

COMPARATIVO ECONÔMICO DOS MÉTODOS NÃO DESTRUTIVO X DESTRUTIVO EM ABERTURA DE VALAS PARA INSTALAÇÃO DE TUBULAÇÕES

ECONOMIC COMPARISON OF NON-DESTRUCTIVE x DESTRUCTIVE METHODS IN TRENCHING FOR PIPE INSTALLATION

Carlos Augusto Mendonça Trindade¹

Lethicya Victórya Alves Trindade²

Liércio Motta³

RESUMO

Este trabalho expõe uma análise comparativa entre os métodos não destrutivo (MND) e destrutivo (MD) na abertura de valas para a instalação de tubulações. A pesquisa evidencia fundamentos como custo, tempo de execução, segurança e aceitação social. O MND destaca-se por reduzir escavações, preservar o solo e reduzir transtornos em áreas urbanas, apesar de pleitear maior investimento inicial e maior complexidade técnica. Por outro lado, o MD, amplamente utilizado no Brasil, apresenta um custo inicial reduzido, mas maior impacto social, além de exigir um tempo maior de execução. A análise inclui um estudo de caso realizado em São João Nepomuceno, MG, que demonstra as diferenças práticas entre os métodos. Os resultados indicam que o MND, apesar de seu custo inicial mais elevado, oferece vantagens econômicas e sociais a longo prazo, sendo recomendado para obras em áreas urbanas densamente povoadas. Conclui-se que a escolha do método depende de fatores específicos do projeto, mas a adoção de práticas sustentáveis como o MND deve ser incentivada.

Palavras-chave: Métodos não destrutivos (MND); Métodos destrutivos (MD); Redes hidrossanitárias; Sustentabilidade.

¹ Rede de Ensino Doctum – Unidade Itamar Franco – contato.carlostrindade@gmail.com – graduando em engenharia civil.

² Rede de Ensino Doctum – Unidade Itamar Franco – lethicya777@gmail.com – graduando em engenharia civil.

³ Rede de Ensino Doctum – Unidade Itamar Franco – liercioengenhariajf@doctum.edu.br. engenharia civil.

ABSTRACT

This work presents a comparative analysis between the non-destructive (NDM) and destructive (DM) methods in trenching for the installation of pipes. The research highlights fundamentals such as cost, execution time, safety and social acceptance. The MND stands out for reducing excavations, preserving the soil and reducing disturbances in urban areas, despite requiring greater initial investment and greater technical complexity. On the other hand, DM, widely used in Brazil, has a reduced initial cost, but greater social impact, in addition to requiring a longer execution time. The analysis includes a case study carried out in São João Nepomuceno, MG, which demonstrates the practical differences between the methods. The results indicate that NDM, despite its higher initial cost, offers long-term economic and social advantages, and is recommended for works in densely populated urban areas. It is concluded that the choice of method depends on specific factors of the project, but the adoption of sustainable practices such as MND should be encouraged.

Keywords: Non-destructive methods (NDM); Destructive methods (DM); Hydrosanitary networks; Sustainability.

1-Introdução

A captação de água para abastecimento público e a disposição final dos esgotos sanitários impactam diretamente na quantidade e na qualidade da água nos corpos hídricos, tornando imprescindível uma gestão eficiente e ambientalmente responsável (LIMA e MARQUES, 2012).

Segundo dados do Censo Demográfico de 2022, realizado pelo IBGE, em 2010 aproximadamente 52,8% da população brasileira residiam em áreas com infraestrutura adequada de saneamento básico, índice esse que subiu para 62,5% em 2022, evidenciando um avanço significativo na cobertura dos serviços.

No entanto, o Instituto Trata Brasil, em seus relatórios anuais, destaca os desafios da modernização dos métodos construtivos na infraestrutura de saneamento nos municípios do país, principalmente na substituição das redes antigas e expansão das novas tubulações subterrâneas de água e esgoto.

No Brasil, o método destrutivo (MD), também conhecido como método convencional ou tradicional, permanece amplamente utilizado. Esse método é caracterizado por processos demorados, que demandam grande quantidade de

equipamentos, mão de obra e etapas de execução, sem apresentar avanços significativos em eficiência ao longo do tempo (DEZOTTI, 2008).

A Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, destaca que como opção para contornar as limitações do MD, foi criada a técnica do método não destrutivo (MND). Como alternativa às limitações do MD, a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo introduziu o método não destrutivo (MND). Essa técnica busca minimizar os impactos em áreas urbanas, reduzir custos globais e aumentar a eficiência na execução das obras. Contudo, a implementação do MND no Brasil ainda enfrenta desafios, como a falta de especialização técnica e preocupações relacionadas à sua aplicação prática (CARVALHO, 2013).

Diante desse contexto, o presente estudo tem como objetivo comparar economicamente a utilização dos métodos destrutivo e não destrutivo para instalação de tubulações em centros urbanos.

2-Implantação de redes de drenagem urbana

A implantação de redes de drenagem urbana é uma etapa crucial para o desenvolvimento da infraestrutura urbana, envolvendo a instalação de tubulações e sistemas responsáveis pelo transporte de água potável e pela coleta e tratamento de esgoto. Esse processo é fundamental para garantir a saúde pública e a qualidade de vida nas cidades, uma vez que a gestão adequada da água e do esgoto está diretamente relacionada à prevenção de doenças e à proteção ambiental (CARVALHO, 2013; GOMES, 2020).

A complexidade da implantação dessas redes está atrelada a diversos fatores, incluindo o tipo de solo, a densidade populacional e a presença de infraestrutura existente, como ruas, edifícios e outras instalações. Cada um desses fatores pode influenciar a escolha das técnicas e dos materiais a serem utilizados, além de impactar o planejamento e a execução das obras. A escolha de métodos adequados, como o uso de técnicas não destrutivas (MND), é essencial para minimizar a interferência no ambiente urbano e garantir a durabilidade das redes instaladas (ABRATT, 2013; DEZOTTI, 2008).

A utilização de normas técnicas, como a norma brasileira (NBR) 17015, é essencial na implantação de redes de drenagem urbana, pois estabelece procedimentos que asseguram a qualidade e a segurança das instalações, evitando falhas que possam comprometer o funcionamento dos sistemas e a saúde pública. Essas normas orientam desde o projeto até a execução e a manutenção das redes,

proporcionando um referencial técnico que deve ser seguido por engenheiros e técnicos da área (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2023).

Um dos principais desafios é a adequação das infraestruturas existentes. Muitas vezes, as cidades já possuem sistemas de abastecimento e esgoto que podem não atender às novas demandas. Isso exige uma análise detalhada das condições atuais e a elaboração de projetos que integrem as novas redes às estruturas existentes, evitando sobrecargas e garantindo a eficiência do sistema como um todo (CARVALHO, 2013; RIGHI, 2015).

Outro ponto importante é a necessidade de realizar estudos prévios, como sondagens de solo e análises hidráulicas, para garantir que o projeto atenda às necessidades específicas da área em que será implantado. Esses estudos permitem identificar as características do solo, a disponibilidade de recursos hídricos e os padrões de consumo da população, possibilitando a elaboração de soluções que atendam a essas demandas de forma eficiente e sustentável (PAIVA, 2020; GOMES, 2020).

A execução das obras deve ser realizada com atenção aos prazos e custos, considerando também os impactos sociais e ambientais das intervenções. É fundamental que as obras sejam programadas de maneira a minimizar os transtornos para a população local, evitando longos períodos de escavação e interrupções no tráfego (ABRATT, 2013; SILVA, 2019).

A manutenção das redes é um aspecto que não pode ser negligenciado. Após a implantação, é necessário estabelecer um plano de manutenção que garanta o bom funcionamento do sistema ao longo do tempo. Um sistema bem mantido é essencial para evitar problemas que podem levar a contaminações ou interrupções no abastecimento de água, impactando a saúde da população (DEZOTTI, 2008; BAPTISTA, 2022).

Além disso, a educação da população sobre o uso consciente da água e a importância do correto descarte de resíduos são fundamentais para a eficácia das redes de drenagem urbana. Programas de conscientização podem ajudar a reduzir desperdícios e evitar obstruções nas tubulações, contribuindo para a sustentabilidade do sistema (CARVALHO, 2013; RIGHI, 2015). A participação da comunidade é um fator chave para o sucesso das políticas de saneamento e gestão de recursos hídricos.

O investimento em infraestrutura de água e esgoto é uma prioridade para garantir o acesso à saúde e à qualidade de vida. À medida que as cidades crescem, a necessidade de aprimorar e expandir os sistemas hidrossanitários se torna cada vez mais evidente, demandando inovação e comprometimento por parte dos gestores públicos e da sociedade (GOMES, 2020; SANTOS, 2023).

Uma das etapas mais importantes e de maior impacto econômico, social e ambiental nas obras de implantação de redes subterrâneas é a escavação. Onde se compreende a remoção do solo para a implantação, substituição ou reabilitação das redes hidrossanitárias (ABRATT, 2013).

No que se refere a implantação de rede de drenagem urbana, pode ser executada através de duas metodologias, a metodologia destrutiva (MD), onde é feita a abertura da vala de forma mecânica e a tubulação é assentada com a ajuda de colaboradores, e a metodologia não destrutiva (MND), que se baseia na perfuração e passagem da tubulação sem escavação, apenas com a utilização do maquinário adequado, conforme mostradas, respectivamente, nas figuras 1 e 2 abaixo:

Figura 01: Abertura de vala pelo MD.



Fonte: Dos autores, 2024.

Figura 02: Abertura de vala pelo MND.



Fonte: EVK, 2024.

2.1-Método Destrutivo (MD)

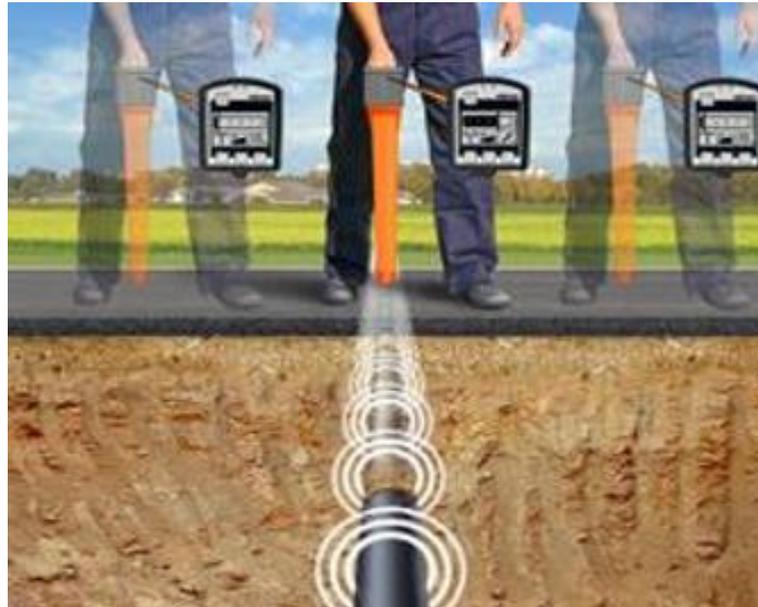
O método mais comumente empregado em todo o Brasil é o destrutivo, onde é utilizado na execução de redes subterrâneas pela abertura de trincheiras a céu aberto através de escavação manual ou mecânica (DEZOTTI, 2008; ALMEIDA, 2022).

Entretanto, o método de aberturas de valas consiste em escavações ao longo de toda extensão longitudinal da rede proposta, sendo de extrema importância ressaltar que antes do início de qualquer tipo de escavação em vias públicas, é necessário a autorização dos órgãos competentes, e a tal vala deverá atender todas as especificações do projeto executivo, incluindo o mapeamento de interferências, como linhas de água, telefone e energia, entre outros, que poderão vir a atrapalhar a execução (ABRATT, 2013).

No que se refere ao levantamento das interferências no local da implantação da rede subterrânea, alguns procedimentos prévios devem ser estabelecidos, como, analisar e demarcar a existência de qualquer tipo de interferência, utilizar um detector de cabos, para confirmar a posição das redes subterrâneas e verificar se no local há existência de galerias, dutos de drenagem, etc. (ABRATT, 2013).

Na figura 03 é perceptível um detector de cabos verificando a existência de tubos subterrâneos.

Figura 03: Detector de cabos.



Fonte: Sondeq.com, 2024

Segundo Dezotti (2008), a norma brasileira (NBR) 17015/2023 determina basicamente que, para assentamentos das tubulações, podem ser consideradas as fases de sinalização, remoção do pavimento, abertura de vala, esgotamento, escoramento, assentamento, preenchimento da vala e recomposição do pavimento.

Assim sendo, é notável na figura 4 um exemplo de sinalização de segurança em rua, composta por tela tapume e placas.

Figura 04: Sinalização.



Fonte: Dos autores, 2024.

No entanto, todo o trecho onde será executado pelo MD, deverá ter o trânsito, tanto de pedestres quanto de veículos, desviado, ou se houver a possibilidade de

passagem, o mesmo deverá ter a sinalização de segurança exigida e ser bem orientado (ABNT, 2023).

A obrigatoriedade do uso de escoramento de valas em profundidades maiores que 1,25m ou em valas que tenham profundidades menores que 1,25m mas que possuem risco de instabilidade da estrutura das paredes da mesma, norma essa que tem o intuito de garantir a segurança dos operários dentro da vala. (Norma Regulamentadora nº 18 do Ministério do Trabalho)

Além disso, durante a escavação alguns cuidados deverão ser tomados, tais como, a determinação do local de armazenamento ou de descarte do material retirado da vala, tomando cuidado para que o mesmo não afete as vias de tráfego, e satisfaça a exigência da fiscalização da obra e da prefeitura (DEZOTTI, 2008).

O material que será reaproveitado no reaterro da vala, poderá ser deixado ao longo da vala escavada, desde que não atrapalhe a execução dos serviços, assim como mostra a figura 5.

Figura 05: Material para reaterro de vala.



Fonte: Parente e Silva, 2022.

Já a largura da vala a ser aberta, de acordo com a NBR 17015, deverá ser definida no projeto executivo com a aprovação da fiscalização, levando-se em conta as condições do local e os equipamentos disponíveis

Embora seja considerado um método confiável e que fornece maior controle sobre o processo, permitindo que os profissionais visualizem diretamente e façam ajustes quando necessário, o método destrutivo na maioria das vezes é mais

demorado e não é o método com a melhor relação custo/benefício, além de conter alguns transtornos sociais e ambientais associados ao seu procedimento de execução, como, geração de resíduos, congestionamento e desvio de tráfego, fora as constantes intervenções de reparos e manutenção na infraestrutura (NUVOLARI, 2003).

2.2-Método não destrutivo (MND)

O método não destrutivo conhecido como furo direcional, de acordo com ABRATT (Associação Brasileira de Tecnologias Não Destrutivas), consiste em um conjunto de métodos, equipamentos e materiais utilizados, de forma que minimizem ou eliminem o uso de escavações.

Sua aplicabilidade é designada para serviços em tubulações de alta resistência às cargas, tensões e que tenha flexibilidade durante a instalação, ou seja, tubulações em polietileno de alta densidade (PEAD) ou em aço, como as mostradas nas figuras 6 e 7 são as mais indicadas (DROSEMEYER 2004).

Figura 06: Tubos PEAD.



Fonte: FGS, 2024.

Figura 07: Tubos em aço



Fonte: Steelfire, 2024.

Para a ABRATT (2007), um dos MND mais utilizados na construção de obras hidráulicas de saneamento é a Perfuração Horizontal Direcional (HDD). Tal método se enquadra como método dirigível, isto é, possibilita informar a localização da cabeça de perfuração e guia-la no decorrer do processo de perfuração (DEZOTTI 2008).

Ainda assim, para correta elaboração do plano de furo horizontal (HDD), é de suma importância realizar uma análise do terreno a fim de detectar prováveis interferências, essa análise é feita a partir da medição da profundidade das redes existentes que possam impactar na nova rede a ser implantada (DEZOTTI 2008).

Os equipamentos que realizam o furo (perfuratriz) são divididos em três categorias: Maxi-HDD, Midi-HDD e Mini – HDD, a discrepância entre eles é o tamanho do equipamento (grande, média e pequena) e os modos de aplicação dos projetos HDD podem variar significativamente, já o mecanismo de operação permanece o mesmo, conforme mostra a figura 8.

Figura 8: Execução do furo direcional

Fonte: ABRATT,2013.

O próximo passo é o planejamento da perfuração, após o projeto elaborado e o terreno sondado, prossegue-se com a execução da perfuração. Para dar início a perfuração, é necessário realizar a sinalização de obra por todo esse trajeto, assim como as devidas autorizações dos órgãos competentes de gerenciamento do trânsito (DROSEMEYER 2004).

A instalação é feita em duas etapas, primeiro a perfuração do furo piloto, onde a perfuratriz que é guiada por um emissor de ondas eletromagnéticas, e a cada três metros informa a profundidade e inclinação da cabeça de perfuração, o avanço do furo piloto é feito com a injeção do fluido, o qual é definido de acordo com o terreno do local. A figura 9 mostra alguns tipos de solo e o fluido de lubrificação indicado para cada tipo.

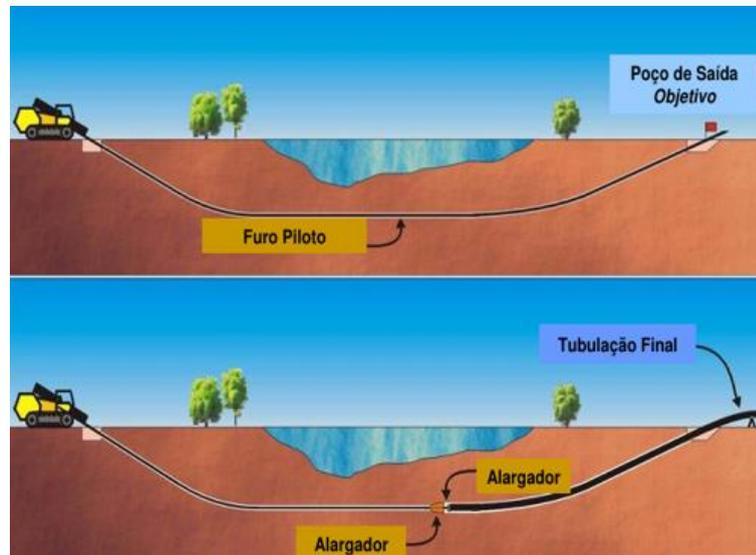
Figura 9: Tipos e características dos solos e fluido lubrificante usado no MND.

Solo	Característica	Fluído
Solos grossos (Areia e Granitos)	Inertes e não reativos, possibilitando a passagem de água.	Bentonita (proporciona lubrificação e estabilização nos solos onde é aplicada).
Solos finos (argila)	Baixa permeabilidade	Polímero (evita a dilatação da argila).

Fonte: Danielle de Bona, 2015.

Na segunda etapa da execução do furo é utilizado um alargador de diâmetro, fazendo o caminho inverso do furo piloto, logo após a tubulação é puxada através do furo alargado e posicionada no local planejado, como demonstrado na figura 10.

Figura 10: Equipamento para perfuração HDD.



Fonte: ABRATT, 2013.

Finalizado as etapas da perfuração, inicia-se a fase de pavimentação das vias, onde foram abertas pequenas valas de verificação do furo e possíveis interferências, a primeira parte começa com o aterro sendo colocado no local, em seguida, coloca-se as pedras e britas que foram retiradas e finaliza-se com o concreto asfáltico. (ABNT, 2023)

Quando o uso de tecnologias não destrutivas são avaliadas e incluídas nos custos globais dos projetos, percebe-se que o uso de tais tecnologias torna os projetos mais econômicos de 3 a 10% do valor total (CARVALHO, 2013).

O Método não destrutivo (MND) é uma abordagem utilizada na instalação de tubulações e na execução de obras subterrâneas que visa minimizar a interferência no ambiente e na infraestrutura existente. Diferente dos métodos destrutivos, que envolvem a escavação e a remoção de solo, os MND aplicam técnicas que permitem a realização de serviços com o mínimo de escavação ou, em alguns casos, sem escavação. Essa metodologia não só preserva as características do solo e da vegetação local, mas também reduz os impactos sociais e econômicos que frequentemente acompanham as obras de infraestrutura (ABRATT, 2013; GOMES, 2020).

Além de ser menos invasivo, o MND traz vantagens significativas em termos de tempo e custo. A redução do tempo de execução das obras está diretamente relacionada à diminuição das interrupções no tráfego e nas atividades diárias da comunidade. Com menos necessidade de escavação, os MND possibilitam que os serviços sejam realizados de forma mais rápida e eficiente, resultando em menor custo total ao projeto. Isso é particularmente importante em áreas urbanas densamente povoadas, onde a continuidade das atividades é crucial para o funcionamento da cidade (CARVALHO, 2013; PAIVA, 2020).

Outro aspecto relevante é a segurança associada ao uso de MND. A minimização da escavação reduz significativamente o risco de acidentes relacionados a deslizamentos de terra e colapsos, que são comuns em métodos destrutivos. A segurança dos trabalhadores e do público em geral é uma prioridade em qualquer projeto de infraestrutura, e o MND oferece uma alternativa mais segura ao permitir que a obra seja realizada com menos risco físico (SILVA, 2019; BAPTISTA, 2022).

A capacitação de profissionais e a formação contínua são essenciais para a implementação bem-sucedida de MND. A falta de conhecimento técnico sobre essas metodologias pode limitar sua adoção em projetos de infraestrutura. Portanto, é fundamental que instituições de ensino e associações profissionais promovam a formação adequada em MND, garantindo que engenheiros e técnicos estejam preparados para aplicar essas técnicas de forma eficiente e segura (SANTOS, 2023; RIGHI, 2015).

A implementação de MND também pode ser vista como uma resposta às demandas sociais contemporâneas, onde a população exige mais transparência e responsabilidade por parte das autoridades. Com menos interrupções e um menor impacto no cotidiano das pessoas, os MND se alinham às expectativas de uma sociedade que valoriza a qualidade de vida e a preservação do meio ambiente. As obras que utilizam MND geralmente são melhor aceitas pela comunidade, o que pode resultar em um aumento na confiança e na colaboração entre os cidadãos e os órgãos públicos (CARVALHO, 2013; ABRATT, 2013).

É importante destacar que, apesar de suas inúmeras vantagens, o uso de MND não é isento de desafios. A necessidade de equipamentos especializados, o custo inicial mais alto e a necessidade de planejamento cuidadoso são algumas das dificuldades que podem ser enfrentadas. No entanto, a longo prazo, as vantagens do

MND superam esses desafios, promovendo um desenvolvimento mais sustentável e eficiente na área de saneamento e infraestrutura (BAPTISTA, 2022; PAIVA, 2020).

3-Metodologia

A presente pesquisa é classificada como aplicada, pois busca solucionar problemas práticos, especificamente aqueles relacionados ao comparativo entre o método destrutivo (MD) e o método não destrutivo (MND) na abertura de valas para a instalação de tubulações. Essa classificação indica que o foco está em encontrar soluções que possam ser aplicadas diretamente na realidade do saneamento básico, contribuindo para a melhoria dos processos e serviços relacionados.

Sob o aspecto da abordagem do problema, esta pesquisa é de natureza quantitativa. A pesquisa quantitativa envolve a coleta e análise de dados numéricos, o que permite uma avaliação objetiva da eficiência e precisão dos métodos analisados. Essa abordagem é essencial para estabelecer um comparativo claro entre o desempenho dos métodos MND e MD, fornecendo informações concretas e mensuráveis.

Em relação aos objetivos, a pesquisa é caracterizada como descritiva, pois foca na caracterização e comparação das técnicas estudadas. A pesquisa descritiva tem como propósito fornecer uma visão detalhada das vantagens e desvantagens de cada método, permitindo um entendimento aprofundado sobre suas aplicações e implicações no contexto da instalação de tubulações hidrossanitárias.

Os procedimentos técnicos adotados na pesquisa utilizam a abordagem bibliográfica. Tal abordagem é fundamentada em uma revisão de literatura especializada, que embasa as comparações entre os métodos, fornecendo um contexto teórico e prático para os dados obtidos.

A pesquisa foi realizada com base em consultas no Google Acadêmico, onde foram utilizadas diversas palavras-chave relevantes para o tema em questão. As palavras-chave incluíram “redes de drenagem pluvial”, “saneamento básico no Brasil”, “abertura de valas para tubulações”, “método não destrutivo em instalações de tubulações”, “método destrutivo em instalações de tubulações” e “comparativo entre MND e MD para instalações de redes”.

Para cada uma das palavras-chave, foram selecionadas 10 publicações, baseando-se nos títulos mais relevantes. A seleção foi criteriosa, priorizando artigos que abordavam de maneira direta e eficaz os tópicos centrais da pesquisa. Após a

seleção inicial de 60 publicações, foi realizada uma leitura detalhada para identificar os artigos que melhor contribuem para o desenvolvimento do tema.

Dessa leitura minuciosa, foram escolhidas 22 publicações que apresentavam informações consistentes e pertinentes para a análise proposta. Estas publicações forneceram um embasamento teórico sólido e dados relevantes para a construção do comparativo entre os métodos MND e MD.

Através da coleta de dados a partir da aplicação dos métodos, foi possível desenvolver uma análise que visou demonstrar e identificar as vantagens e desvantagens de ambos os métodos em termos de eficiência, custo, tempo de execução e impacto na população.

Os resultados obtidos com a análise quantitativa foram fundamentais para a avaliação do método mais eficaz e benéfico para a abertura de valas para a instalação de tubulações hidrossanitárias. Assim, a pesquisa não apenas proporcionou uma compreensão clara sobre a eficiência de cada método, mas também contribuiu para a discussão sobre melhores práticas na área de saneamento básico.

Por fim, os dados coletados e analisados serão apresentados em forma de gráficos e tabelas, facilitando a visualização das comparações e conclusões. A utilização de representações gráficas enriquecerá a discussão e permitirá uma interpretação mais clara dos resultados, tornando-os acessíveis e compreensíveis para um público mais amplo, incluindo profissionais da área e a comunidade em geral.

4-Estudo de caso

Este estudo de caso foi desenvolvido para comparar a eficiência e viabilidade de dois métodos distintos de abertura de valas para instalação de sistemas hidrossanitários: o método não destrutivo (MND), que utiliza a técnica de perfuração horizontal direcional (HDD) em conjunto com tubulações de polietileno de alta densidade (PEAD), e o método destrutivo tradicional, associado ao uso de tubulações em PVC ocre. Ambos os métodos foram analisados quanto à duração da execução, segurança, custo e impacto na vida cotidiana dos moradores.

Para realizar essa análise, selecionamos a Rua Coronel José Mendes, situada no bairro Santa Rita, em São João Nepomuceno, MG, com extensão aproximada de 54 metros, onde foi aplicado o MND, e hipoteticamente o MD. Entretanto, o solo da área, embora livre de rochas, apresenta desafios adicionais devido à presença de uma antiga rede de esgoto em manilhas, cuja localização influenciou o trajeto da nova rede, e no caso do MD teve uma interferência extra, que consiste nos muros de duas

residências. O projeto envolveu a passagem da tubulação no terreno de uma residência, cruzando a via e terminando no terreno de outra residência, uma situação que se deu pelo fato de ambas as propriedades estarem em áreas de servidão pertencentes à prefeitura.

Tal execução pelo MND foi concluída em dois dias, contabilizando a mobilização e desmobilização dos equipamentos necessários para a perfuração direcional. Já o MD foi estipulado uma duração estimada de 6 dias para o mesmo trecho, considerando a escavação e a reconstituição de todo o trecho analisado.

Os serviços de saneamento no município são gerenciados pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA), que, por meio do Consórcio de Saneamento de São João Nepomuceno, foi responsável pela execução da instalação da rede de drenagem urbana no local do estudo.

Este comparativo entre métodos visa, portanto, avaliar as vantagens e limitações de cada abordagem, contribuindo para futuras decisões no planejamento e implementação de infraestrutura hidrossanitária em áreas urbanas.

4.1-Execução pelo método não destrutivo

Inicialmente, para a execução pelo método não destrutivo, foram realizadas sondagens ao longo do trecho da via para verificar possíveis interferências. Durante esse processo, foi identificada uma rede desativada de manilhas a aproximadamente 46 metros do ponto de partida previsto para a instalação da nova tubulação.

O segundo passo no processo foi a realização da sinalização de segurança no local da obra. Foi feita a instalação de uma tela tapume e de quatro cones refletivos ao redor da área onde a máquina MND estava posicionada e do ponto de saída da perfuração. Essa sinalização teve como objetivo garantir a segurança dos trabalhadores e dos transeuntes, evitando o acesso indevido à zona de risco e permitindo que todos os envolvidos estivessem cientes das áreas de operação e dos limites da obra.

A tubulação utilizada consistiu em polietileno de alta densidade (PEAD) com diâmetro nominal de 160 mm é fornecido em barras de 6 metros, que foram dispostas no quintal da residência onde passa o interceptor ao qual a nova rede iria ser conectada. Para garantir a continuidade do sistema e a vedação adequada, foi necessária a soldagem por termofusão nas extremidades de cada barra, conforme mostra a figura 11 abaixo:

Figura 11: Soldagem por termofusão de tubulação PEAD.



Fonte: Dos autores, 2024.

De acordo com a figura 12 abaixo, para a execução da perfuração direcional horizontal (HDD), foi utilizada uma máquina modelo Vermeer D20x22 Série II, ano 2015, que possui capacidade de tração de aproximadamente 9.070 kg e força de empuxo de 4.535 kg. Essa máquina é capaz de realizar perfurações de até 610 metros de extensão em condições ideais e diâmetros máximos até 560 mm.

Figura 12: Máquina Vermeer D20x22 série II



Fonte: JJ KANE, 2024.

O alargador utilizado no processo de execução da perfuração tinha um diâmetro de 200 mm. Esse equipamento é empregado para aumentar o diâmetro do furo inicial realizado pela broca de perfuração, com o objetivo de criar um espaço adequado para a instalação da tubulação. O alargamento do furo ocorre de forma oposta à direção da perfuração original, ou seja, o alargador é puxado ao longo do trajeto do furo pilotado.

Como mostra a figura 13, a perfuração teve início no terreno de uma residência, localizado a 1,36 metros abaixo do nível da rua, o que apresentou um desafio logístico para o posicionamento do equipamento, visto que, o mesmo tem a largura superior a do portão de acesso. Para superar essa dificuldade, foi necessário contratar um caminhão munck para descarregar a máquina no local adequado, garantindo segurança e precisão no início da operação.

Figura 13: Perfuração direcional



Fonte: Dos autores,2024.

Devido à presença da rede desativada de manilhas, optou-se por um desvio na rota de perfuração, deslocando o trajeto 60 cm para a esquerda. Essa modificação permitiu evitar a interferência e criou o espaço necessário para a instalação segura da nova tubulação.

O primeiro e único furo foi realizado entre as estacas E1 + 13,85 m e E3 + 14 m, completando um trecho de 54 metros de rede instalada. O método não destrutivo mostrou-se eficiente ao preservar a superfície da via e reduzir o impacto social.

4.2- Execução pelo método destrutivo

Para realizar, hipoteticamente, a instalação da rede hidrossanitária pelo método destrutivo, é necessário elaborar, detalhadamente, o planejamento e cronograma, com o objetivo de minimizar os impactos sobre a população e, especialmente, sobre os moradores das residências localizadas ao longo do trecho de obra. Esse planejamento inclui não apenas o desenvolvimento das etapas de execução, mas também a programação de ações para garantir que os transtornos sejam reduzidos ao máximo.

Como primeira medida, é necessário emitir um comunicado ao Departamento Municipal de Trânsito, Transportes e Segurança (DEMUTS), solicitando autorização e orientando sobre a necessidade de fechamento da via ao tráfego por um período de seis dias, para a execução segura da obra.

Após conseguir a autorização necessária, a obra tem início com a sinalização completa da via, utilizando cinco placas de sinalização, duas telas tapume e seis cones refletivos colocados em todo o trecho, com o intuito de garantir a segurança da população e dos colaboradores. Em seguida, seria necessário realizar a sondagem, identificando eventuais interferências no subsolo, assim como fizemos no método não destrutivo (MND). A escavação da vala foi iniciada na estaca E1 + 13,85 m e estendeu-se até a estaca E3 + 14 m, totalizando um comprimento de 54 metros.

Durante a sondagem, assim como no MND foi detectado a presença de uma antiga rede de manilhas desativada, além de uma nova interferência que consiste nos muros das duas residências, que se situam em uma área de servidão pública, onde para removê-los seria necessário a autorização dos moradores, seguido do compromisso de reconstruí-los ao final.

Para realizar a abertura da vala, é necessário fazer o corte do pavimento asfáltico com o cortador de asfalto e também demolir os muros dos dois terrenos. Logo após, inicia-se a escavação com uma retroescavadeira realizando a abertura da vala parcialmente, onde, a largura considerada em nosso estudo teve em média 1,10 metro e 3,00 metros de profundidade. A tubulação que seria utilizada consiste em PVC ocre, com diâmetro de 150 mm, e os tubos seriam posicionados ao longo do trecho para facilitar o assentamento.

Logo após a vala aberta, é indicado instalar os escoramentos blindados, para garantir a segurança da equipe durante o assentamento dos tubos, como o modelo indicado na figura 14.

Figura 14: Escoramento blindado



Fonte: Dos autores,2024.

Dado o volume significativo de terra retirada, é necessário alugar um caminhão caçamba para transportar o material até o canteiro de obras, evitando o acúmulo ao redor da vala e reduzindo o risco de acidentes.

Já com a vala aberta e escorada com os blindados, é criada uma base de areia de 10 cm de espessura colocadas ao fundo para acomodar a tubulação de PVC, que seria assentada sobre essa base. Colocaríamos vaselina nas extremidades dos tubos para facilitar a conexão entre as peças, garantindo a vedação adequada.

Com a tubulação já instalada, retira-se o escoramento blindado com a ajuda da retroescavadeira e inicia-se o reaterro que foi realizado reutilizando o solo bom da própria vala, e complementado com material de aterro adicional, a qual a cada 25 cm de solo depositado na vala, é necessário utilizar um compactador e realizar a compactação do mesmo, como, o exigido na NBR 7182. É possível visualizarmos na figura 15, um exemplo de compactação.

Figura 15: Compactação do solo



Fonte: Dos autores, 2024.

Na etapa final, após o reaterro completo, é realizada a reconstrução do revestimento asfáltico da via e dos muros das residências. Todo o trabalho é cuidadosamente realizado para restaurar as condições originais do local, minimizando impactos aos moradores e garantindo a qualidade e segurança da instalação da nova rede.

4.3- Resultados obtidos

Os resultados deste estudo são fundamentados nos dados financeiros fornecidos pela empresa contratada, o Consórcio Saneamento de São João Nepomuceno, e consideram a planilha de gastos detalhada para cada método de construção: o método não destrutivo (MND) com perfuração horizontal direcional e o método destrutivo (MD) tradicional. A análise dos custos abrange não apenas o investimento direto em materiais e mão de obra, mas também considera o tempo de execução, o impacto na rotina local e a eficiência de cada abordagem na instalação da rede hidrossanitária.

Além dos custos diretos, avaliamos o impacto econômico de ambos os métodos sob uma perspectiva comparativa, levando em conta fatores como a necessidade de reposição do pavimento, a logística de remoção e transporte de material, e as implicações de cada método no cronograma da obra. Esses resultados são cruciais para uma compreensão completa dos aspectos econômicos e operacionais,

forneendo uma base sólida para a escolha entre o MND e o MD em projetos futuros com condições semelhantes.

4.3.1-Método não destrutivo

A tabela 1 apresenta o orçamento detalhado dos serviços executados pela concessionária englobando não apenas os serviços de perfuração, mas também os custos associados ao fornecimento de material, aluguel de equipamentos, sinalização e mão de obra.

Tabela 1: Custos dos serviços necessários para instalação de rede pelo método não destrutivo

ITENS	DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS	UNIDADES	VALOR UNITÁRIO	QUANTIDADE	TOTAL (R\$)
1	Perfuração direcional (soldagem e operador inclusos)	Metro (m)	R\$ 1.333,00	54	R\$ 71.982,00
2	Tubulação PEAD (160mm)	Un	R\$ 338,88	9	R\$ 3.049,92
3	Sondagem	Diária	R\$ 1.954,80	1	R\$ 1.954,80
4	Caminhão munck	Diária	R\$ 660,00	2	R\$ 1.320,00
5	Engenheiro	Diária	R\$ 650,00	2	R\$ 1.300,00
6	2 Ajudantes	Diária	R\$ 100,00	2	R\$ 200,00
7	Tela tapume	Un	R\$ 57,00	1	R\$ 57,00
8	Cone refletivo	Un	R\$ 35,20	4	R\$ 140,80
9	Técnico de segurança	Diária	R\$ 83,33	2	R\$ 166,66
VALOR TOTAL:					R\$ 80.171,18

Fonte: Dos autores, 2024.

O custo total do processo utilizando o MND, conforme o orçamento apresentado, foi de R\$80.171,18, que abrangeu diversas etapas do processo. A perfuração direcional foi o serviço que mais impactou no valor final, com um custo de R\$71.982,00, tal valor refere-se à perfuração de 54 metros para a instalação de tubulação de 160 mm acompanhada dos custos com soldagem e mão de obra. Esse montante reflete a complexidade do processo, evidenciando a precisão exigida na realização da perfuração e a atenção necessária para garantir que todo o trabalho fosse realizado de acordo com os padrões técnicos.

Além da perfuração, outro componente relevante do custo foi o fornecimento de nove tubos em PEAD (polietileno de alta densidade), que somaram R\$3.049,92. Também foi necessário realizar sondagens ao longo dos 54m, que tiveram um custo de R\$ 1.954,80, a sondagem foi essencial para conseguirmos identificar obstáculos subterrâneos, como, a rede de manilha antiga, evitando dessa forma, problemas que possam comprometer o andamento do trabalho ou a segurança da obra.

Outros custos associados ao projeto incluíram o aluguel de uma diária do caminhão munck para o transporte dos equipamentos, que representou R\$1.320,00 do custo total, e a utilização de objetos de segurança, como, uma tela tapume de 100m e quatro cones refletivos, que juntos somaram R\$ 197,50. Esses valores são

fundamentais para assegurar que a obra fosse realizada de forma segura e eficiente, dentro das exigências técnicas.

Foi necessário a contratação de dois ajudantes, um técnico de segurança e um engenheiro, pelo período de dois dias, que equivalem ao valor de R\$ 1.666,66. Os ajudantes auxiliaram na preparação do local, no manuseio dos materiais e na realização de testes e limpeza, já o técnico de segurança garantiu o seguimento das normas de segurança exigidas, e o engenheiro foi o responsável pela criação do planejamento e monitoria da execução dos procedimentos.

Esses custos evidenciam que, apesar do método não destrutivo exigir um investimento inicial relativamente alto, ele oferece vantagens consideráveis. A principal delas é a preservação da infraestrutura existente, sem a necessidade de escavações extensivas, o que reduz o impacto social, como o fechamento de vias e os transtornos para a comunidade. Além disso, o tempo de execução do projeto foi significativamente reduzido, o que contribuiu para a diminuição de custos indiretos.

4.3.2-Método destrutivo

A tabela 2 apresenta o orçamento detalhado dos serviços hipotéticos executados pela concessionária englobando custos associados ao fornecimento de material, aluguel de equipamentos, sinalização e mão de obra.

Tabela 2: Custos dos serviços necessários para instalação de rede pelo método destrutivo

ITENS	DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS	UNIDADES	VALOR UNITÁRIO	QUANTIDADE	TOTAL (R\$)
1	Retroescavadeira (operador e gasolina inclusos)	Metro (m)	R\$ 76,56	54	R\$ 4.134,24
2	Tubulação PVC ocre (150mm)	Un	R\$ 56,00	9	R\$ 504,00
3	Sondagem	Metro (m)	R\$ 36,20	54	R\$ 1.954,80
4	Caminhão	Diária	R\$ 266,66	6	R\$ 1.599,96
5	Caminhão caçamba	Diária	R\$ 287,00	6	R\$ 1.722,00
6	Placa de sinalização	Un	R\$ 380,00	5	R\$ 1.900,00
7	Tela tapume	Un	R\$ 57,00	2	R\$ 114,00
8	Cones refletivos	Un	R\$ 35,20	6	R\$ 211,20
9	Recomposição asfáltica	Metro ² (m ²)	R\$ 75,00	10,5	R\$ 787,50
10	Escoramento blindado	Un	R\$ 7.750,00	2	R\$ 15.500,00
11	Material para aterro	Metro ³ (m ³)	R\$ 40,00	12	R\$ 480,00
12	Cortador de asfalto (gasolina inclusa)	Diária	R\$ 48,00	4	R\$ 192,00
13	Compactador (gasolina inclusa)	Diária	R\$ 46,00	5	R\$ 230,00
14	Encarregado	Diária	R\$ 166,66	6	R\$ 999,96
15	Encanador	Diária	R\$ 100,00	5	R\$ 500,00
16	4 Ajudantes	Diária	R\$ 200,00	6	R\$ 1.200,00
17	Engenheiro	Diária	R\$ 650,00	6	R\$ 3.900,00
18	Tecnica de segurança	Diária	R\$ 83,33	6	R\$ 499,98
VALOR TOTAL:					R\$ 36.429,64

Fonte: Dos autores, 2024.

A aplicação do método destrutivo na instalação da rede hidrossanitária gerou um custo total inicial de R\$36.429,64. Este valor reflete a complexidade do método e a quantidade de recursos empregados, incluindo máquinas, mão de obra e materiais de segurança.

A utilização de uma retroescavadeira, com operador e combustível incluídos, foi paga através da metragem total de 54m, onde custou R\$4.134,24, sendo essencial para a escavação da vala e acesso ao subsolo. A tubulação de PVC ocre de 150 mm, fornecida em 9 unidades, teve um custo total de R\$504,00, sendo está o material necessário para a condução dos fluidos. Além disso, a sondagem para detecção de interferências subterrâneas custou R\$1.954,80, uma etapa crítica para assegurar que o processo de escavação ocorresse sem acidentes.

Para a retirada do pavimento, foi necessária a utilização de um cortador de asfalto, cujo aluguel, incluindo a gasolina, teve um custo de R\$192,00.

Para a movimentação de equipamentos e materiais, foram necessários caminhão e caçamba, com custos de R\$1.599,96 e R\$1.722,00, respectivamente. Como o método destrutivo envolve a escavação direta do solo foi necessário a implementação de material para aterro para preenchimento da vala com o custo de R\$480,00 e a utilização de um compactador que o custo do aluguel incluindo a gasolina gasta foi R\$230,00, por fim a recomposição asfáltica foi necessária após o assentamento da tubulação, o que gerou um custo adicional de R\$787,50 para cobrir 10,5 m² de área. Outro elemento importante foi a utilização de dois escoramentos blindado (1m x 5m), fundamental para garantir a estabilidade das laterais da escavação que chegou a altura máxima de 3,00 metros, custando R\$15.500,00.

Além dos custos diretos de operação e materiais, a segurança foi uma prioridade no projeto, com a instalação de placas de sinalização (R\$ 1.900,00), tela tapume (R\$ 114,00), cones refletivos (R\$ 211,20) e a presença de uma técnica de segurança no local (R\$ 499,98). Esses itens foram essenciais para proteger os trabalhadores e os pedestres ao redor da obra.

A mão de obra envolveu engenheiros, encarregados, encanadores e ajudantes, com um custo total de R\$6.599,96. A presença de um engenheiro (R\$3.900,00) foi essencial para garantir o cumprimento das normas técnicas, enquanto a equipe de apoio participou diretamente das atividades de escavação e montagem da tubulação.

Na situação descrita no estudo de caso, foi necessário reconstruir dois muros que foram necessários serem derrubados, na tabela 3 é apresentado o orçamento detalhado para a reconstrução do mesmo.

Tabela 3: Custos dos serviços necessários para reconstrução de muros dos moradores

ITEM	DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS	UNIDADE	VALOR UNITÁRIO	QUANTIDADE	TOTAL (R\$)
1	Concreto FCK 25	Metro ² (m ²)	R\$ 500,00	12	R\$ 6.000,00
2	Bloco de cimento	Un	R\$ 3,45	421	R\$ 1.452,45
3	Aço CA-50 16mm	Un	R\$ 214,90	8	R\$ 1.719,20
Valor total:					R\$ 9.171,65

Fonte: Dos autores, 2024.

A reconstrução dos muros apresentou um custo total de R\$9.171,65, envolvendo a utilização de materiais específicos como concreto, blocos de cimento e barras de aço, essenciais para a construção de estruturas seguras e duráveis.

O concreto com resistência FCK 25, utilizado para garantir a resistência estrutural em áreas específicas da obra, gerou um custo de R\$6.000,00, considerando a aplicação de 12 m². Este concreto foi fundamental em áreas que exigem maior resistência, proporcionando uma base sólida e estável para suportar cargas estruturais.

Além disso, foram empregados 421 blocos de cimento, com um valor total de R\$1.452,45, essenciais para a reconstrução de 6 m e 8 m de muro. A escolha dos blocos de cimento contribui para a estabilidade da estrutura e oferece uma boa relação custo-benefício na composição das paredes e divisórias.

Para reforçar as estruturas, especialmente em pontos de maior exigência de resistência, foi utilizado aço CA-50 de 16 mm. Esse material, com um custo total de R\$1.719,20, é ideal para absorver tensões e reforçar a estrutura, garantindo maior segurança e estabilidade ao conjunto da obra.

A aplicação dos custos do método destrutivo na instalação da rede hidrossanitária em conjunto com o orçamento dos serviços necessários para reconstrução dos dois muros de moradores, somam um total de R\$30.172,71.

Em resumo, o método destrutivo, embora eficiente e com um custo competitivo, demanda maior uso de materiais robustos para garantir a integridade das estruturas e maior mobilização de colaboradores. Contudo, ele se mostra adequado para projetos onde a resistência e durabilidade são prioritárias, mesmo que a intervenção cause maiores impactos na área de execução.

4.3.3-Comparativo entre os resultados obtidos no MND x MD

A comparação entre os métodos destrutivo e não destrutivo de instalação de redes hidrossanitárias revela diferenças significativas, tanto no aspecto financeiro quanto nos impactos operacionais e sociais de cada abordagem. O MND, que utiliza perfuração horizontal direcional, apresentou um custo total de R\$79.304,50, refletindo a complexidade e a precisão necessárias para evitar danos à infraestrutura existente. Esse método inclui gastos elevados com perfuração, sondagens para detecção de interferências e segurança no local, mas minimiza a necessidade de escavações e reduz o tempo de execução, o que limita transtornos à comunidade e interfere menos na rotina urbana.

Por outro lado, o método destrutivo, ao recorrer à escavação tradicional, gerou um custo inicial mais baixo, totalizando R\$21.001,06, e inclui despesas com equipamentos, como a retroescavadeira, mão de obra especializada e materiais de escoramento para a escavação. Entretanto, as intervenções são mais invasivas, exigindo a remoção e o reaterro do pavimento, além da reconstrução de dois muros residenciais, o que elevou o custo total da obra para R\$30.172,71. Esse método gera impactos mais perceptíveis na rotina dos moradores e no tráfego, demandando maior tempo para reconstituição da área.

Em relação a viabilidade, a escolha do método depende das características do local e das prioridades do projeto. Em ambientes urbanos com grande densidade populacional, o MND se mostra vantajoso, mesmo com custo elevado, devido à menor interferência no tráfego e à preservação da estrutura urbana. O método destrutivo, por sua vez, é mais indicado para locais onde as restrições de impacto urbano são menos críticas, sendo economicamente atrativo, mas exigindo maior planejamento para mitigar os transtornos e riscos associados ao processo de escavação direta.

5-Conclusão

Com base na análise realizada no trabalho, conclui-se que o método não destrutivo (MND) e o método destrutivo (MD) apresentam vantagens e desafios específicos, variando conforme as necessidades e características do projeto.

O MND se destaca por ser mais sustentável e menos invasivo, minimizando impactos ambientais e sociais, no cotidiano da população. No entanto, requer um investimento inicial mais elevado e equipamentos especializados, o que pode limitar sua adoção em determinados contextos.

Por outro lado, o MD apresenta custos iniciais menores e maior simplicidade operacional, e uma maior duração das obras. Assim, a escolha do método mais adequado deve considerar fatores como custo-benefício, segurança e viabilidade técnica.

Portanto, promover a adoção de métodos não destrutivos em projetos urbanos, quando possível, contribui para a sustentabilidade e qualidade de vida da população, enquanto o método destrutivo pode ser mais indicado para situações em que os impactos são menos críticos ou o custo inicial é determinante.

Referências

- ABNT (2023). *Execução de Obras Lineares para Transporte de Água Bruta e Tratada, Esgoto Sanitário e Drenagem Urbana, Utilizando Tubos Rígidos, Semirrígidos e Flexíveis*. NBR 17015/2023. Rio de Janeiro, 2023.
- ABRATT. *Guia de método não destrutivo, para instalações, recuperação, reparo e substituição de redes, dutos e cabos subterrâneos com o mínimo de escavação*. Associação Brasileira de Tecnologia não destrutiva. Barra Funda, São Paulo. 2007.
- 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, 2013.
- ALMEIDA, J. S. *Estudo comparativo entre método destrutivo e não destrutivo aplicados em redes de saneamento urbano*. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Engenharia Consultiva) – Faculdade Ari de Sá, Fortaleza, 2022.
- BAPTISTA, D. C. et al. *Método não destrutivo como atenuador dos impactos sociais em obras de saneamento: estudo de caso envolvendo análise em campo*. 2022.
- CARVALHO, C. *Infraestrutura urbana*. Prefeitura de São Bernardo do Campo. São Bernardo do Campo, São Paulo, 2013.
- CORAL, D. *Comparativo entre perfuração direcional horizontal (MND) x método destrutivo (vala), para implantação de rede de gás natural urbana*. 2015. Requisito parcial para obtenção do Título de Engenheiro Civil - Universidade do Extremo Sul Catarinense.
- 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. 231 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- DRÖSEMAYER, A. *Contribuição ao estudo da execução de túneis em “pipe jacking”*. 2004. 173 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro.

GOMES, G. W. O. *Avaliação técnica entre métodos não destrutivos e métodos destrutivos aplicados em tubulações de esgotamento sanitário*. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Censo 2022: rede de esgoto alcança 62,5% da população, mas desigualdades regionais e por cor e raça persistem*. Agência de Notícias, Rio de Janeiro, 30 nov. 2022. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/39237-censo-2022-rede-de-esgoto-alcanca-62-5-da-populacao-mas-desigualdades-regionais-e-por-cor-e-raca-persistem>. Acesso em: 2 dez. 2024.

INSTITUTO TRATA BRASIL. *Trata Brasil*. São Paulo, 27 nov. 2024. Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/>. Acesso em: 2 dez. 2024.

LIMA, S. C. R. B. de; MARQUES, D. H. F. *Evolução e perspectivas do abastecimento de água e do esgotamento sanitário no Brasil*. Brasília, DF: CEPAL. Escritório no Brasil/IPEA, 2012. (Textos para Discussão CEPAL-IPEA, 47). 50 p.

NR 18 – *Segurança e Saúde no Trabalho na Indústria da Construção* - Redação dada pela Portaria SEPRT n.º 3.733, de 10 de fevereiro de 2020.

NUVOLARI, A. *Esgoto Sanitário Coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola*. São Paulo. Editora Edgard Blücher Ltda. (1ª Ed.), 2003, 520p.

PAIVA, H. S. A de. *Comparativo entre os métodos de perfuração direcional horizontal e abertura de valas para instalação de redes subterrâneas*. 2020.

RIGHI, R. B. S.. *Recuperação e implantação de redes subterrâneas pelo método não destrutivo: perfuração horizontal direcional*. 2015.

SABESP (COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO). *Métodos inovadores são utilizados para troca e recuperação de redes, adutoras e ramais*. 2016.

SANTOS, R. A. B. R. *Execução de drenagem urbana através de método não destrutivo*. 2023.

SILVA, Sara Rebeca Costa da. *Método não destrutivo em alternativa ao método convencional para a execução de redes coletoras de esgotos*. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

STANZANI, B. et al. *Método não destrutivo de instalação de tubulações comparado ao método convencional: um estudo de caso*. 2022.

STANZANI, B. *Método não destrutivo de instalação de tubulações comparado ao método convencional*. 2020. Requisito parcial para obtenção do Título de Engenheiro Civil – Universidade São Francisco, Bragança Paulista, São Paulo.