



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

MILAGROS ALVAREZ SANZ

**COMPARATIVO DE CUSTOS DIRETOS ENTRE
PERFURAÇÃO DIRECIONAL HORIZONTAL E ABERTURA
DE VALA PARA INSTALAÇÃO DE DUTOS**

**NATAL-RN
2017**

Milagros Alvarez Sanz

COMPARATIVO DE CUSTOS DIRETOS ENTRE PERFURAÇÃO DIRECIONAL
HORIZONTAL E ABERTURA DE VALA PARA INSTALAÇÃO DE DUTOS

Trabalho de Conclusão de Curso na modalidade Artigo Científico, submetido ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Norte como parte dos requisitos necessários para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Yuri Daniel Jatobá Costa

Natal-RN
2017

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN
Sistema de Bibliotecas - SISBI
Catalogação de Publicação na Fonte. UFRN - Biblioteca Central Zila Mamede

Sanz, Milagros Alvarez.

Comparativo de custos diretos entre perfuração direcional horizontal e abertura de vala para instalação de dutos / Milagros Alvarez Sanz. - 2017.

25 f.: il.

Artigo Científico (graduação) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Civil. Natal, RN, 2017.

Orientador: Prof. Dr. Yuri Daniel Jatobá Costa.

1. Engenharia civil - Artigo. 2. Método de abertura de vala - Artigo. 3. Métodos não destrutivos - Artigo. 4. Perfuração direcional horizontal - Artigo. 5. Comparativo de custos - Artigo. I. Costa, Yuri Daniel Jatobá. II. Título.

RN/UF/BCZM

CDU 624

Milagros Alvarez Sanz

COMPARATIVO DE CUSTOS DIRETOS ENTRE PERFURAÇÃO DIRECIONAL
HORIZONTAL E ABERTURA DE VALA PARA INSTALAÇÃO DE DUTOS

Trabalho de conclusão de curso na modalidade Artigo Científico, submetido ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Norte como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em 24 de novembro de 2017:

Prof. Dr. Yuri Daniel Jatobá Costa – Orientador

Profa. Dra Carina Maia Lins Costa - Examinador interno

Prof. Me. Lucas da Silva Moraes – Examinador externo

RESUMO

Comparativamente ao método de abertura de vala, os métodos não destrutivos de instalação, reparo e substituição de tubos, dutos e cabos subterrâneos reduzem ou eliminam a necessidade de escavação na superfície; preservam a integridade do pavimento e diminuem a interferência no tráfego e em atividades locais e comerciais. Para determinar o melhor método a ser executado, devem-se observar algumas características de projeto, como o comprimento da rede, tipo de solo trabalhado, prazo de execução, custos, dentre outros. Além disso, o projeto de construção de um duto com o melhor custo-benefício requer uma compreensão clara de todos os fatores associados a suas condições específicas. O presente artigo expõe os resultados obtidos através de um comparativo de custos diretos de execução de doze obras localizadas no estado do Rio Grande do Norte, avaliando se o método de abertura de vala e reaterro apresenta vantagens econômicas em relação ao método não destrutivo por perfuração direcional horizontal. Baseado nos resultados obtidos, pode-se concluir que em apenas uma das obras analisadas a técnica de perfuração direcional horizontal se mostrou 9% mais barata que o método tradicional. Apesar de provocar menos interferência no tráfego e impacto ambiental, o método não destrutivo analisado apresentou custo financeiro 41% superior, em média, para a grande maioria das obras avaliadas. O método de abertura de vala aparenta ser mais vantajoso se se considera apenas o custo direto de construção.

PALAVRAS-CHAVE: Método de abertura de vala; Métodos não destrutivos; Perfuração direcional horizontal; Comparativo de custos.

ABSTRACT

Compared to cut-and-cover, trenchless methods for installation, maintenance and substitution of underground pipelines reduce or eliminate the need for surface excavation. They preserve pavement integrity and reduce disruptions in traffic and local and commercial activities. In order to determine the best method to execute, it is necessary to consider some design features, such as length of the pipeline, soil type, execution deadlines and cost. In addition, the construction design for an underground facility according to the best cost-effectiveness requires a clear understanding of all cost factors associated with its specific conditions. This article presents comparison between direct costs of installation of pipelines with cut-and-cover and horizontal directional drilling techniques. Twelve construction cases located in the state of Rio Grande do Norte, Brazil, were evaluated. Based on the results, it was noted that just one of the cases analyzed showed that horizontal directional drilling was 9% cheaper than the traditional method. Although horizontal directional drilling causes less interference in traffic and less environmental impacts, this method revealed an average estimated cost 41% above the cut-and-cover method, for similar conditions. Cut-and-cover technique appears to be more advantageous if direct costs are considered alone.

KEYWORDS: Cut-and-cover; Trenchless methods; Horizontal directional drilling; Cost evaluation.

1. INTRODUÇÃO

Tradicionalmente, as obras de infraestrutura urbana subterrâneas são instaladas utilizando o método de abertura de vala (MAV). Nos grandes centros urbanos, com áreas intensamente edificadas e grande fluxo de veículos, a execução desse tipo de obras gera impactos sociais, econômicos e ambientais de grande magnitude. Pode-se citar a deterioração prematura do pavimento, com consequentes efeitos prejudiciais na infraestrutura de transporte público e custos à sociedade em geral (DEZOTTI, 2008).

Em vista disso, a demanda por métodos que minimizam a interferência na vida cotidiana é cada vez maior. No passado, esses métodos eram limitados e muitas vezes considerados caros. No entanto, os últimos desenvolvimentos em métodos e equipamentos de tecnologia não destrutiva e o aumento da concorrência diminuíram o custo total de construção associado à instalação e renovação de elementos subterrâneos por métodos não destrutivos (MND) em comparação com o método tradicional (GANGAVARAPU et al. 2013)

O emprego de MND é de suma importância para a execução de travessias com interferências que exijam reajuste da direção. A perfuração direcional revolucionou indústrias de instalação sob a superfície e passou a ser utilizada por companhias de serviços públicos responsáveis pela execução de redes de distribuição de água, gás, telecomunicações, dentre outros, pelas vantagens que o método apresenta (CORAL et al., 2015).

Em muitos casos, os custos diretos de construção são equivalentes nos dois métodos (DEZOTTI, 2008; CORAL et al., 2015). No entanto, as vantagens dos MND são evidentes, dentre elas: precisão na execução; redução dos custos sociais, dos impactos econômicos e ambientais e requerem menos espaço subterrâneo.

Para determinar o melhor método a ser executado, deve-se observar algumas características de projeto, como o comprimento da rede, tipo de solo trabalhado, prazo de execução, interferências, custos, dentre outros. Além disso, o projeto de construção de um duto com o melhor custo-benefício requer uma compreensão clara de todos os fatores associados a suas condições específicas.

O presente artigo apresenta um comparativo entre o método tradicional de abertura de vala e o método não destrutivo, especificamente o de perfuração direcional (HDD). Foram analisadas 12 obras localizadas no estado do Rio Grande do Norte para verificar se o MAV apresenta vantagens econômicas em relação ao HDD.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Métodos construtivos

Para a instalação, recuperação, reparo e substituição de infraestruturas subterrâneas deve-se optar dentre os diversos métodos disponíveis. Segundo Dezotti (2008), a seleção do método depende das seguintes condições específicas de cada projeto, dentre as quais: a) características do solo ao longo do traçado; b) diâmetro da tubulação; c) comprimento máximo da tubulação; d) precisão requerida; e) prazo de execução e f) disponibilidade local do método construtivo.

Os dutos enterrados podem ser classificados, segundo a sua instalação ou recuperação, em dois grupos: aqueles instalados por abertura de vala ou métodos tradicionais e aqueles instalados por métodos não destrutivos (MND). A seguir, esses métodos são descritos sucintamente.

2.1.1 Método de Abertura de Vala

Também denominado de método tradicional ou corte e aterro (*cut and cover*, em inglês), em decorrência da sequência construtiva, a execução do método de abertura de vala (MAV) consiste na escavação de uma trincheira no terreno, implantação do duto e reaterro com compactação da vala (BUENO e COSTA, 2012). Dessa forma, este método implica escavações ao longo da extensão longitudinal da rede proposta, sendo necessário realizar, na maioria das vezes, recomposição do piso ou pavimento após a instalação (NAJAFI, 2017).

Segundo a NBR 12266/92 (ABNT, 1992), a qual fixa as condições exigíveis para projeto e execução de valas para assentamentos de tubulações de água, esgoto ou drenagem urbana, devem ser consideradas fundamentalmente as seguintes fases para o assentamento das tubulações: sinalização; remoção do pavimento; escavação; escoramento; esgotamento; preparo do fundo de vala e assentamento; reaterro e adensamento; remoção do escoramento; recomposição da pavimentação.

Embora seja considerado um método confiável, o MAV pode ter custo associado elevado, principalmente em áreas urbanas congestionadas. Isso ocorre, geralmente, pela necessidade de restaurar as superfícies e executar o assentamento do solo. Além disso, os operários devem escavar cuidadosamente enquanto manobram outros serviços para alcançar a profundidade requerida, o que diminui a produtividade e eficiência (ARIARATNAM et al., 1999). Por esses motivos este método de instalação e recuperação tem sido desencorajado em centros urbanos (DEZOTTI, 2008), apesar de ser o mais utilizado no Brasil.

2.1.2 Métodos Não Destrutivos

De acordo com a Associação Brasileira de Tecnologia Não Destrutiva (ABRATT, s.d.), os Métodos Não Destrutivos (MND) são o conjunto de métodos, materiais e equipamentos que podem ser aplicados na instalação, reparação e substituição de tubos, dutos e cabos subterrâneos, aplicando técnicas que reduzem ou eliminam a necessidade de escavação. Podem ser divididos em três grandes grupos: a) reparo e reforma; b) substituição por ruptura *in loco* pelo mesmo caminhamento e c) instalação de novas redes. Dentro da primeira categoria, estão compreendidos o método de revestimento por inserção de novo tubo (*Sliplining*); revestimento por inserção apertada de tubulação deformada (*Close-fit lining*); revestimento por aspersão (*Spray lining*); revestimento por inserção com cura *in loco* (CIPP- *Cured-in-place pipe*); reparos e vedações localizados e recuperação de tubos de grande diâmetro e de poços de visita.

A categoria de substituição por ruptura *in loco* pelo mesmo caminhamento (*On-line Replacement*) é composta apenas por esse método e refere-se à substituição de uma rede por outra com diâmetro igual ou maior. Por último, a terceira categoria compreende os seguintes métodos: perfuração por percussão e cravação; perfuração direcional (HDD) ou guiada unidirecional e cravação de tubos (*Pipejacking*) e micro-túneis.

Os métodos citados acima podem ser usados na instalação, recuperação e substituição de redes subterrâneas com diversas finalidades, dentre elas a transmissão e distribuição de energia elétrica; telecomunicações; distribuição água e de derivados de petróleo e gás; tubulações de esgoto; travessias de avenidas em geral; sistemas de drenagem de subsolo, dentre outros (MASSARA et al., 2007).

A expansão das tecnologias não destrutivas se justifica pelos muitos benefícios destas. Primeiramente, conforme elas se desenvolvem, se tornam mais sofisticadas, com melhor custo benefício. Adicionalmente, as empresas e a opinião pública vão mudando, fazendo com que se torne fundamental considerar os custos sociais envolvidos nos projetos construtivos. A crescente conscientização sobre a relevância dos custos sociais e a demanda de novas

abordagens para resolver problemas de infraestrutura incentiva a utilização de métodos não destrutivos (ARIARATNAM et al., 1999).

Segundo Dezotti (2008), os métodos não destrutivos apresentam as seguintes vantagens: (i) reduzem a perturbação no tráfego, áreas de trabalho e áreas congestionadas; (ii) reduzem problemas de direção e controle associado com novas rotas, uma vez que possibilitam o uso de caminhos predeterminados providos pela tubulação existente; (iii) requerem menos espaço subterrâneo, minimizando a possibilidade de interferir em tubulações existentes e abandonadas; (iv) viabilizam o aumento o diâmetro da tubulação sem abertura de trincheira; (v) demandam uma área de trabalho menos exposta e, por conseguinte, oferecem maior segurança para os trabalhadores locais e usuários da via; (vi) eliminam a necessidade de remoção de despejo e minimizam os danos ao pavimento e a outras unidades; (vii) reduzem os impactos sociais, econômicos e ambientais.

No Brasil, mais especificamente no estado do Rio Grande do Norte, frequentemente utiliza-se o método de perfuração direcional para a implantação de novos dutos, o qual é apresentado em maiores detalhes a seguir.

2.1.2.1 Perfuração Direcional

O método de perfuração direcional horizontal (*Horizontal Directional Drilling*, HDD, em inglês) é uma operação de duas etapas, na maioria das vezes. Com o auxílio de uma máquina de perfuração, inicialmente executa-se um furo piloto ao longo do percurso previsto com diâmetro variando entre 25 e 125 mm (Figura 1 – Estágio 1). Em seguida, esse furo é alargado no sentido inverso para acomodar a tubulação final, a qual é puxada simultaneamente pelo alargador ao qual está presa (Figura 1 – Estágio 2). No entanto, em algumas condições adversas de solo, a etapa do alargamento pode ser subdividida em diversas outras, aumentando o diâmetro do furo gradativamente (NAJAFI, 2017).

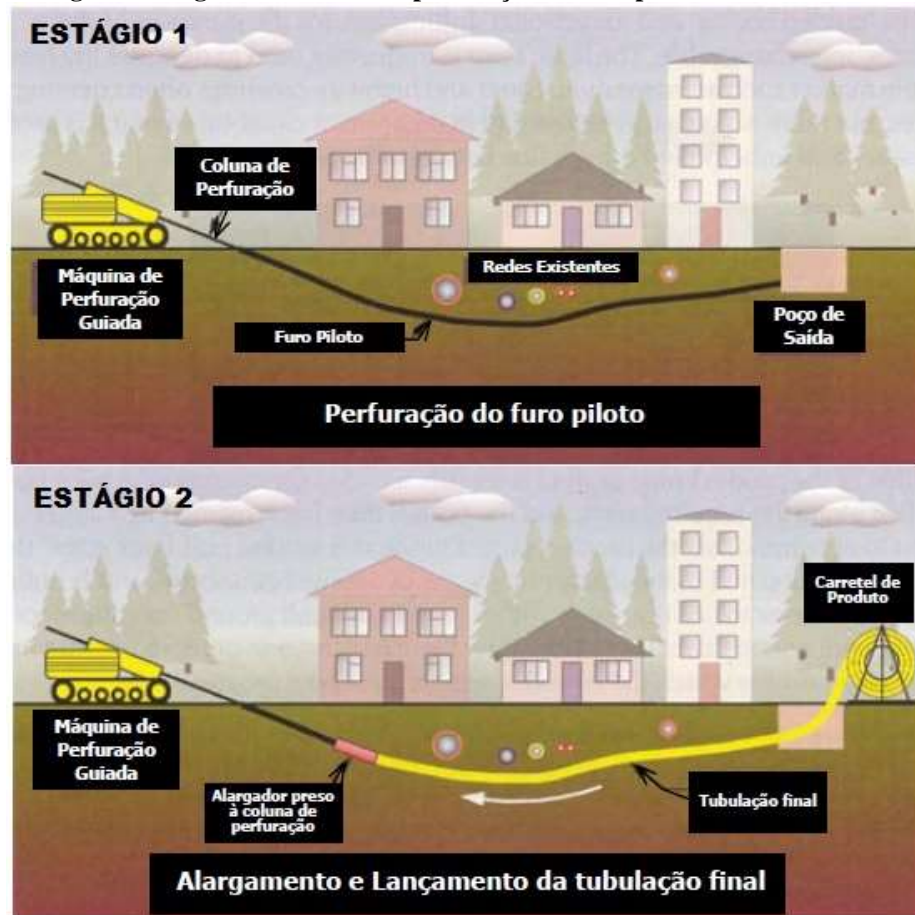
O método HDD pode ser dividido em três categorias, segundo as áreas de aplicação típicas: HDD de grande diâmetro (maxi-HDD); HDD de médio diâmetro (midi-HDD) e HDD de pequeno diâmetro (mini-HDD). Embora não haja expressiva diferença entre os mecanismos de operação desses sistemas, a variedade de aplicações geralmente requer modificações correspondentes às configurações e capacidades do sistema, aos métodos de controle direcional e ao modo de remoção de resíduos, para obter a melhor relação custo-eficiência. A Tabela 1 apresenta uma breve comparação entre as categorias supracitadas (NAJAFI, 2017).

Tabela 1 – Principais características dos métodos HDD

Método	Variedade de diâmetro (mm)	Instalação máxima (m)	Profundidade máxima (m)	Aplicação típica
HDD Pequena (Mini)	50 a 300	183	5	Conduítes de energia e telecomunicações, tubulações de água e gas
HDD Média (Midi)	300 a 600	274	23	Tubulações de pressão
HDD Grande (Maxi)	600 a 1200	3048	61	Tubulações de pressão

Fonte: Adaptado de Najafi (2017)

Figura 1 – Figura ilustrativa da perfuração do furo piloto da técnica HDD



Fonte: Adaptado de ABRATT, s.d.

As máquinas de perfuração direcional podem ser de lançamento na superfície ou de lançamento em poço. As primeiras, embora não exijam poço de entrada, ainda implicam a necessidade de realizar escavações para execução das conexões em cada extremidade. Já as de lançamento em poço solicitam uma escavação nas extremidades, mas operaram satisfatoriamente em espaços confinados. Estas são geralmente utilizadas em perfurações praticamente retas, mas apresentam maiores limitações para contornar obstáculos (ABRATT, s.d.)

Além disso, a maioria das máquinas utiliza uma cabeça com alimentação de fluido de perfuração. Em geral utiliza-se uma mistura de água e bentonita, cuja finalidade é transportar os resíduos em suspensão e estabilizar o furo piloto uma vez completa a perfuração. Ademais, o método tem a capacidade especial de rastrear a cabeça de corte e guia-la durante o processo de perfuração, permitindo contornar obstáculos, passar sob rodovias, rios e ferrovias (ABRATT, s.d.)

Alguns sistemas são projetados para executar a instalação sem o uso de fluido de perfuração, denominada operação a seco. Embora sejam mais simples de operar e criem menos sujeira, podem ter restrições quanto ao tamanho das máquinas e as condições de solo.

A tubulação final é, na maioria das vezes, de polietileno de alta densidade (PEAD) ou aço, uma vez que o método solicita um tubo suficientemente flexível que resista às cargas e tensões que surgem durante a instalação e operação. Segundo Abraham et al. (2002) e Dezotti (2008), o furo piloto deve possuir um raio de curvatura mínimo usual, em metros (m), na ordem de 1,2 vezes o diâmetro do tubo em milímetros (mm), para tubos de aço, e 0,48 vezes para tubos plásticos. A Tabela 2 apresenta a relação recomendada entre o diâmetro do tubo e o diâmetro de alargamento.

Tabela 2 – Relação recomendada entre o diâmetro do tubo e o diâmetro de 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: Dezotti, 2018

Até pouco tempo atrás, usava-se a perfuração direcional principalmente para a instalação de redes pressurizadas. No entanto, os avanços das máquinas e dos sistemas de guia mais recentes proporcionam grande precisão, fazendo com que o método passe também a ser utilizado em redes por gravidade, nas quais há tolerâncias rígidas de projeto hidráulico a serem atendidas (ABRATT, s.d.).

2.2 Custos em uma obra de duto enterrado

Segundo Najafi e Kim (2004), o projeto de construção de um duto com o melhor custo-benefício requer uma compreensão clara de todos os fatores associados às suas condições específicas. O projetista deve considerar todas as categorias de custo no orçamento, as quais incluem custos de planejamento e engenharia (também denominados custos de pré-construção), custos de construção (diretos, indiretos e sociais) e custos pós-construção (também chamados custos de operação e manutenção). Apesar disso, tradicionalmente avaliam-se apenas os custos de pré-construção e construção, desconsiderando os custos sociais do projeto.

Os custos diretos são aqueles ligados diretamente à construção física do projeto; incluem os custos de mão de obra, materiais, subcontratados e equipamentos envolvidos na construção da obra. Por outro lado, os custos indiretos englobam todos os custos não diretamente relacionados ou aplicados às operações de construção, mas auxiliares à execução da obra. São exemplos destes últimos os custos com administração e custos gerais de serviço, como taxas, mobilização de equipamentos, controle de tráfego, seguro, utilidades temporárias, dentre outros (DEZOTTI, 2008).

De acordo com Najafi e Kim (2004), todos os fatores que compõem os custos pré-construção são maiores no método de abertura de vala quando comparado aos métodos não destrutivos, com exceção apenas da fase de engenharia e projeto.

Para os custos de construção, Najafi e Kim (2004) encontraram que, dentro dos custos diretos, todos os fatores de custos eram maiores no MAV do que nos MND, com exceção dos equipamentos utilizados. O custo com material geralmente é superior no MND devido às exigências técnicas dos métodos quanto à qualidade de tubos utilizados. Além disso, como dito pelo mesmo autor, em alguns métodos e condições, pode-se concluir que os custos de obra aumentam conforme o diâmetro aumenta. No entanto, no HDD o aumento de custo devido ao tamanho do tubo se deve ao maior nível de complexidade e dificuldade de instalar a tubulação.

Segundo Najafi (2017), em alguns casos, atividades como desvio de trânsito, escavação, escoramento, reaterro e compactação representam cerca de 70% do custo total de um projeto. Portanto, na maioria das vezes o MAV não é o método com a melhor relação custo-benefício, pois possui as desvantagens de causar interrupção do tráfego, danos ao pavimento e sistemas subterrâneos adjacentes, interferindo em outras infraestruturas urbanas. Em vista disso, obras com custos diretos baixos podem se tornar inviáveis em consequência dos altos custos sociais envolvidos na execução (DEZOTTI, 2008).

Woodroffe et al. (2008) citam que, tradicionalmente, existe uma relação direta entre o custo e a profundidade do tubo instalado, para a maioria dos projetos subterrâneos com abertura de vala. Isso resulta em projetos com MAV incluindo a instalação de tubos tão rasos quanto

economicamente possível. Hoje, no entanto, a experiência mostra que nos projetos de HDD há pouca relação entre custo e profundidade.

Os custos indiretos, ainda dentro da categoria de custos de construção, podem chegar a 15%, ou mais, dos custos diretos de um projeto. Apesar de serem difíceis de quantificar, de forma geral, aumentam proporcionalmente ao tempo de execução da obra. Como os MND's possuem maior produtividade e menor desperdício, normalmente duram menos tempo para serem executados do que os métodos tradicionais. Portanto, nesses casos, os custos indiretos são menores.

Os custos sociais, que também fazem parte dos custos de construção, vêm ganhando cada vez mais relevância à medida que aumenta a conscientização pública e a necessidade de conservar e proteger o meio ambiente e a qualidade de vida. É imprescindível identificar e avaliar os custos sociais das instalações de serviços de infraestrutura. De acordo com Gangavarapu et al. (2013) e Dezotti (2008), os custos sociais incluem o dano à rodovia e pavimento (redução da vida útil); danos a infraestruturas adjacentes; ruído e vibração; poluição do ar; perturbação do tráfego veicular; segurança dos pedestres; perda comercial; danos às estradas utilizadas como desvio; insatisfação de cidadãos e impactos ambientais.

Utilizar métodos não destrutivos geralmente pode minimizar os custos sociais. Quando são avaliados e incluídos nos custos globais dos projetos, percebe-se que o uso de tecnologias não destrutivas torna os projetos mais econômicos. Segundo Woodroffe et al. (2008), conforme citado por Najafi (2005), no MAV os custos sociais podem chegar a valores várias vezes maiores do que o valor do projeto inteiro; no entanto, quando usado um MND, os custos sociais podem representar apenas 3 a 10% do custo total.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Foi realizado um levantamento de obras construídas utilizando-se a técnica de perfuração direcional horizontal (HDD) na Região Metropolitana de Natal e em outros locais do estado do Rio Grande do Norte. Em seguida, realizou-se uma comparação de custos entre a técnica HDD e o MAV, para condições similares, em cada caso estudado. Ou seja, para efeito de comparação entre os dois métodos, os mesmos trechos executados por furo direcional foram dimensionados considerando-se o MAV, utilizando-se as mesmas características de instalação (diâmetro da tubulação, extensão, profundidade e finalidade) para o levantamento dos custos.

Três obras no interior do estado foram escolhidas, sendo elas localizadas nas cidades de Currais Novos, Pipa e na BR-110, no trecho que interliga Areia Branca e Mossoró. Além dessas, foram selecionadas nove obras localizadas em Natal. A Tabela 3 apresenta as características das obras avaliadas.

Sabendo-se que os custos diretos de construção são os mais avaliados durante os projetos e que o MND é mais vantajoso quando analisados os outros custos já abordados, neste trabalho optou-se por realizar um comparativo dos custos diretos de construção para verificar se o MAV apresenta vantagens econômicas em relação ao HDD, nesse aspecto.

Para a obtenção dos custos das redes por abertura de vala e reaterro, foram considerados os serviços principais em termos de custo para o MAV, quais sejam, demolição do pavimento, escavação mecanizada de vala, escoramento de valas, reaterro mecanizado, regularização e compactação de subleito e reconstrução do pavimento. Além disso, o tipo de escoramento escolhido foi o de blindagem pesada, ou popularmente denominado escoramento tipo gaiola, por ser amplamente utilizado na prática local.

De acordo com os diâmetros das tubulações, foram consultadas as seguintes normas para determinar a dimensão das valas, optando-se sempre pelo maior valor encontrado: i) NBR 12266 – Projeto e execução de valas para assentamento de tubulação de água, esgoto ou drenagem urbana; ii) NBR 9814 – Execução de rede de coletora de esgoto sanitário.

Tabela 3 – Características das obras avaliadas

OBRA	LOCAL	TIPO DE TUBO	DIÂMETRO EXTERNO (mm)	EXTENSÃO (m)	PROFUNDIDADE ATÉ A BASE (m)	FINALIDADE
1	Currais Novos	Aço carbono	600	26	2,5 a 2,8	Adutora
2	Pipa	PEAD	400	120	2,8 a 8	Adutora
3	Natal	PEAD	315	683	1,8 a 3	Adutora
4	BR-110	Aço carbono	300	24	2,8	Adutora
5	Natal	Aço carbono	300	24	3 a 5	Adutora
6	Natal	PEAD	630	18	2,8	Adutora
7	Natal	PEAD	315 e 400	371	1,5	Saneamento
8	Natal	PEAD	200	24	3,8	Saneamento
9	Natal	PEAD	400	100	5	Saneamento
10	Natal	PEAD	150	206	3,8	Saneamento
11	Natal	PEAD	150	120	2,8 a 3	Saneamento
12	Natal	PEAD	200	120	4,8 a 5	Saneamento

Fonte: Autor (2017).

Após consultar as tabelas de preço da Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN, 2017) e do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI, 2017), referentes ao mês de agosto e setembro de 2017, respectivamente, se identificaram os valores vigentes dos serviços e insumos avaliados, os quais foram paralelamente quantificados.

Os resultados apresentados a seguir são baseados em planilhas elaboradas com o objetivo de determinar os custos para cada método de construção adotado. As planilhas incluem as características das obras analisadas, as composições de custos diretos para o MAV, os valores unitários estimados para o HDD e o comparativo de custos entre os métodos.

4. RESULTADOS

4.1 MÉTODO NÃO DESTRUTIVO: TÉCNICA DE PERFURAÇÃO DIRECIONAL HORIZONTAL

Tabela 4 – Informações e custos sobre obras executadas por furo direcional

OBRA	LOCAL	FINALIDADE	VALOR UNITÁRIO ESTIMADO (R\$/m)	CUSTO TOTAL (R\$)
1	Currais Novos	Adutora	1.800	46.800,00
2	Pipa	Adutora	1.200	144.000,00
3	Natal	Adutora	700	478.100,00
4	BR-110	Adutora	600	14.400,00
5	Natal	Adutora	600	14.400,00
6	Natal	Adutora	1.200	21.600,00
7	Natal	Saneamento	700	259.700,00
8	Natal	Saneamento	700	16.800,00
9	Natal	Saneamento	800	80.000,00
10	Natal	Saneamento	600	123.600,00
11	Natal	Saneamento	600	72.000,00
12	Natal	Saneamento	580	69.600,00

Fonte: Autor (2017).

A Tabela 4 mostra o resumo do levantamento de custos das obras executadas através da Técnica HDD. Os serviços para a execução das redes pelo método não destrutivo por furo direcional horizontal (HDD) são medidos por metro linear, sendo o custo, neste caso, dependente da profundidade de instalação e do tipo de solo. Isso implica dizer que quanto mais profunda e difícil a escavação, mais caro será o metro linear. Neste item estão englobados os tubos, serviços de recebimento, inspeção e armazenamento do PEAD, os serviços de soldagem da coluna, a execução do furo e alargamento com puxamento simultâneo da tubulação.

O valor por metro linear estimado das obras varia entre R\$580,00 e R\$1.800,00, sendo o maior custo total estimado em R\$478.100,00, por ter 683 metros de extensão, para uma obra de distribuição de água.

4.2 MÉTODO DESTRUTIVO: TÉCNICA DE ABERTURA DE VALA

A Tabela 5 mostra como exemplo o orçamento discriminado da obra 1, localizada no município de Currais Novos, RN. O orçamento é composto pelos serviços considerados mais importantes para instalação de redes pelo método destrutivo. As tabelas referentes às demais obras se encontram em anexo. Para a obra 1, o cálculo dos serviços de execução da rede de distribuição de água pelo método de abertura de vala totalizou R\$13.576,99, para uma rede de 26 metros de extensão. O item 1 corresponde ao serviço de demolição de pavimentação asfáltica com espessura de até 15 cm, utilizando martelo perfurador, sendo seu custo igual a R\$376,25. O item 2 engloba a escavação de vala, utilizando escavadeira hidráulica em solo de primeira categoria, em locais com alto nível de interferência, totalizando o valor de R\$1.176,99. O escoramento de valas, item 3, utiliza estruturas de aço do tipo blindagem pesada para valas com profundidade acima de 2 metros, somando R\$3.072,88.

Tabela 5 – Custos dos serviços de instalação de rede pelo método destrutivo

MUNICÍPIO: CURRAIS NOVOS/RN						
OBRA 1						
ITEM	SERVIÇOS	UNID.	QNTD.	VALOR UNITÁRIO (R\$)	TOTAL (R\$)	% DO CUSTO
1	Demolição de pavimentação asfáltica	m ²	37,70	9,98	376,25	3,5
2	Escavação mecanizada de vala com prof. maior que 1,5 até 3,0 m	m ³	105,56	11,15	1.176,99	11,0
3	Escoramento de valas, com prof. acima de 2 m	m ²	145,60	21,10	3.072,88	28,7
4	Reaterro de vala com compactação manual	m ³	19,85	39,33	780,7	7,3
5	Reaterro mecanizado de vala, prof. de 1,5 a 3 m	m ³	107,82	13,05	1.407,08	13,2
6	Regularização e compactação de subleito	m ²	37,70	1,21	45,62	0,4
7	Construção de pavimento com aplicação de CBUQ	m ³	1,89	682,46	1.286,44	12,0
8	Tubo de concreto armado para águas pluviais DN 600 mm (NBR 8890)	m	26,00	97,87	2.544,62	23,8
					TOTAL R\$	10.690,54
					APLICAÇÃO DE BDI 27% R\$	13.576,99

Fonte: Autor (2017).

O 4º item, reaterro de vala com compactação manual, refere-se ao trecho compactado manualmente até a altura do topo da tubulação, 0,6 metros para o caso da obra 1, totalizando R\$789,70. O 5º item constitui o reaterro de vala restante utilizando escavadeira hidráulica, somando R\$1.407,08. Para os itens 4 e 6 itens foram considerados o serviço 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 a R\$1.286,44. E, finalmente, o 7º item corresponde à tubulação escolhida para atender ao método e às especificidades da obra, sendo o seu custo igual a R\$2.544,62.

As composições de custos realizadas para as outras obras apresentam os mesmos itens considerados acima, variando apenas a profundidade e largura da vala escavada, características atreladas a variações de preço unitário de serviços específicos também discriminados nas tabelas do SINAPI e da CAERN.

4.3 COMPARATIVO DE CUSTOS

A Tabela 6 apresenta um resumo dos custos totais de construção tanto pelo MAV quanto por HDD, de todas as obras analisadas.

Tabela 6 – Comparativo de custos entre os métodos

OBRA	FINALIDADE	CUSTO GLOBAL		CUSTO POR METRO LINEAR		HDD/ MAV
		MAV	HDD	MAV	HDD	
1	Adutora	13.576,99	46.800,00	522,19	1.800,00	3,45
2	Adutora	65.659,69	144.000,00	547,16	1.200,00	2,19
3	Adutora	251.894,74	478.100,00	368,81	700,00	1,90
4	Adutora	7.944,16	14.400,00	331,01	600,00	1,81
5	Adutora	9.706,34	14.400,00	404,43	600,00	1,48
6	Adutora	10.601,22	21.600,00	588,96	1.200,00	2,04
7	Saneamento	184.540,29	259.700,00	497,41	700,00	1,41
8	Saneamento	10.812,17	16.800,00	450,51	700,00	1,55
9	Saneamento	87.566,16	80.000,00	875,66	800,00	0,91
10	Saneamento	85.297,56	123.600,00	414,07	600,00	1,45
11	Saneamento	41.785,12	72.000,00	348,21	600,00	1,72
12	Saneamento	63.498,91	69.600,00	529,16	580,00	1,10

Fonte: Autor (2017).

5. DISCUSSÃO

Ao realizar uma análise comparativa de custos diretos de construção entre os métodos, pode-se ver na Tabela 6 que, de uma forma geral, os custos supondo as obras executadas com abertura de vala são inferiores ao custo para execução por furo direcional. No entanto, apenas para a obra 9 o HDD se mostrou 9% mais barato que o MAV. Para as demais obras, de uma forma geral, o MAV é 41% mais econômico que o HDD. Analisando-se as obras separadamente, as diferenças de preço entre os métodos variam até 71%, no caso da obra 1, sendo o MAV mais vantajoso economicamente.

A partir da Tabela 5 pode-se observar que os serviços de recuperação do pavimento compõem uma parcela considerável do custo total, sendo cerca de 12%. Analisando-se apenas o custo da implantação da rede, desconsiderando-se o valor da tubulação, a recuperação da pavimentação chega a representar 23% do valor dos serviços. Portanto, os MND podem se tornar mais atrativos em situações em que há necessidade de se executarem trechos longos. No entanto, o serviço que apresentou maior influência sobre o custo total foi o escoramento de vala, chegando a representar 61% do valor dos serviços, para o caso da obra 2 e, no melhor dos casos,

na obra 5, ainda representou 14% do custo total. Além disso, em todas as obras foi a atividade com maior custo.

Najafi (2017) observou que obras com métodos não destrutivos são menos onerosas que obras com abertura de vala. Nestas, segundo o autor, atividades como escavação, escoramento, reaterro e compactação representam cerca de 70% do custo total de um projeto. Para as obras analisadas neste trabalho, esses serviços representaram, em média, 65% do custo total. Contudo, é preciso destacar que, embora o autor constataste que todos os custos são maiores para execuções por abertura de vala, as diferenças identificadas nos resultados encontrados podem ser atribuídas às particularidades do contexto da pesquisa, que foi realizada nos Estados Unidos.

Apesar do HDD ter apresentado valores de custo direto maiores que o MAV para a maioria dos casos, aquele se apresenta vantajoso se considerados o impacto ambiental reduzido inerente ao método, a pouca interferência nas atividades do entorno e a preservação da integridade do pavimento e dos outros utilitários subterrâneos.

Além disso, os dados ratificam os resultados encontrados por Coral e Steiner (2015), que concluíram que o custo direto para o MND é 10,64% maior que o MAV. Considerando-se apenas o custo da implantação da rede, sem os serviços de recuperação do pavimento e recomposição de cavas, o custo de implantação por metro linear de MND é 43,13% maior. A análise realizada pelos autores mostra que o método destrutivo necessita do dobro do tempo para executar o projeto e causa grande impacto no fluxo de veículos e conseqüentemente no cotidiano das pessoas.

Entretanto, vale também ressaltar que todas as obras analisadas no presente estudo foram executadas por furo direcional por atenderem a exigências construtivas. Por mais que o método tradicional se apresente mais barato, as obras não possuíam características que permitissem ser executadas por tal método destrutivo, seja por serem localizadas em rodovias federais, áreas de proteção ambiental ou por possuírem a necessidade de desviar de obstáculos, como trilhos ferroviários.

6. CONCLUSÃO

O presente trabalho analisou os custos diretos de construção pelo método de abertura de vala e pelo método não destrutivo por perfuração direcional horizontal (HDD), adotados para a instalação de redes de saneamento e distribuição de água no estado do Rio Grande do Norte. Foram analisadas doze obras, sendo três localizadas no interior do estado e nove em Natal, e suas características construtivas para realizar a composição dos custos, dentre elas o diâmetro da tubulação, extensão, profundidade e finalidade.

Baseado nos resultados obtidos, pode-se concluir que, para as obras analisadas, considerando-se apenas o custo direto de construção, o método de abertura de vala apresenta-se mais vantajoso que a técnica HDD. Apesar de provocar menos interferência no tráfego e impacto ambiental, a técnica HDD mostrou custo financeiro superior, sendo, em média, 41% mais oneroso que o MAV. Em apenas um caso analisado, o HDD apresentou-se 9% mais econômico que o método tradicional.

REFERÊNCIAS

ABRAHAM, D. M.; BAIK, H. S; GOKHALE, S. **Development of a decision support system for selection of trenchless technologies to minimize impact of utility construction on roadways**. Indiana, Estados Unidos, 2002. Disponível em: < goo.gl/JKGAMC > acessado em outubro/2017

ARIARATNAM, S. T.; LUEKE, J. S.; ALLOUCHE, E. N. **Utilization of Trenchless Construction Methods by Canadian Municipalities**. Virgínia, Estados Unidos. Journal of Construction Engineering and Management, v. 125, n. 2, março 1999. Disponível em: < <https://goo.gl/kHDg6Y>> acessado em outubro/2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9814**: Execução de rede coletora de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1987.

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, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE TECNOLOGIA NÃO DESTRUTIVA - ABRATT. Disponível em: < <https://goo.gl/iFvbgy> > acessado em outubro/2017.

BUENO, B.; COSTA, Y. **Dutos enterrados: aspectos geotécnicos**. 2 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

COMPANHIA DE ÁGUAS E ESGOTOS DO RIO GRANDE DO NORTE – CAERN. Disponível em: <<https://goo.gl/mbsgYP>> acessado em outubro/2017.

CORAL, D. B.; STEINER, L. R. **Comparativo entre perfuração direcional horizontal (MND) x método destrutivo (vala), para implantação de rede de gás natural urbana. Estudo de caso**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) – Universidade do Extremo Sul Catarinense, Santa Catarina, 15. Disponível em: < <https://goo.gl/1vGuxv>> acessado em outubro/2017.

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.

GANGAVARAPU, B. S.; NAJAFI, M.; SALEM, O. **Quantitative analysis and comparision of traffic disruption using open-cut and trenchless methods of pipe installation**. Baltimore, Estados Unidos, julho 2013.

MASSARA, V. M.; FAGÁ, M. T. W.; UDAETA, M. E. **A importância do método não destrutivo na implantação de redes de gás natural em cidades consolidadas**. Campinas, SP, 2007. Disponível em: < <https://goo.gl/Wt61rF> > acessado em outubro/2017

NAJAFI, Mohammad. **Tecnologia Não Destrutiva: Planejamento, Equipamentos e Métodos**. São Paulo: ABES, 2017.

NAJAFI, M.; OK KIM, K. **Life-cycle-cost comparison of trenchless and conventional open-cut pipeline construction projects**. Pipeline Division Specialty Congress. San Diego, California, 2004. Disponível em: <<https://goo.gl/DtozKf>> acessado em outubro/2017.

NAJAFI, Mohammad. **Trenchless technology: pipeline and utility design, construction, and renewal**. Nova York: McGraw-Hill Education, 2005.

SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTOS E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL – SINAPI. Disponível em: <goo.gl/Y5P23x> acessado em outubro/2017.

WOODROFFE, N. J. A.; ARIARATNAM, S. T. **Cost and risk evaluation for horizontal directional drilling versus open cut in an urban environment.** Virgínia, Estados Unidos. Practice Periodical on Structural Design and Construction, v. 13, n. 2, mai. 2008.

ANEXOS

Composição de custos dos serviços de instalação por escavação de vala para as obras 2 a 12.

Tabela A1 – Custos dos serviços de instalação de rede pelo método destrutivo

MUNICÍPIO: PIPA/RN						
OBRA 2						
ITEM	SERVIÇOS	UNID.	QNTD.	VALOR UNITÁRIO (R\$)	TOTAL (R\$)	% DO CUSTO
1	Demolição de pavimentação asfáltica	m ²	120,00	9,98	1.197,60	2,3
2	Escavação mecanizada de vala com prof. maior que 4,5 até 6,0 m	m ³	648,00	5,75	3.726,00	7,2
3	Escoramento de valas, com prof. acima de 2 m	m ²	1296,00	21,10	27.352,00	52,9
4	Reaterro de vala com compactação manual	m ³	42,80	39,33	1683,2	3,3
5	Reaterro mecanizado de vala, prof. de 4,5 a 6 m	m ³	780,00	8,63	6.731,40	13,0
6	Regularização e compactação de subleito	m ²	120,00	1,21	145,20	0,3
7	Construção de pavimento com aplicação de CBUQ	m ³	6,00	682,46	4.094,76	7,9
8	Tubo de concreto armado para águas pluviais DN 400 mm (NBR 8890)	m	120,00	56,42	6.770,40	13,1
TOTAL					R\$ 51.700,55	
APLICAÇÃO DE BDI 27%					R\$ 65.659,69	

Fonte: Autor (2017).

Tabela A2 – Custos dos serviços de instalação de rede pelo método destrutivo

MUNICÍPIO: NATAL/RN						
OBRA 3						
ITEM	SERVIÇOS	UNID.	QNTD.	VALOR UNITÁRIO (R\$)	TOTAL (R\$)	% DO CUSTO
1	Demolição de pavimentação asfáltica	m²	751,30	9,98	7.497,97	3,8
2	Escavação mecanizada de vala com prof. maior que 4,5 até 6,0 m	m³	1803,12	11,15	20.104,79	10,1
3	Escoramento de valas, com prof. acima de 2 m	m²	3278,40	21,10	69.190,43	34,9
4	Reaterro de vala com compactação manual	m³	279,10	39,33	10977,0	5,5
5	Reaterro mecanizado de vala, prof. de 4,5 a 6 m	m³	1953,38	13,05	25.491,61	12,9
6	Regularização e compactação de subleito	m²	751,30	1,21	909,07	0,5
7	Construção de pavimento com aplicação de CBUQ	m²	37,57	682,46	25.636,61	12,9
8	Tubo de concreto armado para águas pluviais DN 400 mm (NBR 8890)	m	683,00	56,42	38.534,86	19,4
TOTAL					R\$ 198.342,32	
APLICAÇÃO DE BDI 27%					R\$ 251.894,74	

Fonte: Autor (2017).**Tabela A3 – Custos dos serviços de instalação de rede pelo método destrutivo**

MUNICÍPIO: BR 110 - RN						
OBRA 4						
ITEM	SERVIÇOS	UNID.	QNTD.	VALOR UNITÁRIO (R\$)	TOTAL (R\$)	% DO CUSTO
1	Demolição de pavimentação asfáltica	m²	20,40	9,98	203,59	3,3
2	Escavação mecanizada de vala com prof. maior que 1,5 até 3,0 m	m³	57,12	11,15	636,89	10,2
3	Escoramento de valas, com prof. acima de 2 m	m²	134,40	21,10	2.836,50	45,3
4	Reaterro de vala com compactação manual	m³	5,75	39,33	226,2	3,6
5	Reaterro mecanizado de vala, prof. de 1,5 a 3 m	m³	66,30	13,05	865,22	13,8
6	Regularização e compactação de subleito	m²	20,40	1,21	24,68	0,4
7	Construção de pavimento com aplicação de CBUQ	m²	1,02	682,46	696,11	11,1
8	Tubo de concreto armado para águas pluviais DN 300 mm (NBR 8890)	m	24,00	31,92	766,08	12,2
TOTAL					R\$ 6.255,24	
APLICAÇÃO DE BDI 27%					R\$ 7.944,16	

Fonte: Autor (2017).

Tabela A4 – Custos dos serviços de instalação de rede pelo método destrutivo

MUNICÍPIO: NATAL/RN						
OBRA 5						
ITEM	SERVIÇOS	UNID.	QNTD.	VALOR UNITÁRIO (R\$)	TOTAL (R\$)	% DO CUSTO
1	Demolição de pavimentação asfáltica	m ²	20,40	9,98	203,59	2,7
2	Escavação mecanizada de vala com prof. maior que 3,0 até 4,5 m	m ³	81,60	8,61	702,58	9,2
3	Escoramento de valas, com prof. acima de 2 m	m ²	192,00	21,10	4.052,15	53,0
4	Reaterro de vala com compactação manual	m ³	5,75	39,33	226,2	3,0
5	Reaterro mecanizado de vala, prof. de 3 a 4,5 m	m ³	98,12	9,90	971,43	12,7
6	Regularização e compactação de subleito	m ²	20,40	1,21	24,68	0,3
7	Construção de pavimento com aplicação de CBUQ	m ³	1,02	682,46	696,11	9,1
8	Tubo de concreto armado para águas pluviais DN 300 mm (NBR 8890)	m	24,00	31,92	766,08	10,0
TOTAL R\$					7.642,79	
APLICAÇÃO DE BDI 27%					R\$	9.706,34

Fonte: Autor (2017).**Tabela A5 – Custos dos serviços de instalação de rede pelo método destrutivo**

MUNICÍPIO: NATAL/RN						
OBRA 6						
ITEM	SERVIÇOS	UNID.	QNTD.	VALOR UNITÁRIO (R\$)	TOTAL (R\$)	% DO CUSTO
1	Demolição de pavimentação asfáltica	m ²	27,00	9,98	269,46	3,2
2	Escavação mecanizada de vala com prof. maior que 1,5 até 3,0 m	m ³	75,60	11,15	842,94	10,1
3	Escoramento de valas, com prof. acima de 2 m	m ²	100,80	21,10	2.127,38	25,5
4	Reaterro de vala com compactação manual	m ³	15,56	39,33	612,2	7,3
5	Reaterro mecanizado de vala, prof. de 1,5 a 3 m	m ³	73,71	13,05	961,92	11,5
6	Regularização e compactação de subleito	m ²	27,00	1,21	32,67	0,4
7	Construção de pavimento com aplicação de CBUQ	m ³	1,35	682,46	921,32	11,0
8	Tubo de concreto armado para águas pluviais DN 700 mm (NBR 8890)	m	18,00	143,31	2.579,58	30,9
TOTAL R\$					8.347,42	
APLICAÇÃO DE BDI 27%					R\$	10.601,22

Fonte: Autor (2017).

Tabela A6 – Custos dos serviços de instalação de rede pelo método destrutivo

MUNICÍPIO: NATAL/RN						
OBRA 7						
ITEM	SERVIÇOS	UNID.	QNTD.	VALOR UNITÁRIO (R\$)	TOTAL (R\$)	% DO CUSTO
1	Demolição de pavimentação asfáltica	m ²	408,10	9,98	4.072,84	2,8
2	Escavação mecanizada de vala com prof. maior que 1,5 até 3,0 m	m ³	612,15	11,15	6.825,47	4,7
3	Escoramento de valas, com prof. acima de 2 m	m ²	1113,00	19,05	21.200,04	14,6
4	Reaterro de vala com compactação manual	m ³	151,60	39,33	5962,6	4,1
5	Reaterro mecanizado de vala, prof. de 1,5 a 3 m	m ³	583,58	13,05	7.615,76	5,2
6	Regularização e compactação de subleito	m ²	408,10	1,21	493,80	0,3
7	Construção de pavimento com aplicação de CBUQ	m ³	20,41	682,46	13.925,60	9,6
8	Tubo de PVC para rede coletora de esgoto DN 400 mm (NBR 8890)	m	164,00	265,69	43.573,16	30,0
9	Tubo de PVC para rede coletora de esgoto DN 350 mm (NBR 8890)	m	207,00	201,15	41.638,05	28,7
TOTAL					R\$ 145.307,32	
APLICAÇÃO DE BDI 27%					R\$ 184.540,29	

Fonte: Autor (2017).

Tabela A7 – Custos dos serviços de instalação de rede pelo método destrutivo

MUNICÍPIO: NATAL/RN						
OBRA 8						
ITEM	SERVIÇOS	UNID.	QNTD.	VALOR UNITÁRIO (R\$)	TOTAL (R\$)	% DO CUSTO
1	Demolição de pavimentação asfáltica	m ²	24,00	9,98	239,52	2,8
2	Escavação mecanizada de vala com prof. maior que 3,0 até 4,5 m	m ³	91,20	8,61	785,23	9,2
3	Escoramento de valas, com prof. acima de 2 m	m ²	182,40	21,10	3.849,54	45,2
4	Reaterro de vala com compactação manual	m ³	5,26	39,33	206,9	2,4
5	Reaterro mecanizado de vala, prof. de 3 a 4,5 m	m ³	112,32	9,90	1.111,97	13,1
6	Regularização e compactação de subleito	m ²	24,00	1,21	29,04	0,3
7	Construção de pavimento com aplicação de CBUQ	m ³	1,20	682,46	818,95	9,6
8	Tubo de PVC para rede coletora de esgoto DN 200 mm (NBR 8890)	m	24,00	61,35	1.472,40	17,3
TOTAL					R\$ 8.513,52	
APLICAÇÃO DE BDI 27%					R\$ 10.812,17	

Fonte: Autor (2017).

Tabela A8 – Custos dos serviços de instalação de rede pelo método destrutivo

MUNICÍPIO: NATAL/RN						
OBRA 9						
ITEM	SERVIÇOS	UNID.	QNTD.	VALOR UNITÁRIO (R\$)	TOTAL (R\$)	% DO CUSTO
1	Demolição de pavimentação asfáltica	m²	150,00	9,98	1.497,00	2,2
2	Escavação mecanizada de vala com prof. maior que 4,5 até 6 m	m³	750,00	5,75	4.312,50	6,3
3	Escoramento de valas, com prof. acima de 2 m	m²	1000,00	21,10	21.104,94	30,6
4	Reaterro de vala com compactação manual	m³	61,66	39,33	2425,2	3,5
5	Reaterro mecanizado de vala, prof. de 4,5 a 6 m	m³	897,00	8,63	7.741,11	11,2
6	Regularização e compactação de subleito	m²	150,00	1,21	181,50	0,3
7	Construção de pavimento com aplicação de CBUQ	m³	7,50	682,46	5.118,45	7,4
8	Tubo de PVC para rede coletora de esgoto DN 400 mm (NBR 8890)	m	100,00	265,69	26.569,00	38,5
TOTAL					R\$ 68.949,73	
APLICAÇÃO DE BDI 27%					R\$ 87.566,16	

Fonte: Autor (2017).**Tabela A9 – Custos dos serviços de instalação de rede pelo método destrutivo**

MUNICÍPIO: NATAL/RN						
OBRA 10						
ITEM	SERVIÇOS	UNID.	QNTD.	VALOR UNITÁRIO (R\$)	TOTAL (R\$)	% DO CUSTO
1	Demolição de pavimentação asfáltica	m²	195,70	9,98	1.953,09	2,9
2	Escavação mecanizada de vala com prof. maior que 3,0 até 4,5 m	m³	743,66	8,61	6.402,91	9,5
3	Escoramento de valas, com prof. acima de 2 m	m²	1565,60	21,10	33.041,89	49,2
4	Reaterro de vala com compactação manual	m³	33,43	39,33	1314,8	2,0
5	Reaterro mecanizado de vala, prof. de 3,0 a 4,5 m	m³	928,60	9,90	9.193,11	13,7
6	Regularização e compactação de subleito	m²	195,70	1,21	236,80	0,4
7	Construção de pavimento com aplicação de CBUQ	m³	9,79	682,46	6.677,87	9,9
8	Tubo de PVC para rede coletora de esgoto DN 150 mm (NBR 8890)	m	206,00	40,50	8.343,00	12,4
TOTAL					R\$ 67.163,43	
APLICAÇÃO DE BDI 27%					R\$ 85.297,56	

Fonte: Autor (2017).

Tabela A10 – Custos dos serviços de instalação de rede pelo método destrutivo

MUNICÍPIO: NATAL/RN						
OBRA 11						
ITEM	SERVIÇOS	UNID.	QNTD.	VALOR UNITÁRIO (R\$)	TOTAL (R\$)	% DO CUSTO
1	Demolição de pavimentação asfáltica	m ²	102,00	9,98	1.017,96	3,1
2	Escavação mecanizada de vala com prof. maior que 1,5 até 3,0 m	m ³	295,80	11,15	3.298,17	10,0
3	Escoramento de valas, com prof. acima de 2 m	m ²	696,00	21,10	14.689,04	44,6
4	Reaterro de vala com compactação manual	m ³	17,13	39,33	673,9	2,0
5	Reaterro mecanizado de vala, prof. de 1,5 a 3 m	m ³	364,65	13,05	4.758,68	14,5
6	Regularização e compactação de subleito	m ²	102,00	1,21	123,42	0,4
7	Construção de pavimento com aplicação de CBUQ	m ³	5,10	682,46	3.480,55	10,6
8	Tubo de PVC para rede coletora de esgoto DN 150 mm (NBR 8890)	m	120,00	40,50	4.860,00	14,8
TOTAL					R\$ 32.901,67	
APLICAÇÃO DE BDI 27%					R\$ 41.785,12	

Fonte: Autor (2017).**Tabela A11 – Custos dos serviços de instalação de rede pelo método destrutivo**

MUNICÍPIO: NATAL/RN						
OBRA 12						
ITEM	SERVIÇOS	UNID.	QNTD.	VALOR UNITÁRIO (R\$)	TOTAL (R\$)	% DO CUSTO
1	Demolição de pavimentação asfáltica	m ²	132,00	9,98	1.317,36	2,6
2	Escavação mecanizada de vala com prof. maior que 4,5 até 6 m	m ³	646,80	5,75	3.719,10	7,4
3	Escoramento de valas, com prof. acima de 2 m	m ²	1176,00	21,10	24.819,41	49,6
4	Reaterro de vala com compactação manual	m ³	29,42	39,33	1157,1	2,3
5	Reaterro mecanizado de vala, prof. de 4,5 a 6 m	m ³	806,52	8,63	6.960,27	13,9
6	Regularização e compactação de subleito	m ²	132,00	1,21	159,72	0,3
7	Construção de pavimento com aplicação de CBUQ	m ³	6,60	682,46	4.504,24	9,0
8	Tubo de PVC para rede coletora de esgoto DN 200 mm (NBR 8890)	m	120,00	61,35	7.362,00	14,7
TOTAL					R\$ 49.999,15	
APLICAÇÃO DE BDI 27%					R\$ 63.498,91	

Fonte: Autor (2017).