



CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA CONSULTIVA

JACKELINE SOUSA ALMEIDA

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE MÉTODO DESTRUTIVO E NÃO
DESTRUTIVO APLICADOS EM REDES DE SANEAMENTO URBANO**

FORTALEZA

2022

JACKELINE SOUSA ALMEIDA

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE MÉTODO DESTRUTIVO E NÃO DESTRUTIVO
APLICADOS EM REDES DE SANEAMENTO URBANO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial à
obtenção do título de Especialista em
Engenharia Consultiva pela Faculdade Ari
de Sá.

Aprovado(a) em: ___/___/___

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me./Dr. (Nome do Avaliador)
Nome da Faculdade/Universidade do Avaliador
[não preencher]

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE MÉTODO DESTRUTIVO E NÃO DESTRUTIVO APLICADOS EM REDES DE SANEAMENTO URBANO

ALMEIDA, Jackeline Sousa

RESUMO

Na instalação de redes de água e esgoto, analogamente ao método de abertura de vala, os métodos não destrutivos reduzem ou até mesmo eliminam a necessidade de escavação do solo, além de manter a integridade da estrutura do pavimento, e diminuem os transtornos sociais e ambientais. Este artigo possui o objetivo de aplicar os métodos destrutivos e não destrutivos utilizando diferentes diâmetros, empregando tubos de Polietileno de Alta Densidade (PEAD), para se comparar os custos totais, que incluem os custos sociais e os custos diretos, a partir da utilização de uma proposta de simulação de uma via urbana, com extensão de cem metros e sua posterior avaliação de viabilidade técnico-econômica. Os resultados obtidos retrataram que os custos sociais de implantação de redes de água e esgoto, apresentam maior representatividade no custo total da obra, quando se utiliza o método destrutivo, variando de acordo com diâmetro utilizado, cerca de 36% a 50%, enquanto no método não destrutivo de perfuração direcional horizontal, essa variação é de 7,8% a 19% do valor total da obra. Embora o Método Não Destrutivo de Perfuração Horizontal Dirigida (MND-HDD) apresente redução nos transtornos ambientais e sociais ligados à sua execução, mostrou custo direto superior, sendo, em média, 40% mais dispendioso que o Método Destrutivo (MD). Diante dos resultados atingidos, pode-se concluir que o método de abertura de vala apresenta maior viabilidade técnica econômica quando se considera apenas o custo direto de construção.

Palavras-chave: Método destrutivo de abertura de vala. Métodos não destrutivos. Perfuração direcional horizontal. Comparativo de custos.

ABSTRACT

In the installation of water and sewage networks, similarly to the trenching method, non-destructive methods reduce or even eliminate the need for soil excavation, in addition to maintaining the integrity of the pavement structure and reducing social and environmental disorders. This article aims to apply destructive and non-destructive methods using different diameters, using High Density Polyethylene (HDPE) tubes, to compare the total costs, which include social costs and direct costs, from the use of a proposal to simulate an urban road, with a length of one hundred meters and its subsequent assessment of technical and economic feasibility. The results obtained portrayed that the social costs of implementing water and sewage networks are more representative in the total cost of the work, when the destructive method is used, varying according to the diameter used, about 36% to 50%, while in the non-destructive method of horizontal directional drilling, this variation is from 7.8% to 19% of the total value of the work. Although the Directed Horizontal Drilling Non-Destructive Method (MND-HDD) presents a reduction in environmental and social disorders related to its execution, it showed a higher direct cost, being, on average, 40% more expensive than the Destructive Method (MD). In view of the results achieved, it can be concluded that the trench opening method presents greater technical and economic feasibility when considering only the direct cost of construction.

Keywords: Destructive trenching method. Non-destructive methods. Horizontal directional drilling. Cost comparison.

1 INTRODUÇÃO

O crescimento populacional e o desenvolvimento econômico do País evidenciaram problemas em um dos setores indispensáveis à população: o saneamento básico. Por se tratar de uma obra de infraestrutura realizada, geralmente, por escavações subterrâneas, essas não são priorizadas pelo Poder Público, pois não possuem grande representatividade política, passando despercebidas à população. Analisando-se, por essa perspectiva, pode-se afirmar que o atraso na execução das redes de saneamento no contexto das grandes cidades, afeta, principalmente, à saúde pública das classes menos favorecidas da sociedade brasileira.

Além disso, os impactos ambientais causados pela ausência de saneamento básico em conjunto com os resíduos sólidos oriundos dos processos construtivos de obras e serviços diversos, quando não reaproveitados ou reciclados adequadamente contribuem diretamente para deterioração dos recursos naturais devido a geração dos passivos ao longo do tempo.

Dessa forma, é perceptível a necessidade da elaboração de projetos e a aplicação de desenvolvimentos tecnológicos na execução de obras para abastecer à população desse serviço. Do ponto de vista técnico e construtivo, a implantação de dutos da rede de saneamento, ocorre por dois modos: método destrutivo e método não destrutivo.

O método amplamente empregado no Brasil é o destrutivo. Essa técnica não apresentou melhorias no seu desenvolvimento construtivo ao longo dos anos, além de possuir um demorado tempo de execução, visto que as etapas para sua realização demandam maior número de equipamentos, mão de obra e etapas de serviços. O método consiste na abertura de trincheiras para o lançamento de tubos nas valas com um assentamento composto de materiais especificados, reaterro e compactação das valas. Os serviços de corte de pavimentos e restauração de passeios também são envolvidos na realização desses serviços. Apesar da segurança técnica que o método oferece por ser tradicionalmente utilizado, existem transtornos sociais e ambientais intrinsicamente associados ao seu procedimento de execução, como por exemplo, geração de resíduos e em áreas urbanas de trânsito intenso, congestionamentos e

desvio de tráfego, além das constantes intervenções de reparos e manutenções na infraestrutura viária. (DEZOTTI, 2008).

Buscando-se uma alternativa para amenizar as dificuldades do método destrutivo foi desenvolvida a técnica do método não destrutivo, empregado extensamente por países com maior nível de desenvolvimento que o Brasil, que possui execução em pequena escala, visto que a falta de especializações construtivas gera insegurança à execução. A técnica consiste na diminuição da necessidade de escavação, o que implica em menor transtorno provocado, sobretudo em centros urbanos, já que reduz os serviços para execução da obra e, por consequência, o seu custo global (CARVALHO, 2013).

A Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará (CAGECE) é a empresa responsável pelo saneamento básico do estado, com execução dos serviços de implantação dos dutos da rede de água potável e saneamento, em sua maioria, ainda pelo método destrutivo. Paralelamente a essa realidade, segundo SABESP (2016), a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) utiliza como método principal de execução de suas obras o método não destrutivo.

Segundo a ABRATT (2017), análises e investigações minuciosas de campo são fundamentais para todos os empreendimentos ligados à prática de Engenharia Civil, principalmente quando se trata de obras de infraestrutura, pois elas necessitam realizar atividades subterrâneas, onde as chances de se encontrar imprevistos são relativamente maiores. As diversas técnicas construtivas disponíveis podem diminuir consideravelmente os riscos de encontrar eventualidades indesejadas, durante a instalação, recuperação ou reparo de redes por método não destrutivo (MND).

O método não destrutivo, por sua vez, apresenta a possibilidade de amenizar os impactos gerados pelo método destrutivo, pois diminuem a perturbação no tráfego, áreas de congestionamento, espaços subterrâneos necessários para implantação dos dutos. Além de diminuir ou até mesmo eliminar a necessidade de escavações a céu aberto. (DROSEMEYER, 2004).

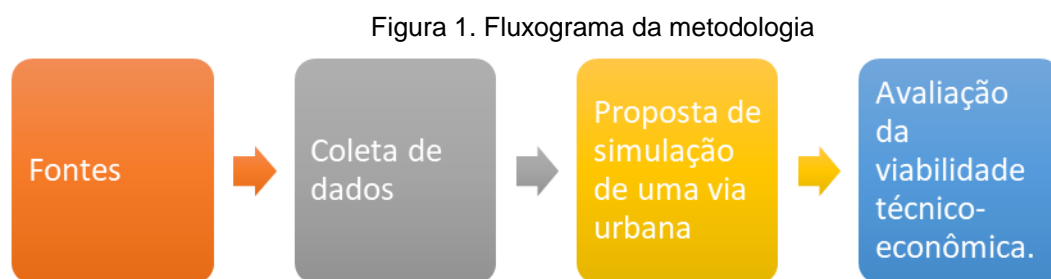
Analisar a viabilidade técnica e econômica dos métodos pode acarretar a diminuição de custos com a manutenção a médio e longo prazos e assegurar a redução dos problemas gerados nas vias urbanas, contribuindo, assim, para a tomada de decisão acerca do método de execução mais viável.

Desse modo, o objetivo geral deste trabalho é comparar as principais características executivas, de custos e de manutenção ao longo do tempo entre os

métodos destrutivos e não destrutivos aplicados em redes de saneamento de grandes centros urbanos. Como objetivos específicos podem ser listados: (i) identificar as principais vantagens e desvantagens do emprego dos métodos destrutivo e não destrutivo no contexto de saneamento urbano; (ii) avaliar a viabilidade técnica e econômica dos métodos e (iii) analisar os impactos sociais e ambientais gerados pela implantação entre os métodos.

2 METODOLOGIA

Este trabalho foi desenvolvido com uma pesquisa exploratória, por meio de uma revisão bibliográfica dos principais temas que estão sendo abordados, presentes em livros, teses, dissertações e artigos. Além disso, houve a escolha de uma hipotética via urbana, utilização de tabelas de custos unitários para a composição de custos de implantação de redes de água e esgoto. O processo foi esquematizado na Figura 1.



Fonte: A autora

As concessionárias de rede de água e esgoto utilizadas para análise de seus métodos de execução e base de dados de custos e manutenção, que abordam os métodos destrutivos e não destrutivos aplicados nas redes de saneamento urbano, são respectivamente: A Companhia de Água e Esgoto do Ceará e a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, ambas no cenário urbano.

2.1 COLETA DE DADOS

A coleta de dados seguirá a seguinte ordem:

a) uma pesquisa no ano de 2019 de bases de dados em instituições e órgãos públicos que forneceram informações acerca dos custos com materiais, equipamentos, mão de obra na implantação. A Secretaria de Infraestrutura (SEINFRA, 2019), Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES, 2017), Associação Brasileira de Tecnologia Não Destrutiva (ABRATT,2017);

b) o tratamento de dados coletados foi feito em função de uma simulação de uma via urbana de extensão de cem metros, que possui a mesma estrutura de camadas do pavimento, de tráfego e localização para que se possa comparar os métodos nas mesmas condições, por meio de variáveis como custos de implantação.

2.2 PROPOSTA DE SIMULAÇÃO DE UMA VIA URBANA

Foi realizado por meio do comparativo de custos entre métodos não destrutivos (MND) por perfuração horizontal direcional com o método destrutivo tradicional para sistemas de infraestrutura hidráulica em Polietileno de Alta Densidade (PEAD), material empregado devido às suas adequadas características mecânicas diante dos esforços necessários para a inserção da tubulação. Objetivando o estudo dos custos de implantação de linha sob pressão em PEAD utilizando o MND, foi utilizado como premissa a profundidade média de 1,5 m a 2,0 m, terreno com tipo de solo com ausência de interferência e solo rochoso.

Para método destrutivo, foi considerado a mesma profundidade, escavação em solo não rochoso e uma largura de vala que varia de acordo com o diâmetro da tubulação a ser assentada e dos parâmetros estabelecidos pela norma da NBR 12266 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1992). Para ambos os métodos, em uma obra de sistemas de infraestrutura urbana de saneamento incluindo os custos tangíveis e intangíveis, tendo como segmento de aplicação a adução e ou distribuição de água para abastecimento público e redes esgoto no contexto urbano.

Considerando um traçado de extensão de 100 metros, por ser uma extensão obtida com mais facilidade na instalação da tubulação pelo método HDD nos diâmetros considerados para a comparação.

Vale salientar fatores que devem ser levados em consideração para que possa se realizar o comparativo da implantação de linhas sobre pressão para os sistemas de infraestrutura hidráulica:

- a) os diâmetros usados para determinação dos custos comparativos são: 160 mm; 225 mm; 280 mm; 355 mm e 400 mm;
- b) o estudo para métodos não destrutivos leva em consideração as mesmas premissas da obra executada em método destrutivo, considerando sempre as particularidades de cada método;
- c) os valores que foram usados para o método da Perfuração Horizontal Dirigida (HDD) foram baseados nos valores que foram disponibilizados pela Associação Brasileira de Tecnologia Não Destrutiva (ABRATT, 2017);

No que tange às condições de projeto, deve-se satisfazer os seguintes pré-requisitos:

- a) vazões e velocidade: adotado de maneira em que não altere a eficiência do sistema e não sejam determinantes em comparação aos diâmetros, para que haja comparação mais justa e aproximada;
- b) blocos de ancoragem: especificados para cada curva quando necessário no sistema, suas dimensões foram determinadas em função do desenho padrão dos blocos de ancoragem definidos pela ABES;
- c) escoramento: é devido à complexidade variante da execução da obra pela grande incidência de algumas tipologias em projetos desse porte, foram consideradas duas situações distintas sendo pontalete e contínua;
- d) instalação: assentamento direito;
- e) profundidade: 1,50 m e 2,0 m conforme recomendações de recobrimento mínimo da SABESP e de alguns fabricantes. As profundas serão consideradas constantes ao longo do traçado;
- f) largura da vala: varia de acordo com os diâmetros e se possui necessidade de escoramento ou não.

Realizou-se uma análise com o objetivo de classificar e ordenar as informações contidas nas fontes bibliográficas, de forma a ser o mais fidedigno possível na simulação, para que fosse viável a obtenção de retornos aos problemas da pesquisa.

2.3 AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE TÉCNICO- ECONÔMICA

Esta etapa foi realizada por meio da análise de tabelas que possuem composições de custos de matérias e serviços, tanto do método destrutivo, quanto do método não destrutivo, gerados a partir da coleta de dados. As informações fornecidas foram trabalhadas de acordo com as necessidades de projeto e especificações da simulação de uma via urbana.

Os custos tangíveis se referem aos custos de execução como sinalização e segurança, demolição do pavimento, escavação, escoramento e os demais custos envolvidos no processo de implantação. Foi realizado o orçamento a partir da quantificação das etapas construtivas, utilizando a tabela de preços da Seinfra (2019) e cotações da empresa Sistemas Urbanos (2017), foram utilizados levantamentos quantitativos que consideram o custo com BDI.

Para os custos intangíveis, foram considerados os custos sociais ou indiretos utilizados pela metodologia desenvolvida por Dezzoti (2008).

Foram elaborados utilizando o software Microsoft Excel, para cada método, gráficos de custos/m versus diâmetro, sendo utilizados os diâmetros mais utilizados nas redes de distribuição de água e esgoto, visando a maior aplicabilidade da comparação dos custos. Além disso, foram elaborados gráficos de setores com os custos de execução para cada método supracitado. Por fim, foram elaborados de custos totais/m versus diâmetro, estes custos consideram os custos intangíveis.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 1 mostra o orçamento discriminado dos serviços pagos pelas concessionárias de água, para instalação de redes de distribuição de água pelo método destrutivo com tubulação PEAD, este orçamento é realizado considerando as etapas construtivas: demolição do pavimento, escavação de valas, escoramento de valas, reaterro manual, reaterro mecanizado, regularização e restauração do pavimento.

Tabela 1. Custos de serviços de instalação de rede de água e esgoto pelo método

Item	Serviço	Unidade	Quantidade	Valor	Valor
				Unitário	Total
				(R\$)	(R\$)
1	Demolição de pavimentação asfáltica	m ²	0,75	15,91	11,93
2	Escavação mecanizada de vala com prof. maior que 1,5 até 3,0 m.	m ³	1,125	9,24	10,40
3	Escoramento de valas com prof. acima de 2 m.	m ²	1,5	15,62	23,43
4	Reaterro de vala com compactação manual	m ³	0,45	25,09	11,29
5	Reaterro mecanizado de vala, com prof. de 1,5 a 3,0	m ³	0,675	19,03	12,85
6	Regularização e compactação da base	m ²	0,75	1,21	0,91
7	Restauração (asfalto c=CBUQ)	m ³	0,1125	682,46	76,78
8	TUBOS DE PEAD 160mm	m	1	472,98	472,98
				Total	620,55

Fonte: A autora

O cálculo dos serviços de execução da rede de distribuição de água pelo método da abertura de valas totalizou R\$ 620,55, para uma rede de um metro de extensão. O item 1 corresponde ao serviço de demolição de pavimentação asfáltica com espessuras de até 15 cm, utilizando martetele perfurador, sendo o seu custo igual a R\$ 11,9325/m.

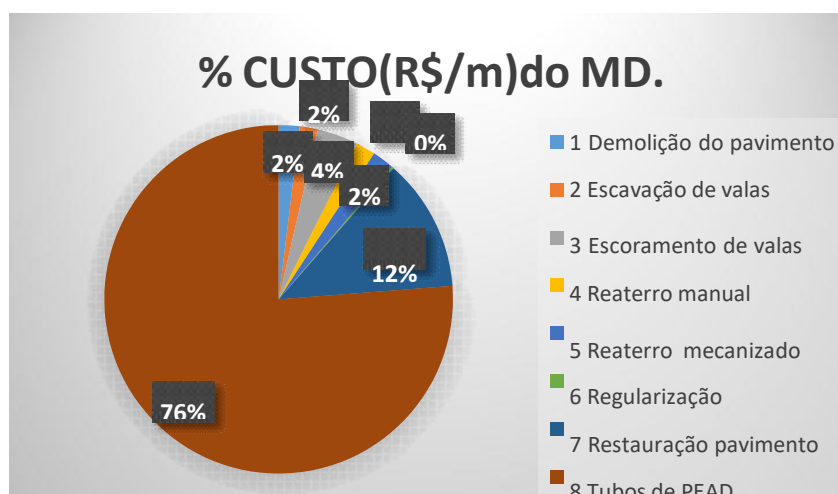
O item 2 engloba escavação de vala utilizando escavadeira hidráulica em solo de 1º categoria, totalizando o valor de R\$ 10,395/m. O escoramento de valas, item 3, utiliza estruturas para escoramento de valas com profundidade acima de 2 m, somando R\$ 23,43/m.

O item 4, reaterro de vala com compactação manual, refere-se a camada compactada manualmente até a altura do da tubulação 0,60 m para o caso, totalizando R\$ 11,2905/m. O item 5 constitui o reaterro da altura restante utilizando escavadeira hidráulica somando R\$ 12,84525/m. Para os itens 4 e 6 foram considerados os serviços de compactação vibratória.

O item 7 equivale ao serviço de reconstrução da pavimentação com aplicação de Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) com espessura de 5 cm incluindo a camada de rolamento, sendo seu custo igual R\$ 76,77/m³. E, finalmente o item 8 corresponde à tubulação escolhida para atender ao método e as especificidades da obra sendo o seu custo igual a R\$ 472,98/m.

As composições de custos realizadas para as obras desse segmento apresentam os mesmos itens considerados acima variando apenas profundidade largura da vala escavada características atreladas à variação de preços unitários de serviços específicos também discriminados nas tabelas do Sistema Nacional de Preços e Índices (SINAPI) e da Secretaria de Estado de Infraestrutura (SEINFRA). O Gráfico 1 a porcentagem dos custos das etapas construtivas do método destrutivo.

Gráfico 1. Porcentagem dos custos das etapas construtivas do método destrutivo



Fonte: A autora

A Tabela 2 e o Gráfico 2 apresentam, respectivamente, o orçamento detalhado em custos (R\$/m) pelo método não destrutivo - perfuração horizontal dirigida (MD-HDD), para o diâmetro de 160 mm e a porcentagem dos custos das etapas construtivas do método supracitado. Foi realizado o orçamento tendo como base os índices, tabelas de preços unitários e editais de licitações, da Empresa

Municipal de Obras e Projetos (EMOP, 2017) e DRACHMA, empresa do estado do Rio de Janeiro especializada na execução deste método.

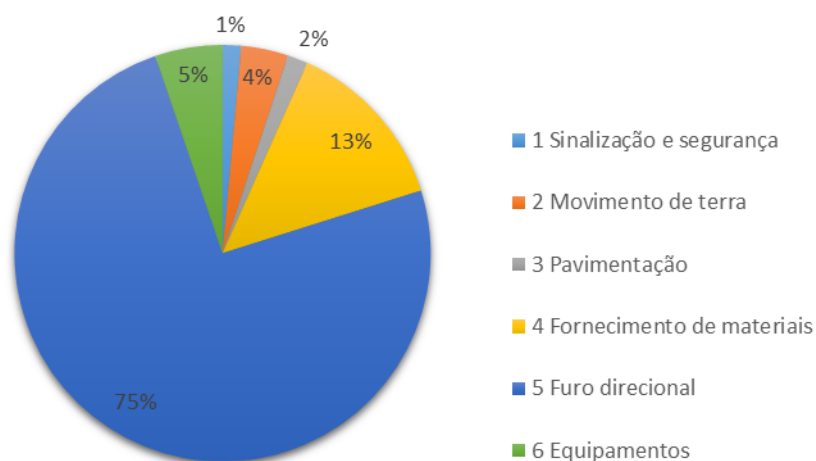
Tabela 2. Custo para execução por Método Destrutivo - HDD

Item	Serviços	Unidade	Total (R\$)	% do Custo
1	Sinalização e segurança	m ²	7,83	1,43
2	Movimentação de terra	m ³	20,13	3,67
3	Pavimentação	m ²	8,58	1,57
4	Fornecimento de materiais	m ³	73,83	13,47
5	Furo direcional	m ³	409,00	74,62
6	Equipamentos	m ²	28,73	5,24
Total (R\$)			548,11	
Total (BDI-16%)			635,80	

Fonte: ABES; AESABESP (2017)

Gráfico 2. Porcentagem dos custos das etapas construtivas do método não destrutivo.

% CUSTO(R\$/m) do MND.



Fonte: A autora

A Tabela 3 representa o levantamento dos custos intangíveis realizados tendo como base o mesmo contexto utilizado para o levantamento dos custos tangíveis/diretos. Foram utilizados os custos ligados a interdição de uma faixa de tráfego, tanto para o método de abertura de valas, quanto para o método não destrutivo- perfuração horizontal dirigida (MD-HDD). Tendo como premissa que não há significativas diferenças nos custos sociais, quando se varia os diâmetros, para o

assentamento de 100 m de tubulação PEAD, pela abertura de valas a céu aberto foi considerado o período de 40 horas, considerando uma produção diária de 25 metros em 10 horas de trabalho, totalizando 4 dias para a execução da rede.

Tabela 3. Custos sociais para interdição de uma faixa de tráfego (Método destrutivo)

Volume de tráfego (veic/h)	Tempo de 40 (h)	Custos sociais (R\$/h)	Total (R\$)
2392	2,5	41,36	103,40
4784	4,0	301,91	1207,64
7176	18,5	850,96	15317,28
9568	7,0	949,92	6649,44
11960	8,0	1039,97	8319,76
Total			31597,52

Fonte: A autora

A Tabela 4 apresenta os custos sociais para o assentamento de 100 metros de tubulação, considerando uma produtividade diária de 100m/dia para a conclusão da execução da rede. Dessa forma, adotou-se o tempo de 10 horas para o cálculo dos custos intangíveis pelo método não destrutivo- perfuração horizontal dirigida (MD-HDD).

Tabela 4. Custos sociais para interdição de uma faixa de tráfego (Método destrutivo)

Volume de tráfego (veic/h)	Tempo de 10 (h)	Custos sociais (R\$/h)	Total (R\$)
2392	1,0	41,36	41,36
4784	1,0	301,91	301,96
7176	4,5	850,96	3929,32
9568	1,5	949,92	1424,88
11960	2,0	1039,97	2079,94
Total			7677,40

Fonte: A autora

Tendo em vista que os custos sociais foram elaborados por Dezzoti (2008), realizou-se uma atualização destes custos, por meio, do INCC 05.100 (Índice Nacional de Construção Civil), levando em conta a variação entre os meses de julho de 2008 e julho de 2019, como mostra a Tabela 5. A Tabela 6 apresenta a comparação dos

custos da execução da implantação de uma rede de água, utilizando os métodos destrutivos e não destrutivos HDD, tendo em vista os custos diretos, sociais e totais.

Tabela 5. Custos sociais atualizados (julho/2019)

Método Construtivo	INCC 05.100 (JULHO/2008) - I0	INCC 05.100 (JULHO/2019) - I1	I1/I0	Custos sociais e ambientais (indiretos) – 2008	Custos sociais e ambientais (indiretos) – 2019
Método destrutivo	2,798	5,46	95,14	31.597,52	61.659,20
Método não destrutivo	2,798	5,46	95,14	7.677,41	14.981,65

Fonte: Adaptado Dezzoti (2008)

Tabela 6. Comparação entre os custos totais entre o método destrutivo e o método não destrutivo HDD para a implantação de redes de água e esgoto (R\$/100m).

Método construtivo	DE (mm)	Custos diretos (R\$)	Custos sociais (R\$)	Total (R\$)
Método destrutivo (abertura de valas)	160	62.055,00		123.714,20
	225	70.242,00		131.901,20
	280	77.746,00	61.659,20	139.405,20
	355	91.720,00		153.379,20
	400	107.571,00		169.230,20
MND-HDD	160	63.580,00		78.561,650
	225	90.062,00		105.043,70
	280	114.491,00	14.981,65	129.472,70
	355	151.368,00		166.349,70
	400	175.197,00		190.178,70

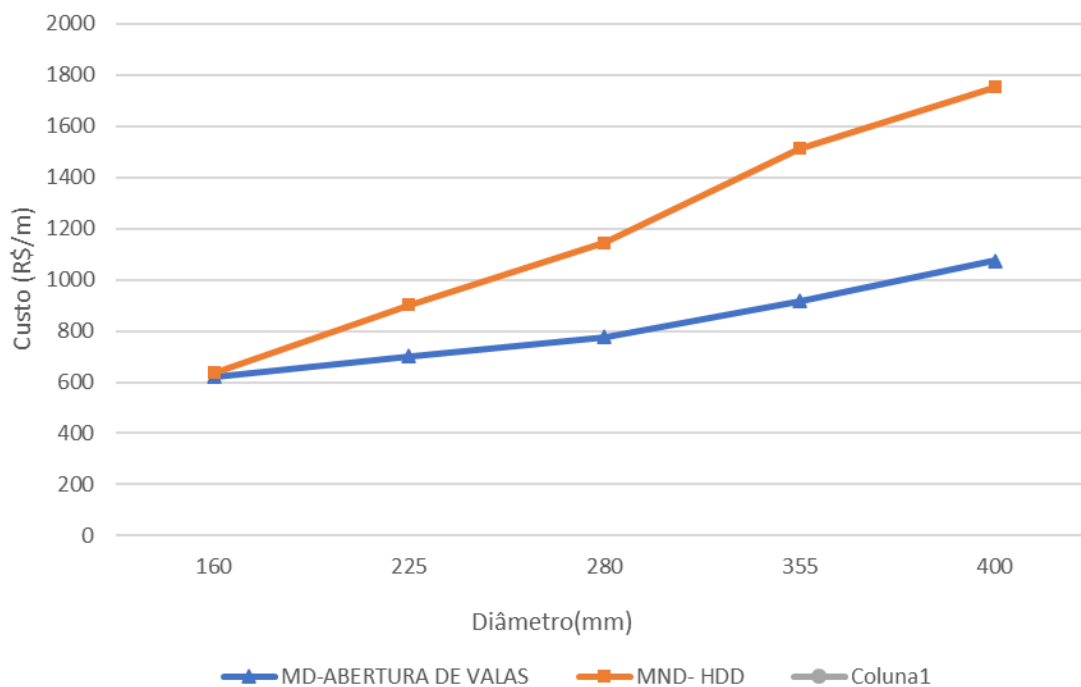
Fonte: A autora

Os gráficos 3 e 4 representam, respectivamente, a comparação dos custos diretos e totais para implantação da rede, utilizando método destrutivo de abertura de valas e o método não destrutivo-perfuração dirigida horizontal (MD- HDD).

Partindo destes resultados, da implantação de redes de água, pode-se inferir que o Método Destrutivo de abertura de valas apresenta custos diretos inferiores ao Método Não Destrutivo (HDD). No entanto, quando se inclui os custos sociais nos

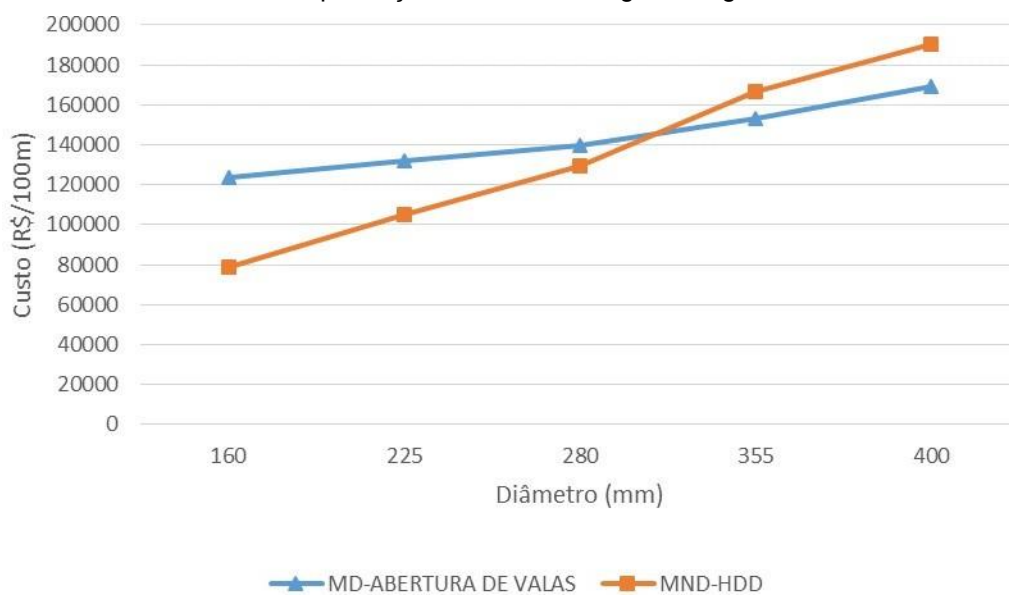
custos totais, os diâmetros de 160 mm, 225 mm e 280 mm, apresentam vantagem econômica na utilização do método não destrutivo HDD.

Gráfico 3. Comparação dos custos diretos entre o Método destrutivo e o Método não destrutivo HDD, na implantação das redes de água esgoto



Fonte: A autora

Gráfico 4. Comparação dos custos totais entre o Método destrutivo e o Método não destrutivo HDD, na implantação das redes de água e esgoto



Fonte: A autora

Os custos sociais apresentam maior representatividade no custo total da obra, quando se utiliza o método destrutivo, variando de acordo com o diâmetro utilizado, cerca de 36 % a 50%. Enquanto no método não destrutivo- perfuração dirigida horizontal (MD- HDD), essa variação é de 7,8% a 19% do valor total da obra.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os resultados obtidos neste trabalho, constata-se que os custos sociais no que concerne aos métodos não destrutivos, na implantação de redes de distribuição de água e esgoto, apresentam valores menores que os custos indiretos do método tradicional de abertura de vala. Apesar de não serem admitidos nos custos totais das obras subterrâneas de implantação de tubulações, os custos sociais e ambientais representam parte considerável do custo total da obra, o que torna a aplicação do método não destrutivo viável, tanto para gestor como para a sociedade, pois apresenta considerável economia nos custos sociais.

A viabilidade social do método não destrutivo torna-se mais notada no contexto urbano, por ser um cenário que possui uma quantidade significativa de interferências, tráfego intenso, pois esse método possui menor tempo de execução quando comparado com o método destrutivo, amenizando os transtornos urbanos. Ademais, os métodos não destrutivos se apresentam ainda como alternativa para obras que poderiam ser consideradas inviáveis com o método destrutivo, como, por exemplo, travessias sobre rodovias, ferrovias, rios, grandes extensões e profundidades.

No entanto, a maior parte dos Métodos não destrutivos (MND) possui custos diretos de instalação elevados, o que pode ser associado à uma demanda em pequena escala, quando comparada ao método tradicional de execução de abertura de vala. Porém, conforme houver uma maior demanda por implantação de redes através dos MND, espera-se uma redução progressiva dos seus custos, tornando-os mais competitivos. Ressalta-se que o emprego desta metodologia construtiva, possui limitações para sua aplicação em alguns tipos de solo como também para locais afastados dos grandes centros por motivos de logística e deslocamentos necessários.

Ao longo da evolução deste trabalho, foi possível perceber a necessidade de um aperfeiçoamento nos estudos referentes aos custos diretos, e, principalmente dos custos indiretos, tanto do ponto de vista ambiental quanto social, pois os impactos gerados pelas metodologias dos métodos destrutivos e não destrutivos, apresentam significativa dificuldade de serem quantificados monetariamente.

A metodologia de análise aplicada neste trabalho, possibilitou a comparação das técnicas construtivas adotadas para a implantação de redes de água no contexto urbano. De acordo com os resultados apresentados, pode-se concluir que, com

relação ao custo direto de construção, o método de abertura de vala apresenta-se mais vantajoso economicamente que o método não destrutivo com o emprego da técnica HDD. Embora o MND-HDD, apresente redução nos transtornos ambientais e sociais ligados à sua execução, mostrou custo direto superior, sendo, em média, 40% mais dispendioso que o MD.

A análise gráfica possibilitou concluir, no que tange ao custo total de construção, que a perfuração direcional, nos casos dos diâmetros de 355 mm e 400 mm, apresentaram custos totais superiores ao método destrutivo em até 11%. Partindo deste pressuposto, pode-se inferir que, quanto maior o diâmetro nominal, maior a parcela do item material na composição do custo da implantação da rede de distribuição de água e esgoto.

Pode-se concluir, portanto, que apesar de o método não destrutivo-HDD, provocar menores transtornos sociais e ambientais, possui um custo econômico superior ao método destrutivo de abertura de valas. Vale lembrar que a perfuração direcional tem muitas vantagens em seu processo de execução, seu custo vem decrescendo à medida que demanda por seus serviços cresce.

Percebeu-se, ainda, que há a necessidade de um aprofundamento nos custos diretos dos métodos não destrutivos, principalmente no que tange aos custos indiretos, sob a ótica ambiental e social, pois os efeitos causados pelos métodos destrutivos e não destrutivos, apresentam considerável dificuldade de serem quantificados monetariamente, o que leva a desconsideração destes custos no valor total da obra. Desta forma, tem-se como sugestões para trabalhos futuros:

- a) detectar as patologias causadas pela implantação, restauração e substituição de infraestruturas de obras subterrâneas e sua repercussão sobre os custos indiretos;
- b) análise comparativa acerca dos impactos ambientais, no tocante a poluição do ar e sonora;
- c) estudo comparativo entre os métodos destrutivos e não destrutivos, a respeito da vida útil de projeto de pavimentos.

5 REFERÊNCIAS

ABRATT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE TECNOLOGIAS NÃO DESTRUTIVAS). **Diretrizes dos métodos não destrutivos**. 2017. Disponível em: <<http://www.abratt.org.br/biblioteca/>>. Acesso em: 17 maio. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12266**: Projeto e execução de valas para assentamento de tubulação de água Esgoto ou drenagem urbana. Rio de Janeiro: Moderna, 1992. 17 p.

CARVALHO, C. **Com recurso do PAC, Prefeitura de São Bernardo do Campo melhora as condições de moradia em áreas de risco**. Infraestrutura Urbana, São Paulo, n.27, junho.2013.

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. 197 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação e Área de Concentração em Transportes, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

DROSEMEYE, Aloesio. **Contribuição ao estudo da execução de túneis em "pipe jacking"acki**. 2004. 190 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

SABESP (COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO). **Métodos inovadores são utilizados para troca e recuperação de redes, adutoras e ramais**. 2016. Disponível em: <<http://site.sabesp.com.br/site/imprensa/noticias-detalle.aspx?secaold=66&id=7015>>. Acesso em: 15 mar. 2019.