

# ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS MÉTODOS DE EXECUÇÃO DE SISTEMA CONVENCIONAL E NÃO DESTRUTIVO EM REDE COLETORA DE ESGOTO

*Data de aceite: 27/10/2023*

### **Rafaella Pinheiro Simões**

Engenheira Civil pela Universidade de Fortaleza (Unifor). Pós-Graduada em Engenharia de Saneamento Básico e Ambiental pela Universidade Paulista.

### **Larissa Farias Bulcão**

Graduanda em Engenharia civil pela Universidade de Fortaleza (Unifor).

### **Raquel Jucá de Moraes Sales**

Professora da Universidade de Fortaleza (Unifor). Mestre e doutora em recursos hídricos pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Pós-doutorado no Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental na UFC. Tecnóloga em Saneamento Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE).

### **Debora Carla Barboza de Sousa**

Professora da Universidade de Fortaleza (Unifor). Engenheira Agrícola pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). Mestre em Manejo e Gestão de Bacias Hidrográficas pela Universidade Federal do Ceará (UFC).

### **Anderson Ruan Gomes de Almeida**

Professor da Universidade de Fortaleza (Unifor). Engenheiro Civil e Mestre em Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Ceará (UFC).

**RESUMO:** A abertura de valas é o método convencionalmente utilizado para execução de obras de esgotamento sanitário. Em trechos que apresentam obstáculos ou alto tráfego faz-se necessário a aplicação de um sistema inovador e tecnológico que proporcione a travessia da tubulação sob o obstáculo e minimize os danos ao pavimento: o método não destrutivo. Sendo assim, o presente trabalho apresenta um estudo de caso realizado em uma obra com trechos de execução da rede coletora de esgoto em Fortaleza/CE, com intuito de analisar e descrever a aplicabilidade do método não destrutivo em comparativo ao método de abertura de valas para uma região de características semelhantes. Em vista disso, foi apresentado o processo executivo e avaliados fatores de tempo e custo, dissertando as particularidades de cada método e suas vantagens e desvantagens. Os resultados elucidam como desvantagem do método convencional a grande geração de resíduos, execução lenta, insegurança aos trabalhadores e impactos sociais e econômicos, tendo como vantagem o baixo custo. No entanto, a aplicação do método não destrutivo resultou em rapidez e segurança no processo executivo, além de possibilitar a passagem da tubulação por obstáculos e minimizar a interferência no

tráfego que, por consequência, reduz o impacto aos residentes e comércio local. Ainda que apresente alto custo em comparação à metodologia tradicional, torna-se viável a aplicação do método não destrutivo pela rapidez no processo e por minimizar impactos sociais e ambientais em trechos de grandes profundidades e extensões.

**PALAVRAS-CHAVE:** Esgotamento sanitário, Rede coletora de esgoto, Método não destrutivo.

## INTRODUÇÃO

A metodologia de valas a céu aberto é convencionalmente aplicada para a expansão do acesso à rede coletora de esgoto. Contudo, existem alternativas aplicáveis ao sistema de saneamento básico que podem apresentar inúmeras vantagens no processo executivo, como é o caso do método não destrutivo (MND).

A aplicação do MND ou do inglês *Horizontal Directional Drilling* (HDD) dispensa a abertura de valas e utiliza-se de uma perfuratriz que executa um furo piloto para encaixe de barras cilíndricas pelo alinhamento da tubulação, tornando possível que a tubulação de esgoto, ao ser acoplada em um alargador preso à coluna de perfuração, seja arrastada pelo subterrâneo de volta ao ponto inicial com auxílio de um fluido lubrificante (SILVA, 2019).

Aplica-se uma mistura de bentonita e água como transportador na etapa de perfuração do solo para evitar atrito e retorno do tubo. Esse lubrificante é ideal para estabilização do tubo, pois a bentonita possui propriedades tixotrópicas que permite solidificar quando em repouso. A instalação do tubo pode ser completa em dois estágios, porém executa-se o alargamento, caso necessário, devido ao diâmetro da tubulação desejado ou as condições do solo, sendo realizado aumentos gradativos até que se atinja ao valor almejado (ABRATT, 2006).

Por fim, a verificação do percurso e profundidade atingida pelo furo é feita por uma sonda instalada na cabeça do puxo, local onde se conecta a tubulação, na qual envia sinais para um navegador localizado na superfície do solo.

O método convencional, em contrapartida, requer a abertura de valas para assentamento da tubulação, compactação do solo, reaterro e reconstrução da pavimentação em todo o percurso da rede coletora. A etapa de remoção do pavimento e escavação inicia a obra e é responsável pelos maiores transtornos devido à quantidade de resíduos de solo gerado no processo de abertura de vala. Além disso, faz-se necessário a utilização de máquinas de corte ou retroescavadeiras para remoção das camadas de solo acima da profundidade solicitada em projeto e da largura da vala definida pela NBR 9814 (1987) e analisada de acordo com as circunstâncias locais de trabalho.

A fase de escoramento das paredes laterais de solos sujeitos ao desmoronamento é recomendada pelo MEOS (2004) e dá-se pelo manuseio de pranchas de madeiras ou perfis metálicos para a segurança dos trabalhadores, sendo uma etapa também dispensável no MND.

A sondagem realizada previamente pode acusar a existência de água durante o

traçado da rede coletora, indispensável para estabelecer a necessidade de realizar o rebaixamento do lençol freático com ponteiros cravadas no solo ou uso de motobomba para drenagem no interior da vala e remanejo do fluxo para as galerias de águas pluviais (NBR 12266, 1992).

O assentamento da tubulação de PVC rígido ocorre em sequência das etapas acima descritas, sendo realizado de jusante para montante com a ponta bolsa voltada para montante, de acordo com a NBR 9814 (1987).

O material para reaterro não deve conter pedras ou resíduos para não danificar a tubulação instalada, sendo necessário substituir por novo material vindo de jazidas próximas caso não se apresente em condições concordantes com a norma. A compactação deve ser feita em camadas de 20 cm disposta em umidade ótima e faz-se obrigatório o uso do compactador mecânico, exceto nos 30 cm acima da geratriz superior da tubulação, no qual é necessário compactação manual para reduzir danos no tubo (MEOS, 2004).

Consequentemente, o uso MND apresenta vantagens em relação ao sistema convencional por diminuir o tempo de execução da obra, também evita retrabalhos em períodos chuvosos em que a água escoar e carrega sedimentos de volta para dentro da vala e na reconstrução da pavimentação. Além disso, reduz custos no transporte do material classificado como inservível para reaterro até os locais adequados de despejo e custos com quantitativo de mão de obra (CORAL e STEINER, 2015).

No entanto, ao ser empregue novos procedimentos, os custos com os equipamentos aprimorados se tornam uma barreira para sua aplicação. Também, é indispensável mão de obra especializada, sobretudo para operação da máquina perfuratriz e atuação nos encaixes das barras cilíndricas, em contrapartida do método de valas a céu aberto que recorre a maior quantidade de funcionários, porém não é necessário amplo domínio na área de atuação (SANZ, 2017).

Segundo Coral e Steiner (2015), a engenharia aposta na busca de tecnologias, utilizando métodos inovadores que cobijam resultados em serviços de qualidade executados com rapidez. Nessa perspectiva, é coerente analisar o desempenho da utilização do método não destrutivo (MND) para obras públicas de implantação de redes coletoras de esgoto em detrimento do método tradicionalmente utilizado, visto que em grande parte dos casos o maior empecilho dessa metodologia é a própria execução devido à profundidade do assentamento, a largura da pista para acesso da retroescavadeira e locais para dispor o material retirado da vala.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVOS GERAIS**

O presente artigo objetiva apresentar as características e limitações entre o método

convencional e o MND, fundamentado na análise de critérios de execução, custo e socioambiental desenvolvidas a partir do estudo de caso implementado em uma obra na cidade de Fortaleza, Ceará.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Apresentar e dissertar sobre as particularidades de execução das metodologias aplicadas a instalação da rede de esgotamento sanitário com ênfase no método não destrutivo;

Avaliar, valendo-se de parâmetros de execução, tempo de obra e custos, a comparação entre o método não destrutivo e o convencional para instalação da rede coletora de esgoto em trechos análogos de um estudo de caso;

Expor vantagens e desvantagens da aplicação do MND em contrapartida da tecnologia convencionalmente utilizada para instalações dos ramais coletores.

## **METODOLOGIA**

A elaboração dos resultados foi efetuada a partir do levantamento realizado no bairro Maraponga, na cidade de Fortaleza, Ceará para implantação da rede coletora de esgoto sanitário na sub-bacia CE-5, inserida na Grande Bacia Cocó.

Nessa região, foi executado o método não destrutivo e convencional para trechos distintos da poligonal da obra devido à impossibilidade de avançar pela metodologia de valas a céu aberto no trecho de ligação do PV022, posicionado na Rua Emílio Conde, ao PV023 na Rua Áustria que necessitava passar por debaixo da linha do Metrô de Fortaleza, conforme ilustrado na figura 1.

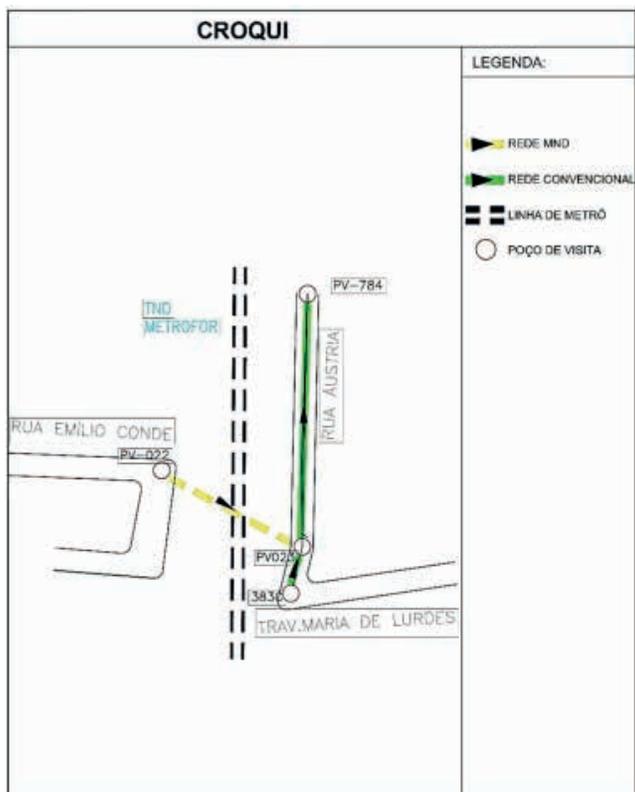


Figura 1 – Croqui de representação da área de estudo da sub-bacia CE-5.

O fluxo reduzido de trens no final de semana foi essencial para a execução do trecho com segurança. A escavação dos poços de serviço iniciou-se no sábado e as atividades de introdução das hastes com o fluido lubrificante (água e bentonita) e implantação da tubulação PEAD previamente soldada e dos alargadores de maior e menor diâmetro perduraram por mais alguns dias. A finalização ocorreu após a avaliação e garantia das cotas e profundidades demandadas em projeto, na qual foi executado os poços de visita com a inserção da tubulação PEAD, totalizando os 49 metros de extensão do trecho.

A sondagem em campo localizou os poços de visita e direcionou a rede coletora para que pudesse ser enviado junto ao levantamento topográfico para a empresa responsável pelo projeto de plano de furo e pela criação do cronograma de execução. Em resultado disso, é realizado o remanejamento das equipes, locação da obra e preparação dos poços de serviço.

O *software* utilizado para definições da máquina perfuratriz e haste apropriada para execução dos furos foi o Vermeer ATLAS Bore Planner®, seguindo as conclusões da sondagem realizada na localidade, na qual não foram encontradas interferências no percurso. A empresa terceirizada contratada atestou a necessidade de 20 hastes de 92

mm de diâmetro, 4,50 m de comprimento e 65 m de flexão, possuindo ângulo de entrada de  $-9.6\%$ .

Inicia-se a obra pela execução da locação e sinalização das áreas de corte do asfalto, contando com tendas de apoio aos operários com suprimentos necessários para acompanhamento do projeto. As dimensões da máquina perfuratriz mostrou-se empecilho para exercer as atividades, sendo necessário autorização dos proprietários de dois terrenos particulares para alojamento do maquinário e escavação de um poço de apoio.

A escavação mecânica dos poços de apoio e serviço foi realizada após o escoramento do tipo blindado devido à grande quantidade de água no lençol freático, sendo necessário a realização do rebaixamento. Posteriormente, após a instalação da perfuratriz, dá-se continuidade com a cravação das hastes de ferro no solo sendo acompanhada pelo navegador para que não ocorra desvios durante todo o percurso da tubulação definidos em projeto, processo demonstrado nas figuras 2 e 3.



Figura 2 - Instalação da máquina perfuratriz



Figura 3 – Retirada das barras de ferro após completar o trajeto

Determina-se a soldagem dos encontros dos tubos PEAD para alcançar a extensão necessária de assentamento, visto que o comprimento do tubo é originalmente de 6 m, trabalho este que foi realizado concomitantemente com a introdução do alargador no trecho. Por fim, é injetado o tubo nos poços de visita de DN 1200 mm à montante e jusante e feito o descarte da tubulação de sobra.

Utilizou-se da metodologia convencional de valas a céu aberto para execução dos 62,55 metros restantes de tubulação a ser assentada na Rua Áustria entre o PV022 e o PV784 em razão da facilidade de interrupção de tráfego no local por se tratar de uma rua pouco movimentada. O assentamento, por essa metodologia, da mesma rede coletora de DN 350 mm alongou o período de tempo e o quantitativo de operários na realização da escavação e assentamento.

## RESULTADOS

Celestino (2016) afirma que, diretos ou indiretos, todos os fatores de custo devem ser levados em consideração na execução da obra. Estão inclusos nos custos indiretos

despesas administrativas e tributárias, mão de obra técnica, canteiro de obras, segurança do trabalho e demais atividades que acrescentam valor ao custo final da obra sem está diretamente relacionado à execução do serviço.

Em virtude disso, os custos indiretos não irão constar como indicadores de comparativos entre as metodologias expressas neste trabalho, pois mensurá-las torna-se complexo visto que abrange diversas atividades secundárias, porém necessárias dentro do canteiro (SANZ, 2017).

Além disso, para análise das despesas com materiais, mão de obra, equipamentos e sub contratação, elementos inclusos nos custos diretos, vale ressaltar a importância do estudo ser apresentado com características semelhantes de localização, tipo de solo, profundidade de assentamento, diâmetro da tubulação e entre outros parâmetros que interferem no custo.

O comparativo dos custos de cada obra foi realizado baseado nas tabelas da SEINFRA 24.1 e SINAPI 09/2016 registradas no boletim de medição, atentando à diferença no material da tubulação, sendo utilizado PVC OCRE DN 350 mm para metodologia convencional de valas a céu aberto e PEAD DN 350 mm no MND. Também, foram considerados BDI de 30% e descontos de 15% do contrato, além das cotações de mercado.

É possível notar semelhanças nos itens de composição dos orçamentos, sendo necessários para ambos escavação, transporte de material, escoramento, aterro com compactação, rebaixamento de lençol freático, entre outros. Nesses casos, o que difere é o quantitativo dos itens, atingindo maiores valores para o método convencional devido à execução percorrer toda a extensão da vala.

A partir de uma observação individual, foi desenvolvida de forma sucinta a tabela 1, pondo em pauta apenas a metragem da rede coletora, o tempo, em horas, gasto para execução da atividade e o valor total a ser pago. Considera-se boas condições de clima e nenhum problema apresentado durante a execução dos ramais.

<b>Método construtivo</b>	<b>Rede coletora (m)</b>	<b>Tempo (horas)</b>	<b>Valor total (R\$)</b>
Abertura de vala	62,55	120	R\$ 46.466,58
Não destrutivo	49,00	36	R\$ 112.215,43

Tabela 1 - Análise geral de custo para cada método construtivo.

O tempo foi calculado com base na jornada de trabalho diária de 8h/dia, sendo preciso 4 horas a mais no método não destrutivo para execução do serviço em 4 dias, assim como sugerido no cronograma de atividades da obra. A investigação se prolongou para compreensão dos valores obtidos por metro executado, conforme apresentado na tabela 2.

<b>Método construtivo</b>	<b>Rede coletora (m)</b>	<b>Valor total (R\$)</b>
Abertura de vala	1,00	R\$ 742,87
Não destrutivo	1,00	R\$ 2.290,11

Tabela 2 - Análise por metro de rede executado.

Dessa forma, fica nítido o elevado custo do método não destrutivo para execução de 1,00 metro de rede em comparação ao custo da abertura de vala para a mesma extensão. No entanto, o MND destaca-se no parâmetro tempo, sendo possível realizar quase três obras no mesmo intervalo em que se dá por concluída apenas uma obra executada no método convencional, demonstrado na tabela 3, que faz uso da mesma análise anterior levando em consideração a execução de 100,00 metros de rede coletora.

<b>Método construtivo</b>	<b>Rede coletora (m)</b>	<b>Tempo (dias)</b>	<b>Valor total (R\$)</b>
Abertura de vala	100,00	24	R\$ 74.287,10
Não destrutivo	100,00	9	R\$ 229.011,08

Tabela 3 - Análise em 100m de rede coletora de esgoto pelos dois métodos.

## **ANÁLISE DOS RESULTADOS**

A análise individual dos itens orçamentários das duas metodologias empregues para a execução dos ramais coletores de esgoto permite apurar os elementos de maior impacto no custo final, apresentando particularidades em cada caso que justificam o valor do item.

A profundidade das valas para assentamento da tubulação faz parte dos requisitos principais a serem seguidos de projeto que, por vezes, atinge altos valores, ocasionando a necessidade de ser realizado grandes cortes no terreno na metodologia convencional. A consequência disso são os notórios custos elevados com transporte de material e aterro com compactação mecânica, sobretudo, em destaque, o escoramento contínuo da vala durante toda a extensão do trecho.

A figura 4 e 5 apontam as atividades de maior relevância referentes ao custo da execução da rede coletora pelo método de valas a céu aberto e MND, respectivamente, a partir dos itens dispostos no boletim de medição das obras.



Figura 4 – Itens mais relevantes referentes a execução de rede coletora por método convencional

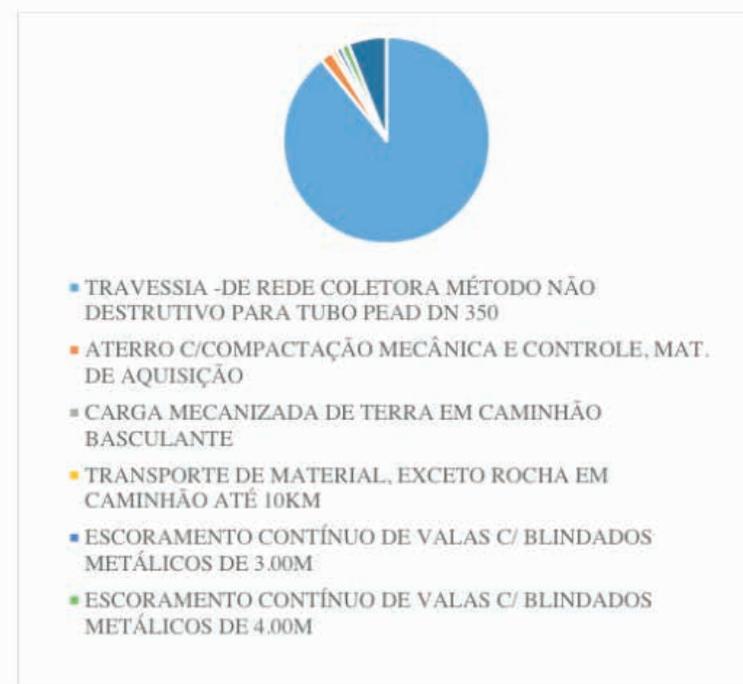


Figura 5 – Itens mais relevantes referentes a execução de rede coletora por método não destrutivo

Vale ressaltar que o item de travessia da rede coletora pelo método não destrutivo inclui gastos com equipamentos, transporte, mão de obra especializada, projeto do plano de furo com utilização do *software* adequado, além da máquina perfuratriz utilizada especificamente para esse método de execução ser de alto porte.

Além disso, o segundo maior valor de custo, demonstrado na Figura 5, não é sempre necessário em todos os projetos, visto que o rebaixamento de lençol freático nos poços de visita vai ser executado apenas quando o local apresentar grande quantidade de água ou alto nível do lençol.

## CONCLUSÃO

O acompanhamento da implementação da metodologia de valas a céu aberto e do MND em trechos análogos permitiu, através de análises e comparações, concluir que a aplicação do MND possui inúmeras vantagens em diversas situações, sendo a principal delas a redução do tempo de execução de obra.

Tratando-se de obras públicas, acelerar a execução de processos reduz impactos sociais e ao meio ambiente que podem interferir na economia local daquela região. A aplicação do método não destrutivo permite executar grandes extensões gerando o mínimo de resíduos e preservando a pavimentação, além de possibilitar atravessar obstáculos, como a linha metroviária, sem intervenções construtivas. Comparando os métodos, o MND apresenta velocidade de execução 30% superior à metodologia convencional, impactando no menor custo diário de mão de obra, além da satisfação da população com a rapidez do serviço.

Em outras perspectivas, o notório alto custo de execução do MND, visto que sua maior porcentagem de custo está presente na travessia da tubulação realizada pela perfuratriz, deve-se ao fato de ser uma metodologia nova e pouco empregue, o que faz com que poucas empresas se interessem em se especializar nesse ramo. É provável que na medida em que este processo seja aplicado, o custo de execução torne-se mais acessível devido a expansão do mercado e a livre concorrência.

Além disso, o escoramento de valas é a segunda atividade que mais agrega custos ao MND, representando 2% do total e pode ser retirada do orçamento em alguns casos a depender dos resultados da sondagem. Em contrapartida, essa mesma atividade engloba 39% do custo total do método de valas a céu aberto e seu uso torna-se obrigatório em toda a metragem da rede.

Vale ressaltar que a implementação da metodologia convencional faz uso de diversos equipamentos, como retroescavadeiras, caminhões e rolos compactadores que trabalham em função da produtividade do equipamento principal da atividade, resultando em um maior custo horário improdutivo, isto é, maior número de equipamentos parados dentro do canteiro. Enquanto no MND o serviço é executado por apenas um equipamento,

reduzindo custos improdutivos.

Em virtude da execução, é certo que em cenários específicos há a impossibilidade da aplicação da metodologia convencional, como é o caso da travessia de obstáculos sem intervenções construtivas. No entanto, há também circunstâncias que dificultam ao extremo a execução dessa metodologia, como quando é solicitado o assentamento da tubulação em grandes profundidades disposto em rua de largura pequena, impossibilitando o acesso da retroescavadeira e sendo preferível realizar a escavação manual do trecho, o que faz com que a execução se prolongue por um tempo muito maior, além da sensação de insegurança, já que os funcionários ficam expostos a desabamentos do solo e quedas.

Por fim, diante de todas as perspectivas citadas, a abertura de valas é viável em trechos de pequenas extensões, profundidades rasas, tubulações de pequenos diâmetros e localizadas em regiões de pouco tráfego de pedestres e veículos. Entretanto, para obras de grandes trechos e profundidades ou trechos que precisem ultrapassar obstáculos, localizadas em avenidas de grande tráfego, comércio intenso, diâmetros maiores e pavimentação em bom estado, recomenda-se a execução pelo método não destrutivo.

## REFERÊNCIAS

1. 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.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9814: Execução de rede coletora de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1987.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE TECNOLOGIA NÃO DESTRUTIVA – ABRATT. Diretrizes dos métodos não destrutivos. São Paulo, 2006.
4. CELESTINO, R.N. Método Não Destrutivo (MND) Como Alternativa de Execução em Sistemas de Esgotamento Sanitário – Estudo de caso envolvendo análise em campo e de projeto. Santa Catarina, 2016. Monografia (Bacharelado em Engenharia Sanitária e Ambiental). Universidade Federal de Santa Catarina.
5. CORAL, D. D. B. e STEINER, L. R. Comparativo entre Perfuração Direcional Horizontal (MND) x Método Destrutivo (Vala), para implantação de Rede De Gás Natural Urbana. Estudo de Caso. Santa Catarina, 2015. Artigo submetido ao Curso de Engenharia Civil da UNESC – Universidade de Extremo Sul Catarinense.
6. MANUAL DE ENCARGOS DE OBRAS DE SANEAMENTO – MEOS. Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE. Ceará, 2004.
7. SANZ, M.A. COMPARATIVO DE CUSTOS DIRETOS ENTRE PERFURAÇÃO DIRECIONAL HORIZONTAL E ABERTURA DE VALA PARA INSTALAÇÃO DE DUTOS. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Rio Grande do Norte, 2017.
8. SILVA, S.R.C. MÉTODO NÃO DESTRUTIVO EM ALTERNATIVA AO MÉTODO CONVENCIONAL PARA A EXECUÇÃO DE REDES COLETORAS DE ESGOTOS. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Rio Grande do Norte, 2019.