utilização de técnicas como perfuração direcional horizontal, mostrou-se eficaz na redução de transtornos para a população e no menor tempo de recuperação do local.

Além disso, o método não destrutivo pode ser economicamente viável, uma vez que evita a necessidade de reparos e recomposição extensiva do pavimento. No contexto das grandes cidades, onde a implantação de redes de gás natural é essencial para atender à demanda crescente, a escolha do método mais adequado deve levar em consideração não apenas as características técnicas, mas também os aspectos socioeconômicos e ambientais envolvidos.

A compreensão das vantagens e desvantagens de cada método contribui para uma tomada de decisão embasada, tanto por parte das empresas do setor quanto dos órgãos reguladores. É importante ressaltar que este estudo de caso proporcionou insights valiosos para a compreensão da eficiência e aplicabilidade dos métodos destrutivo e não destrutivo na implantação de redes subterrâneas de gás natural em áreas urbanas.

No entanto, é recomendado que futuras pesquisas aprofundem ainda mais essa temática, considerando diferentes contextos e projetos, a fim de enriquecer o conhecimento disponível e fornecer subsídios adicionais para o planejamento e execução dessas infraestruturas.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE TECNOLOGIA NÃO DESTRUTIVA-ABRATT. **Um guia dos métodos não destrutivos (MND) para instalação, recuperação, reparo e substituição de redes, dutos e cabos subterrâneos com o mínimo de escavação.** São Paulo, 2010.

BENNETT, D.; ARIARATNAM, S.; COMO C. (2004). **Horizontal directional drilling: Good practices guidelines.** Arlington: HDD Consortium, 2004. 144 p.

CORSAN – Companhia Riograndense de Saneamento. Disponível em: <<http://corsansursul.blogspot.com/2013/08/corsan-utiliza-metodo-nao-destrutivo-em.html>>
Acesso em: 01 de setembro.2020

DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO DE PORTO ALEGRE-DMAE, **Informações Sobre o Sistema de Abastecimento de Água, Disponível em:** <<http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dmae/>>. Acesso em: 10 de Mar. 2023.

DEZOTTI, M. C. **Análise da utilização de métodos não destrutivos como alternativa para redução dos custos sociais gerados pela instalação, manutenção e substituição de infraestruturas urbanas subterrâneas.** 2008. 231p. Tese (Mestre em Engenharia Civil: Transportes) Escola De Engenharia de São Carlos, São Paulo.

FAPESP (Brasil) (org.). **Um futuro com energia sustentável: iluminando o caminho.** São Paulo: Academia Brasileira de Ciências, 2007. 301 p.

FERNANDES, A. S. A.; OLIVEIRA, F. (2002). **Licenciamento ambiental para redes de infra-estrutura urbana. 20 Experiências de Gestão Pública e Cidadania - Ciclo de Premiação 2002.** Programa Gestão Pública e Cidadania, 1ª ed. p. 1-14. São Paulo, 2003.

JAMAL, F. G. **Avaliação da precisão da declividade da técnica de perfuração direcional horizontal para instalações de redes de esgoto.** 2008. 126p. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Escola de engenharia de São Carlos. São Paulo, 2008.

NAJAFI, M.; GUNNICK, B.; DAVIS, G (2005). **Preparation of construction specifications, contract documents, field testing, educational materials, and course offerings for trenchless construction.** University of Missouri-Columbia, 2005. 55p.

QUINTELLA, Carlos Otavio de Vasconcellos. **O NOVO MERCADO DE GÁS NATURAL: OPINIÕES DE ESPECIALISTAS, PERSPECTIVAS E DESAFIOS PARA O BRASIL.** Florianópolis: Dicom, 2019. 126 p.

SANTOS, Edmilson Moutinho dos. **Oportunidades e Desafios do Gás Natural e do Gás Natural Liquefeito no Brasil.** São Paulo: Letra Capital Editora, 2020. 186 p.

STEIN, D.; MÖLLERS, K.; BIELECKI, R. (1989). **Microtunneling: Installation and renewal of nonman-size supply and sewage lines by the trenchless construction method.** Ontário: John Wiley & Sons Canada Ltd, 1989. 353p.

SULGÁS. **ET-ENG-045 - 01 - ET-SUL-016.01 - CAIXAS PROCEMPA.** Porto Alegre, 2012. 4p. Disponível em <<https://www.sulgas.com.vc/residencial/manuais-e-regulamentos>>. Acesso em: [22/09/2022].

SULGÁS. **ET-ENG-046 - 01 - ET - PLACAS DE CONCRETO.** Porto Alegre, 2017. 2p. Disponível em: <<https://www.sulgas.com.vc/residencial/manuais-e-regulamentos>>. Acesso em: [22/09/2022].

SULGÁS. **ET-ENG-055 - 03 - ET-SUL-033.13 -PLACAS DE SINALIZAÇÃO E SEGURANÇA PARA ESTAÇÕES Rev 3 - COMPLEMENTAR À ET-SUL-020.04.** 4p. Disponível em: <<https://www.sulgas.com.vc/residencial/manuais-e-regulamentos>>. Acesso em: [22/09/2022].