

MÉTODO NÃO DESTRUTIVO (MND) COMO ALTERNATIVA DE EXECUÇÃO EM
SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO – ESTUDO DE CASO ENVOLVENDO
ANÁLISE EM CAMPO E DE PROJETO

Autor: Renan Nijenhuis Celestino
Orientador: Pablo Heleno Sezerino

2016/2



**MÉTODO NÃO DESTRUTIVO (MND) COMO
ALTERNATIVA DE EXECUÇÃO EM SISTEMAS DE
ESGOTAMENTO SANITÁRIO – ESTUDO DE CASO
ENVOLVENDO ANÁLISE EM CAMPO E DE PROJETO**

Trabalho submetido à banca
examinadora como parte dos requisitos
para Conclusão de Curso de Graduação
em Engenharia Sanitária e Ambiental –
TCC II.

Orientador: Prof. Dr. Pablo Heleno
Sezerino

Celestino, Renan Nijenhuis.

Método não destrutivo (MND) como alternativa de execução em sistemas de esgotamento sanitário – Estudo de caso envolvendo análise em campo e de projeto.

Renan Nijenhuis Celestino – Florianópolis, 2016.

121 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental.

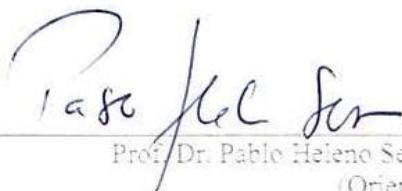
Trenchless Technology (TT) as construction alternative in sewage systems – Study case involving field and project analysis.

- 1- Método não destrutivo.
- 2- Sistema de esgotamento sanitário.
- 3- Transporte de esgoto sanitário.

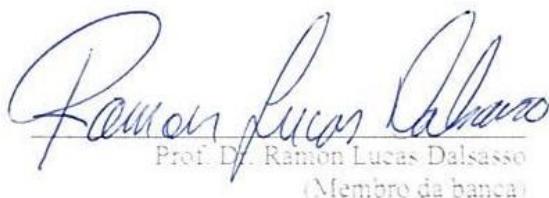
MÉTODO NÃO DESTRUTIVO (MND) COMO
ALTERNATIVA DE EXECUÇÃO EM SISTEMAS DE
ESGOTAMENTO SANITÁRIO – ESTUDO DE CASO
ENVOLVENDO ANÁLISE EM CAMPO E DE PROJETO

Trabalho submetido à banca examinadora como parte dos requisitos
para Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e
Ambiental – TCC II.

Banca Examinadora:



Prof. Dr. Pablo Heleno Sezerino
(Orientador)



Prof. Dr. Ramon Lucas Dalsasso
(Membro da banca)



Eng. Felipe Domingues Petermann
(Membro da banca)

FLORIANÓPOLIS, SC
02 DE DEZEMBRO DE 2016

AGRADECIMENTOS

Se estou tendo a oportunidade de escrever este trabalho, é porque não cheguei aqui sozinho. O caminho até aqui foi longo e ainda há muito o que percorrer, pude perceber que as conquistas não são feitas individualmente, por isso, agradeço imensamente aos meus pais, Roberto e Rivalda, pela educação, suporte e apoio ao longo de toda minha vida, estando sempre presentes desde os momentos felizes até os mais difíceis, e também, por me ensinar que na vida é necessário sonhar, mas também deve-se saber como lutar para alcançá-lo.

Agradeço a minhas irmãs e toda minha família, que mesmo com a distância estiveram presentes.

À minha namorada, Luisa, agradeço intensamente pela paciência e amor ao longo desses anos todos longe um do outro.

Aos meus amigos e amigas, que de alguma forma, colaboraram e compartilharam bons e maus momentos.

À todos os professores, desde o pré até a universidade, que de alguma forma transmitiram algo que moeda alguma no mundo se compra, o conhecimento. Em especial, aos professores do departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFSC, que me proporcionaram conhecimentos na área de atuação.

Ao professor Pablo, por transmitir sua imensa motivação como professor e conhecimento, também pela paciência ao me orientar.

Aos membros da banca, Professor Ramon e Felipe, pelas contribuições para este estudo.

Ao Engenheiro Antonio e técnico Lincoln da CASAN, que me deram todo o suporte técnico desde o planejamento até a visita em obra.

*“Ò mar salgado, quando do teu sal
São lágrimas de Portugal!
Por te cruzarmos, quantas mães choraram,
Quantos filhos em vão rezaram!
Quantas noivas ficaram por casar
Para que fosses nosso, ó mar!
Valeu a pena? Tudo vale a pena
Se a alma não é pequena.
Quem quer passar além do Bojador
Tem que passar além da dor.
Deus ao mar o perigo e o abismo deu,
Mas nele é que espelhou o céu.”*

(Fernando Pessoa, 1934)

RESUMO

Os sistemas de esgotamento sanitário (SES) tem como objetivo coletar, transportar e tratar os esgotos sanitários. As tubulações, caracterizadas por redes coletoras, interceptores e emissários são os responsáveis por transportar os esgotos, sendo o método construtivo mais utilizado das mesmas, o método de abertura de valas, o qual exige uma demanda de tempo muito grande, geram impactos socioambientais e, muitas vezes, sua execução torna-se inviável devido a particularidades como travessias em rios, estradas e em grandes centros urbanos. Novos aspectos construtivos e tecnológicos vêm sendo desenvolvidos e empregados, destacando-se o método não destrutivo (MND). Este consiste no mínimo de abertura de valas, destinado a qualquer infraestrutura subterrânea e aplicado tanto para redes novas, quanto para reabilitação e renovação das tubulações. Também, o MND é utilizado como alternativa pela redução danos ambientais, custos sociais e representa uma opção econômica para execução de obras com vala a céu aberto. Neste contexto, o trabalho tem como principal objetivo estudar a potencialidade do MND aplicável ao SES. A metodologia consistiu em realizar a comparação em campo dos dois métodos e elaborar um projeto de travessia, incluindo o orçamento para os dois métodos com o objetivo de comparar e relacionar a partir de qual profundidade o MND torna-se viável economicamente. Observou-se em campo a rápida execução do MND, precisão de execução e nenhuma influência no tráfego. A execução pelo MND foi 13% mais barato que o convencional. O MND é viável a partir de 4 metros de profundidade, sem incluir os custos indiretos.

PALAVRAS-CHAVE: Método não destrutivo; Sistema de esgotamento sanitário; Transporte de esgoto sanitário.

ABSTRACT

The sewage systems have as its goal to collect, transport and treat sanitary sewage. The pipes, which are characterized by networks, interceptors, and outfalls are responsible for transporting the sewage, especially the construction aspect the most used of them is the open-cut method that requires much time, generates environmental and social impacts, and often their execution becomes infeasible due to peculiarities such as river crossings, roads and in large urban centers. With the aim of proposing new aspects of construction and technology, the trenchless technology (TT) consists of a minimum of trenching, intended for any infrastructure underground and applied for both new networks and rehabilitation and renewal of pipelines. The TT is used as an alternative to reducing environmental damage, social costs and represent an economic option for sewage networks construction. It was carried out by the comparison of the two existing methods, and then a project of crossing, the budget for the two methods with the aim of comparing and relating from which depth the TT becomes economically viable. After the analysis of the project, the execution cost of TT was 13% cheaper than open-cut method. It was also pointed out in this study that the TT was viable from 4 meters depth, without including the indirect costs.

Keywords: Trenchless Technology; Sewage system; Sanitary sewage transport.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Concepção resumida de um sistema de esgotamento sanitário (FONTE: Elaborado pelo autor).....	16
Figura 2: Armazenamento de materiais. (Fonte: Elaborado pelo autor).	28
Figura 3: Passos para execução da rede coletora (FONTE: Elaborado pelo autor).....	30
Figura 4: Drenos para esgotamento para abaixar o nível do lençol freático (Fonte: Elaborado pelo autor).	33
Figura 5: Escoramento utilizado para o assentamento do coletor de esgoto (Fonte: Elaborado pelo autor).	34
Figura 6: Rede coletora de esgoto sendo assentada (Fonte: Elaborado pelo autor).....	35
Figura 7: Recomposição da pavimentação com o auxílio de uma motoniveladora manual (Fonte: Elaborado pelo autor).....	36
Figura 8: Nas figuras A, B e C, demonstra o aspecto estético negativo causado após a execução da rede coletora de esgotos pelo método convencional de abertura de valas. Na figura D, nota-se que há uma tendência o tráfego ficar mais lento (Fonte: Elaborado pelo autor).	36
Figura 9: Sequência de operação de HDD (FONTE: ALBERTO, 2012)....	39
Figura 10: Instalação de redes por micro-túnel (ABRATT, 2004).....	41
Figura 11: Exemplo do método de pipejacking (à esquerda) e escavação manual (à direita) (Fonte: NAJAFI, 2010).	41
Figura 12: Localização da cidade de Otacílio Costa, no estado de Santa Catarina.	43
Figura 13: Tipos de conectores (Fonte: Sondeq).....	48
Figura 14: Custos de implantação de uma SES (Fonte: Najafi Gokhale, traduzido por Dezotti).	50
Figura 15: Poço de serviço de emboque, dimensões de 1,50 x1,50m a uma profundidade de 1,75m. (Fonte: Elaborado pelo autor).	52
Figura 16: Na figura A (canto superior esquerdo) é apresentado a estrutura básica para apoiar a junção das duas tubulações, na figura B (canto superior direito), o termofusor e a estrutura básica já com as duas tubulações juntas, na figura C (canto inferior esquerdo) está o motor para controlar o termofusor, e na figura D (canto inferior direito) está o resultado da solda das duas tubulações de PEAD (Fonte: Elaborado pelo autor).	52
Figura 17: Resultado de duas soldas entre três tubulações destinado a uma travessia de 16 metros (Fonte: Elaborado pelo autor).	53
Figura 18: Nas figuras A e B, é mostrado a perfuratriz direcional, com 2,2 metros de largura e 4,6 metros de comprimento com capacidade de pull-back até 160kN, utilizada para realizar a travessia pelo método HDD, perfuração em solo argilo-siltoso, para um comprimento de 16 metros e diâmetro 225 mm. Na figura C, é demonstrado a distância que foi necessária entre o poço	

de serviço de emboque e a perfuratriz direcional para ajustar a declividade necessária para a rede a ser instalada.	54
Figura 19: Na figura A, é apresentado o transmissor, responsável de ajustar a declividade, na figura B, sendo realizado o ajuste, confirmando a distância e adaptando a declividade, enquanto um operador encontra-se na perfuratriz direcional acertando a declividade correta requerida (Fonte: Elaborado pelo autor).	54
Figura 20: Princípios de funcionamento da perfuratriz direcional com a haste, acoplamento da cabeça de furação às hastes e início do furo pilo em solo silto-argiloso (Fonte: Elaborado pelo autor).	56
Figura 21: Hastes/barras utilizadas para a travessia (Fonte: Elaborado pelo autor).	56
Figura 22: Figura A, haste iniciando a perfuração dirigida no poço de emboque e operador acompanhando até um certo trecho com o transmissor, para ter a garantia de que atingirá a declividade requerida. Figura B, perfuração dirigida realizada atingindo o poço de serviço de desemboque, são apresentados a pá de perfuração e a ponta da haste. Figura C, tamanho geral da travessia, rente a Rodovia SC-114 (Fonte: Elaborado pelo autor).	57
Figura 23: Figura A, operador tirando excesso de solo da pá de perfuração e na ponta da haste. Figura B, representa o alargador necessário para o diâmetro de 225mm. Figura C, cabeça de puxamento para aplicação na perfuração direcional dirigida. Figura D, alargador com a cabeça de puxamento e a tubulação pronto para o “pull-back” (Fonte: Elaborado pelo autor).	58
Figura 24: Poço de desemboque e emboque, figura A e B, respectivamente. Nota-se que o fluido está escoando para o poço de desemboque através do teste de escoamento.	59
Figura 25: Avaliação MASW dos trechos.	63
Figura 26: Resumo do relatório da sondagem geofísica por GPR para os PV's 01 e 02.	64
Figura 27: Resumo do relatório da sondagem geofísica por GPR para os PV's 03 e 04.	65
Figura 28: Distância mínima (d) conforme tabela abaixo.	85
Figura 29: Distâncias mínimas entre a máquina perfuratriz e o ponto para acerto da declividade (Fonte: NAJAFI, 2010).	90
Figura 30: Projeto do furo piloto, imagem gerada pelo software Atlas Bore Planner. Folha 01/07.	95
Figura 31: Projeto do furo piloto, imagem gerada pelo software Atlas Bore Planner. Folha 02/07.	96
Figura 32 Projeto do furo piloto, imagem gerada pelo software Atlas Bore Planner. Folha 03/07.	97
Figura 33: Projeto do furo piloto, imagem gerada pelo software Atlas Bore Planner. Folha 04/07.	98

Figura 34: Projeto do furo piloto, imagem gerada pelo software Atlas Bore Planner. Folha 05/07.	99
Figura 35: Projeto do furo piloto, imagem gerada pelo software Atlas Bore Planner. Folha 06/07.	100
Figura 36: Projeto do furo piloto, imagem gerada pelo software Atlas Bore Planner. Folha 07/07.	101

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Etapas e suas respectivas atividades necessárias para a realização do estudo de concepção. Fonte: Rodrigues Pereira & Soares (2006) e Tsutiya (2011). Adaptado pelo autor.....	20
Quadro 2 - Roteiro básico para elaboração dos “Termos de Referência – TR’s”. (Fonte: IBAMA, 1995).	21
Quadro 3 - Configuração do projeto do sistema de coleta e esgotos (CRESPO, 1997).	26
Quadro 4 - Dados do SES Otacílio Costa para a 1ªEtapa (Fonte: CASAN, 2015).	43
Quadro 5 - Diâmetro dos poços de serviços de emboque e desemboque conforme o diâmetro do tubo (Fonte: Passarelli).	44
Quadro 6 - Comprimento da barra de haste de acordo com o modelo da máquina (Fonte: DitchWitch, extraído de: ALBERTO, 2012).	47
Quadro 7 – Vantagens e desvantagens do HDD.....	58
Quadro 8 – Dados dos trechos a serem executados pelo MND.....	60
Quadro 9 - Características da haste escolhida de acordo com a máquina. ..	66
Quadro 10 – Resumo de custos da execução pelo MND.....	68
Quadro 11 - Resumo de custos da execução pelo método convencional. ...	69
Quadro 12 - Princípios básicos do HDD. Fonte: Roberto, 2014.	81
Quadro 13- Espaçamento mínimo (d). Fonte: SABESP NTS 226, 2005. ...	85
Quadro 14 - Tensão máxima suportada para tubulações em PEAD.....	93

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Distribuição dos custos de execução pelo MND.	69
Gráfico 2: Distribuição dos custos de execução pelo método convencional.....	70

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas;
ABPE – Associação Brasileira de Tubos Poliolefinicos e sistemas;
ABRATT - Associação Brasileira de Tecnologia Não Destrutiva;
CASAN – Companhia Catarinense de Águas e Saneamento;
CEDAE – Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro;
CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente;
CREA – Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia;
DEINFRA – Departamento Estadual de Infraestrutura;
EEE – Estação Elevatória de Esgoto;
ETE – Estação de Tratamento de Esgoto;
FATMA – Fundação do Meio Ambiente do Estado de Santa Catarina;
FSTT – *French Society for Trenchless Technology*;
FUNASA – Fundação Nacional de Saúde;
NASTT - *North American Society for Trenchless Technology*;
HDD - *Horizontal Directional Drilling*;
MND – Método Não Destrutivo;
PEAD – Polietileno de Alta Densidade;
SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo;
SANEPAR – Companhia de Saneamento do Paraná;
SES – Sistema de Esgotamento Sanitário

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS	14
	2.1.1 Objetivo geral	14
	2.1.2 Objetivos específicos	14
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
	3.1 Sistemas de Esgotamento Sanitário (SES)	14
	3.2 Fases para a implantação de um SES	16
	3.2.1. Elaboração do termo de referência	19
	3.2.2. Elaboração do projeto básico	23
	3.2.3. Registro e aprovação do projeto	24
	3.2.4. Elaboração do projeto executivo	25
	3.2.5. Licitação e construção do empreendimento	26
	3.3 Métodos Construtivos de um SES	27
	3.3.1. Método de Abertura de Valas	28
	3.3.1.1 Sinalização	29
	3.3.1.2 Locação da vala	29
	3.3.1.3 . Remoção de pavimento	30
	3.3.1.4 . Escavação	31
	3.3.1.5 . Esgotamento	32
	3.3.1.6 . Escoramento	33
	3.3.1.7 . Assentamento da Tubulação	34
	3.3.1.8 . Reaterro e Adensamento	34
	3.3.2 . Particularidades	35
	3.3.3 . Método Não Destrutivo (MND)	37
	3.3.3.1 Métodos de Instalação	38
	a. Perfuração Direcional Horizontal (<i>Horizontal Directional Drilling - HDD</i>)	39
	b. Perfuração por cravação	40

4	METODOLOGIA	42
4.3	Caracterização do local da obra	42
4.4	Caracterização do SES Otacílio Costa.....	42
4.5	Passos executivos do Método Não Destrutivo pelo método HDD para instalações de novas tubulações de esgoto.....	44
4.4	Elaboração do projeto.....	49
5	RESULTADOS E Discussão	50
5.1	Etapas em campo para execução do MND pelo Método HDD ..	50
5.2	Etapas de projeto.....	59
5.3	Avaliação da necessidade de implantação do MND.....	70
6	CONCLUSÃO.....	72
7	SUGESTÕES PARA ESTUDOS FUTUROS.....	75
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77
	ANEXOS	81
	Anexo 1: Etapas de projeto do MND	81
	APÊNDICES	95
	APÊNDICE A – Projeto do furo piloto.....	95
	APÊNDICE B – Detalhamento do orçamento de obras civis pelo método não destrutivo	102
	APÊNDICE C – Detalhamento do orçamento da lista de materiais pelo método não destrutivo	105
	APÊNDICE D – Detalhamento do orçamento de obras civis pelo método convencional.....	106
	APÊNDICE E – Detalhamento do orçamento da lista de materiais pelo método convencional.....	112
	APÊNDICE F – Sondagens a percussão	112

1 INTRODUÇÃO

Uma das formas de controlar os problemas decorrentes da falta de saneamento básico é através da implantação de sistemas de esgotamento sanitário, considerado uma das quatro dimensões do saneamento, que consiste na coleta, transporte, tratamento e disposição final adequada de esgotos sanitários.

A fase de projeto é extremamente importante, pois determinará qual (is) método (s) construtivo (s) utilizar-se-ão, que por sua vez, pode influenciar tanto no âmbito econômico como ambiental e social.

As tubulações, responsáveis pelo transporte dos esgotos sanitários, compreendem em redes coletoras, interceptores e emissários. O método construtivo amplamente utilizado no Brasil é o de abertura de valas, cujo representa um método tradicional antigo que se estagnou ao longo dos anos sem apresentar um desenvolvimento e melhoria deste aspecto construtivo.

Em centros urbanos a execução por este método causa transtornos ambientais, como por exemplo, geração de ruídos; de resíduos; de poeira e lama, e impactos sociais, destacando-se o tráfego intenso gerando congestionamentos. Além do mais, é um método construtivo demorado.

Diante dessa problemática, surgiu-se a ideia de propor uma alternativa visando a diminuição desses impactos, uma delas encontrada é o método construtivo não destrutivo, que consiste no mínimo de abertura de valas, destinado a qualquer infraestrutura subterrânea e aplicado tanto para redes novas, quanto para reabilitação e renovação das tubulações. O método não destrutivo é utilizado como alternativa para a redução de danos ambientais, custos sociais e representar uma opção econômica para execução de obras/serviços com vala a céu aberto.

O método tem sido extensamente utilizado em países desenvolvidos como os Estados Unidos, porém no Brasil ainda em pequena escala, devido às incertezas técnicas e por tecnologia pouco desenvolvida no país.

O objetivo desse trabalho é realizar um estudo da potencialidade do método não destrutivo em sistemas de esgotamento sanitário adaptado a realidade brasileira, que será composto primeiramente pela apresentação dos métodos construtivos não destrutivos existentes, em seguida, pela análise comparativa em campo entre os métodos construtivos convencional e não destrutivo em redes de esgoto sanitário, e por fim, avaliar a viabilidade econômica do método não destrutivo conforme a profundidade do coletor.

A avaliação desta potencialidade consistiu em acompanhamento da execução de uma obra por ambos os métodos em vias de tráfego intenso.

Devido à escassez da literatura brasileira sobre o assunto, é natural projetistas optarem por métodos já existentes e que tenham sido frequentemente usados, pois transmite uma segurança maior à eles.

O resultado esperado para esse trabalho é demonstrar a viabilização do método não destrutivo através de vantagens econômicas, ambientais e sociais; e determinar a profundidade mínima da rede coletora que supera economicamente o método de abertura de valas.

2 OBJETIVOS

2.1.1 Objetivo geral

Avaliar a potencialidade do método não destrutivo aplicável aos sistemas de esgotamento sanitário em travessias transversais e longitudinais a rodovias de tráfego intenso.

2.1.2 Objetivos específicos

- a) Apresentar os métodos não destrutivos aplicáveis nas infraestruturas e, especificamente, no ramo da engenharia sanitária;
- b) Realizar a comparação entre aplicações do método construtivo não destrutivo através de acompanhamento em obra no município de Otacílio Costa, localizado no estado de Santa Catarina;
- c) Identificar as potencialidades do método não destrutivo de acordo com a profundidade da rede.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Sistemas de Esgotamento Sanitário (SES)

A crescente demanda das comunidades por sistemas de esgotamento sanitário resulta da necessidade de proteção da saúde pública e do meio ambiente, o que requer planejamento das ações, elaboração de projetos, obtenção de financiamentos e construção das unidades de coleta, elevação, tratamento e destino final (RODRIGUES PEREIRA & SOARES, 2006).

Pessoa et. al. (2012) definem o sistema de esgotamento sanitário como “*é a integração dos componentes responsáveis pela coleta,*

transporte, tratamento e disposição final dos esgotos sanitários”. Um SES pode ser dinâmico ou estático, são definidas por Chericharo e outros (2008):

- **Esgotamento Sanitário Dinâmico:** É o responsável pelo transporte de esgotos através de instalação de redes e interceptores que conduzem os esgotos a uma estação de tratamento de esgoto (ETE);
- **Esgotamento Sanitário Estático:** Sistema de tratamento de esgoto sanitário individualizado, construído de forma a assegurar a adequada disposição final dos dejetos, e que requeira limpezas regulares do lodo para não deteriorar a qualidade do efluente. Instalação de fossas sépticas e sumidouros.

Tsutiya (2011) detalha os componentes de um sistema de esgoto sanitário dinâmico:

- **Rede coletora:** Conjunto de canalizações destinadas a receber e conduzir os esgotos dos edifícios; o sistema de esgotos predial se liga diretamente à rede coletora por uma tubulação chamada coletor predial. A rede coletora é composta de coletores secundários, que recebem diretamente as ligações prediais, e, coletores tronco. O coletor tronco é o coletor principal de uma bacia de drenagem, que recebe a contribuição dos coletores secundários, conduzindo seus efluentes a um interceptor ou emissário.
- **Interceptor:** Canalização que recebe coletores ao longo de seu comprimento não recebendo ligações prediais diretas;
- **Emissário:** Canalização destinada a conduzir os esgotos a um destino conveniente (estação de tratamento e/ou lançamento) sem receber contribuições em marcha;
- **Sifão invertido:** Obra destinada à transposição de obstáculo pela tubulação de esgoto, funcionando sob pressão;
- **Corpo de água receptor:** Corpo de água onde são lançados os esgotos;
- **Estação elevatória de esgotos (EEE):** Quando as profundidades das tubulações tornam-se demasiadamente elevadas, quer devido à baixa

declividade do terreno, quer devido à necessidade de se transpor uma elevação, torna-se necessário bombear os esgotos para um nível mais elevado. A partir desse ponto, os esgotos podem voltar a fluir por gravidade. As unidades que fazem o bombeamento são denominadas estações elevatórias (CHERNICHARO et al., 2008).

- **Estação de tratamento de esgotos (ETE):** conjunto de instalações destinadas à depuração dos esgotos, antes de seu lançamento;

Na Figura 1 segue um esquema resumido de um sistema de esgoto sanitário.



Figura 1: Concepção resumida de um sistema de esgotamento sanitário (FONTE: Elaborado pelo autor).

3.2 Fases para a implantação de um SES

A primeira etapa a ser realizada em um projeto de SES é o estudo de concepção, conforme a Funasa (2002) define concepção como o conjunto de estudos e conclusões referentes ao estabelecimento das diretrizes, parâmetros e definições necessárias e suficientes para caracterização completa do SES a ser projetado, ou seja, esta etapa tem fundamento para a escolha da alternativa mais adequada aos objetivos e interesses da comunidade, em que deve constar os critérios técnicos, econômicos e ambientais utilizados para definir o corpo receptor, indicar a localização

da unidade de tratamento e sugerir o sentido de escoamento do esgoto sanitário (RODRIGUES PEREIRA & SOARES, 2006).

O projetista deve atentar-se a NBR 9648/1986 – Estudo de Concepção de Sistemas de Esgoto Sanitário, que recomenda as condições exigíveis ao estudo de concepção de sistema de esgoto sanitário do tipo separador absoluto, com amplitude suficiente para o desenvolvimento do projeto de todas ou qualquer das partes que o constituem, observada a regulamentação específica das entidades responsáveis pelo planejamento do SES (ABNT, 1986).

Um levantamento abrangente, confiável e detalhado das características básicas do local de implantação, bem como da região circundante, assegura que o projeto e a obra sejam conduzidos sem tumultos ou surpresas indesejáveis. Em auxílio aos profissionais integrados em tais empreendimentos, detalham-se, a seguir os principais assuntos que devem ser investigados na fase embrionária dos estudos. (CRESPO, 1997)

Os tópicos mais relevantes para Crespo (1997) nesta fase são os seguintes:

- **Consultas à concessionária:** as consultas aos órgãos responsáveis pelos sistemas de água e esgoto devem ser completas e pertinentes. As definições de início de projeto somente poderão ser assumidas após pleno conhecimento das peculiaridades da infra-estrutura da empresa concessionária;
- **Levantamento topográfico:** o levantamento topográfico da área destinada à implantação do sistema de esgotos deve manter o mesmo nível de referência para todos os componentes do sistema: sistema de coleta, estações elevatórias e estação de tratamento de esgotos. Desencontros provocados por referenciais distintos exigem, posteriormente, demoradas rotinas de harmonização de cotas;
- **Investigação geológica:** As características do subsolo são informações importantes para garantir um projeto confiável e completo. Os parâmetros de projeto que poderão ser determinados somente após o completo conhecimento da configuração do subsolo são: dificuldades na escavação, os modelos de escoramento, as profundidades máximas e mínimas recomendáveis, se é terreno rochoso ou lençol freático raso. A investigação é realizada através de furos de

sondagem, em regiões cujo o solo seja rochoso, instáveis ou com água subterrânea é recomendado uma investigação geológica mais apurada, seguramente com furos mais próximos.

- **Infra-estrutura sanitária:** As informações são tanto mais importantes à medida que se constate a necessidade de integrar o sistema existente ao sistema projetado; devem-se considerar os planos de novas urbanizações e novos conjuntos habitacionais, desde que devidamente aprovados pelos órgãos competentes; um sistema de lixo, inexistente ou ineficiente, poderá sugerir a presença de um maior volume de sólidos grosseiros integrando o sistema de coleta de esgotos; e por fim, o consumo de água potável juntamente com os planos de expansão da concessionária são importantes e devem ser consideradas na avaliação da vazão máxima de projeto;
- **Infra-estrutura técnica:** Tanto nas fases de projeto quanto nas fases de construção e operação do novo sistema, o levantamento deve escrutar a disponibilidade do elemento humano com formação universitária. Essas consultas permitirão conhecer a possibilidade de recrutar engenheiros, arquitetos, economistas, químicos, biólogos, etc. A massa operária deverá ser classificada e quantificada de modo estimativo.
- **Infra-estrutura comercial:** Os materiais empregados na rede de coleta, nas estações elevatórias e nas estações de tratamento, devem ser definidos a partir dos insumos usados nas construções da cidade. O levantamento dos custos unitários da mão-de-obra qualificada, dos materiais a serem empregados e dos imóveis a serem eventualmente desapropriados representará para o projetista um conjunto de informações valiosas para elaborar a estimativa de custo de implantação do sistema.
- **Serviços públicos de energia elétrica e telefonia:** Os serviços públicos, principalmente de energia elétrica e telefonia, deverão ser consultados. As tarifas de consumo energético, industrial ou institucional, são dados que permitirão estabelecer um balanço econômico-financeiro entre as diversas opções de tratamento dos esgotos. Outro ponto que Crespo (1997) destaca são as normas e

regulamentações da concessionária de energia elétrica, estas representarão uma importante diretriz na elaboração dos projetos elétricos da ETE e das EEE.

- **Características urbanísticas:** O levantamento de informações urbanísticas refere-se à obtenção de dados relativos à regulamentação municipal dentro da área urbana do município. Normalmente esse documento identifica-se como a Lei de Uso e Ocupação do Solo. As áreas reservadas para parques industriais, para novas urbanizações, áreas de lazer, reservas de qualquer espécie, etc., deverão ser convenientemente identificadas como um valioso subsídio às definições de projeto.

Rodrigues Pereira & Soares (2006) e Tsutiya (2011) citam as etapas e atividades necessárias para a realização do estudo de concepção do SES, conforme descrito no Quadro 1.

Após o estudo de concepção realizado, as atividades posteriores para a implantação do SES são: elaboração do termo de referência; elaboração do projeto básico; registro e aprovação do projeto; projeto executivo; e licitação e construção do empreendimento.

3.2.1. Elaboração do termo de referência

O termo de referência (TR) é o instrumento precursor e orientador na elaboração de estudos ambientais, definido pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA como (IBAMA, 1995):

- EIA/RIMA – Estudo de Impacto Ambiental/Relatório de Impacto Ambiental;

- PM – Plano de Monitoramento.

Todavia, o termo de referência deve-se respeitar também as legislações estaduais e municipais vigentes do local do empreendimento. A Fundação do Meio Ambiente de SC – FATMA, por exemplo, através da Instrução Normativa (IN) N° 05, define a documentação necessária e estabelece critérios para apresentação de projetos e planos ambientais para implantação de sistema de coleta, transporte, tratamento e disposição final de efluentes sanitários.

Portanto, em sua IN N° 05 citam-se os instrumentos técnicos a serem utilizados no processo de Licenciamento Ambiental, além daqueles que o IBAMA exige, destacando-se:

- PCA – Plano de Controle Ambiental e Projeto de Controle Ambiental (neste item, o IBAMA exige apenas para atividades de mineração);

Quadro 1 - Etapas e suas respectivas atividades necessárias para a realização do estudo de concepção. Fonte: Rodrigues Pereira & Soares (2006) e Tsutiya (2011). Adaptado pelo autor.

Etapas	Definição	Atividades
Obtenção de dados e informações	Devem ser utilizados documentos e informações para caracterizar a área do empreendimento.	-Dados e características da comunidade; -Análise do sistema de esgoto sanitário existente; -Estudos demográficos e de uso e ocupação do solo;
Definição das premissas básicas	Devem ser determinados critérios e parâmetros de projeto; e cálculo das contribuições.	-Período de alcance do projeto; -Divisão da área em bacias e sub-bacias; -Projeção do crescimento populacional; -Cálculo da futura produção de esgoto.
Elaboração de alternativas	Devem ser elaboradas as alternativas de concepção do SES.	-Formulação criteriosa das alternativas de concepção; -Estudo de corpos receptores; -Pré-dimensionamento das unidades dos sistemas envolvidos para a escolha da alternativa: Rede coletora; Coletor tronco, interceptor e emissário; Estação elevatória e linha de recalque; Estação de tratamento de esgoto
Definição da alternativa	Deve ser definida a concepção do SES.	-Estimativa de custo das alternativas estudadas; -Comparação técnico-econômica e ambiental das alternativas -Alternativa escolhida

- EAS – Estudo Ambiental Simplificado;
 - ECA – Estudo de Conformidade Ambiental;
 - RAP – Relatório Ambiental Prévio (RAP);
 - PRAD – Plano de Recuperação de Áreas Degradadas pela atividade de mineração (neste item, o IBAMA exige apenas para atividades de mineração);

- Estudo de Análise de Estudos;
- Plano de Ação Emergencial.

O TR é elaborado com o objetivo de estabelecer as diretrizes orientadoras, o conteúdo e a abrangência do estudo exigido do empreendedor, em etapa anterior à implantação da atividade modificadora do meio ambiente. É elaborado pelo órgão ambiental, a partir das informações prestadas pelo empreendedor, na fase do “Pedido de Licenciamento Ambiental”. (NUVOLARI, 2003).

No Quadro 2 segue um roteiro básico para a elaboração do Termo de Referência conforme o IBAMA (1995).

Quadro 2 - Roteiro básico para elaboração dos “Termos de Referência – TR’s”. (Fonte: IBAMA, 1995).

1. Identificação do empreendedor	1.1 Nome ou razão social, número dos registros legais, endereço completo, telefone, fax, nome, CPF, telefone e fax dos representantes legais e pessoas de contato.
2. Caracterização do empreendimento	2.1 Caracterização e análise do projeto, plano ou programa, sob o ponto de vista tecnológico e locacional.
3. Métodos e técnicas utilizados para a realização dos estudos ambientais	3.1 Detalhamento do método e técnicas escolhidos para a condução do estudo ambiental (EIA/RIMA, PCA, RCA, PRAD, etc), bem como dos passos metodológicos que levem ao diagnóstico; prognóstico; à identificação de recursos tecnológicos e financeiros para mitigar os impactos negativos e potencializar os impactos positivos; às medidas de controle e monitoramento dos impactos. 3.2 Definição das alternativas tecnológicas e locais.
4. Delimitação da área de influência do empreendimento	4.1 Delimitação da área de influência direta do empreendimento, baseando-se na abrangência dos recursos naturais diretamente afetados pelo empreendimento e considerando a bacia hidrográfica onde se localiza. Deverão ser apresentados os critérios ecológicos, sociais e econômicos que determinaram a sua delimitação. 4.2 Delimitação da área de influência indireta do empreendimento, ou seja, da área que sofrerá impactos indiretos decorrentes e associados, sob a forma de interferências nas suas inter-relações

	<p>ecológicas, sociais e econômicas, anteriores ao empreendimento. Deverão ser apresentados os critérios ecológicos, sociais e econômicos utilizados para a sua delimitação.</p> <p>OBS.: a delimitação da área de influência deverá ser feita para cada fator natural: solos, águas superficiais, águas subterrâneas, atmosfera, vegetação, flora e para os componentes: culturais, econômicos e sociopolíticos da intervenção proposta.</p>
5. Espacialização da análise e da apresentação dos resultados	5.1 Elaboração de base cartográfica referenciada geograficamente, para os registros dos resultados dos estudos, em escala compatível com as características e complexidade da área de influência dos efeitos ambientais.
6. Diagnóstico ambiental da área de influência	<p>6.1 Descrição e análise do meio natural e socioeconômico da área de influência direta e indireta e de suas interações, antes da implementação do empreendimento.</p> <p>OBS.: Dentre os produtos dessa análise devem constar: uma classificação do grau de sensibilidade do meio natural na área de influência; caracterização da qualidade ambiental futura, na hipótese da não realização do empreendimento.</p>
7. Prognóstico dos impactos ambientais	<p>7.1 Identificação e análise dos efeitos ambientais potenciais (positivos e negativos) do projeto, plano ou programa proposto, e das possibilidades tecnológicas e econômicas de prevenção, controle, mitigação e reparação dos seus efeitos negativos.</p> <p>7.2 Identificação e análise dos efeitos ambientais potenciais (positivos e negativos) de cada alternativa do projeto, plano ou programa e das possibilidades tecnológicas e econômicas de prevenção, controle, mitigação e reparação de seus efeitos negativos.</p> <p>7.3 Comparação entre o projeto, plano ou programa proposto e cada uma das alternativas; escolha da alternativa favorável, com base nos seus efeitos potenciais e nas suas possibilidades de prevenção, controle, mitigação e reparação dos impactos negativos.</p>
8. Controle ambiental do empreendimento:	8.1 Avaliação do impacto ambiental da alternativa do projeto, plano ou programa escolhido, através

<p>alternativas econômicas e tecnológicas para a mitigação dos danos potenciais sobre o ambiente</p>	<p>da integração dos resultados da análise dos meios físico e biológico com os do meio socioeconômico.</p> <p>8.2 Análise e seleção de medidas eficientes, eficazes e efetivas de mitigação ou de anulação dos impactos negativos e de potencialização dos impactos positivos, além de medidas compensatórias ou reparatórias. Deverão ser considerados os danos sobre os fatores naturais e sobre os ambientes econômicos, culturais e sociopolíticos.</p> <p>8.3Elaboração de Programa de Acompanhamento e Monitoramento dos Impactos (positivos e negativos), com indicação dos fatores e parâmetros a serem considerados.</p>
--	---

3.2.2. Elaboração do projeto básico

O projeto básico, segundo a Resolução 361 de 10 de dezembro de 1991 do CREA/SP, é definido como um conjunto de elementos que define a obra e serviços que compõem o empreendimento, de tal modo que suas características básicas e o desempenho esperado estejam perfeitamente definidos, possibilitando a estimativa de seu custo e prazo de execução.

Ainda na mesma resolução, no artigo 3^a é citado as principais características do projeto básico:

- a) Desenvolvimento da alternativa escolhida como sendo viável, técnica, econômica e ambientalmente, e que atenda aos critérios de conveniência de seu proprietário e da sociedade;
- b) Fornecer uma visão global da obra e identificar seus elementos constituintes de forma precisa;
- c) Especificar o desempenho esperado da obra;
- d) Adotar soluções técnicas quer para conjunto, quer para suas partes, devendo ser suportadas por memórias de cálculo e de acordo com critérios de projeto pré-estabelecidos de modo a evitar e/ou minimizar reformulações e/ou ajustes acentuados, durante sua fase de execução;
- e) Identificar e especificar, sem omissões, os tipos de serviços a executar, os materiais e equipamentos a incorporar à obra;
- f) Definir as quantidades e os custos de serviços e fornecimentos com precisão compatível com o tipo e porte da obra, de tal forma a ensejar a determinação do custo global da obra com precisão de mais ou menos 15% (quinze por cento);

- g) Fornecer subsídios suficientes para a montagem do plano de gestão da obra;
- h) Considerar, para uma boa execução, métodos construtivos compatíveis e adequados ao porte da obra;
- i) Detalhar os programas ambientais, compativelmente com o porte da obra, de modo a assegurar sua implantação de forma harmônica com os interesses regionais.

O projeto básico do sistema de esgoto sanitário deve apresentar as informações hidráulicas e sanitárias, em memoriais (descritivo, justificativo e de cálculo), peças gráficas (desenhos) e planilha orçamentária, especificam Rodrigues Pereira & Soares (2006).

3.2.3. Registro e aprovação do projeto

A lei das licitações 9.666/93 exige para a licitação de obras e serviços, que haja projeto básico aprovado, de modo a se dispor de um documento que caracterize perfeitamente a obra e que permita a elaboração de um cronograma detalhado dessas obras, bem como um orçamento com precisão adequada (NUVOLARI, 2003).

Na resolução nº. 361/1991, o CREA (1991) especifica que o quadro técnico do órgão contratante, deverão providenciar a Anotação de Responsabilidade Técnica (ART), instrumento formal, estabelecido pela Lei 6.496/77, que é utilizada para:

- a) Registrar os contratos, escritos ou verbais, no CREA, mediante o pagamento de uma taxa;
- b) Apresentar as características da atividade;
- c) Identificar o responsável técnico pelo serviço ou obra.

De acordo com o tipo de empreendimento, é necessário solicitar licença do(s) órgão(s) ambiental (is), em que no anexo 1 da Resolução nº. 237/1997 do CONAMA, que regulamenta os aspectos de licenciamento ambiental estabelecidos na Política Nacional do Meio Ambiente, somente é citada a necessidade de licença ambiental para a implantação de interceptores, emissários, estação elevatória e tratamento de esgoto sanitário (CONAMA, 1997), não sendo mencionada a rede coletora, cita Rodrigues Pereira & Soares (2006). Todavia, Nuvolari (2003) cita que o projeto de redes coletoras, principalmente quanto ao aspecto de onde se dará o lançamento do esgoto coletado, deve a nosso ver, também ser objeto de análise, assim como as estações de tratamento de esgotos que apesar de não citadas textualmente, estariam incluídas no item Complexos e Unidades Industriais da mesma resolução.

A obtenção dos recursos financeiros inicia-se após o registro e aprovação do projeto, que dependem das exigências e critérios específicos da entidade financiadora, que, normalmente, realiza a verificação da viabilidade técnica, econômica, ambiental e social do empreendimento. As principais linhas de financiamento para obras de saneamento, podem ser citados programas de instituições como a Caixa Econômica Federal, a FUNASA, o Ministério das Cidades do Governo Federal, o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), o Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento (BIRD), citam Rodrigues Pereira & Soares (2006).

3.2.4. Elaboração do projeto executivo

O projeto executivo é um documento que transforma o projeto básico em projetos detalhados para permitir compra de materiais e equipamentos e execução das obras (NUVOLARI, 2003). Leme (1977), complementa que o projeto executivo tem a finalidade de fornecer os pormenores necessários à construção que não foram definidos no projeto básico, podendo determinar a assistência técnica do projetista durante a execução das obras.

Este documento é desenvolvido para permitir a perfeita execução das intervenções propostas e a licitação da obra, nos termos da Lei Federal 8.666/93, que institui as Normas para Licitações e Contratos da Administração Pública e dá outras Providências (RODRIGUES PEREIRA & SOARES, 2006).

Em seguida, Nuvolari (2003) indica que um bom projeto executivo deve conter as seguintes características:

- Soluções técnicas para as diversas atividades a um mínimo custo de investimento. Não interessam soluções sofisticadas que encareçam o projeto sem um real benefício;
- Adequabilidade às condições locais do empreendimento;
- Atendimento às condições de prazos e custos de implantação;
- Adequabilidade à execução, manutenção e operação do empreendimento;
- Adequabilidade às condições de segurança;
- Confiabilidade técnica e exatidão nos cálculos.

Portanto, o projeto executivo do sistema de esgoto sanitário como recomenda Rodrigues Pereira & Soares (2006), deve ser constituído, no mínimo, pelos projetos hidráulico-sanitário, estrutural, elétrico e arquitetônico, que apresentam memoriais (justificativo, descritivo e de cálculo), peças gráficas, planilha orçamentária, cronograma físico-

financeiro, normas técnicas utilizadas e especificações técnicas, conforme se sintetiza no Quadro 3.

Quadro 3 - Configuração do projeto do sistema de coleta e esgotos (CRESPO, 1997).

Relatórios	Peças Gráficas		
	Desenhos da rede de coleta	Plantas gerais	Detalhes construtivos
Memória Descritivo-justificativa	Plantas de Escoamento	Setores de densidade demográfica	-Poços de visita;
Memória de cálculo			Bacias hidrográficas
Relação de materiais		Plantas construtivas	
Especificações dos materiais	Planta chave do sistema de coleta		-Travessias;
Especificações dos serviços			-Sifões invertidos;
Orçamento estimativo da obra			-Extravadores;
			-Dissipadores de energia;
			-Lançamentos finais.

3.2.5. Licitação e construção do empreendimento

A licitação é comum em obras públicas e, algumas vezes, é dispensada em obras particulares (RODRIGUES PEREIRA & SOARES, 2006).

Conforme art. 3º da Lei 8.666/1991, “a licitação destina-se a garantir a observância do princípio constitucional da isonomia e a selecionar a proposta mais vantajosa para a Administração, processada e julgada em estrita conformidade com os princípios básicos da legalidade, da impessoalidade, da moralidade, da igualdade, da publicidade, da probidade administrativa, da vinculação ao instrumento convocatório, do julgamento objetivo e dos que lhes são correlatos” (BRASIL, 1991).

“O autor ou a empresa responsável pelo projeto pode participar como consultor ou técnico na licitação de obra ou serviço. No caso da execução podem atuar na fiscalização, supervisão ou gerenciamento, exclusivamente a serviço da Administração interessada” (BRASIL,

1991). Portanto, percebe-se um incentivo através da Lei, sobre os responsáveis do projeto, executá-lo por razões de se conhece-lo mais detalhadamente.

Por fim, a implantação do SES pode ser realizada por equipes de um órgão (no caso, concessionária de saneamento) ou de órgãos diferentes, como a de empresa contratada para a construção e outra para a fiscalização e gerenciamento da obra (RODRIGUES PEREIRA & SOARES, 2006).

3.3 Métodos Construtivos de um SES

Para execução de projetos de esgotamento sanitário, há diversos métodos para instalação, substituição e reparos de infraestruturas urbanas subterrâneas, Dezotti (2008) refere como devem ser feitas as escolhas partindo de condições específicas de cada projeto, citando-se:

- Características do solo ao longo do traçado;
- Comprimento máximo da tubulação;
- Diâmetro da tubulação;
- Disponibilidade local do método construtivo;
- Prazo de execução;
- Precisão requerida.

O método existente para a execução de um SES que, tradicionalmente, é utilizado no Brasil é o de abertura de valas, no entanto devido as tecnologias recentes, a implantação do método pode ser mista envolvendo o método não destrutivo (MND).

- Instalação e organização do canteiro de obras

Ao conjunto de edificações, instalações, locais de armazenamento e tudo mais que venha a ser reputado útil e carente, denomina-se canteiro de obras; indispensável para dar andamento conveniente aos serviços, situa-se junto ao local de execução da obra (DELLA NINA, 1975). Della Nina (1975) ainda destaca que a área a ser instalada não é em função somente da demanda da obra e sim da sua disponibilidade, preferencialmente deve estar alocada no centro de gravidade do local de execução da obra ou nos pontos mais próximos das principais frentes de trabalho e de fácil acesso, permitindo assim a entrada de caminhões e equipamentos em qualquer ponto da obra, quaisquer sejam as condições do tempo.

A SANEPAR, em seu manual de especificações para canteiro de obras (2012) especifica que “as edificações do canteiro de obras devem dispor de condições mínimas de trabalho e habitação, tais como: ventilação e temperaturas adequadas, abastecimento de água potável, instalações sanitárias com destinação dos dejetos para fossas e sumidouros (na ausência de rede coletora), distantes de cursos d’água e poços de abastecimentos e, destinação adequada para lixo orgânico e inorgânico”.

O canteiro de obras deve haver espaço para o armazenamento de materiais que serão utilizados em fases posteriores da obra, como segue na Figura 2.



Figura 2: Armazenamento de materiais. (Fonte: Elaborado pelo autor).

3.3.1. Método de Abertura de Valas

Este método é amplamente utilizado no Brasil por décadas, Najafi (2010) explica que “é o método convencional de construção, substituição e renovação de utilidades subterrâneas que exigem abertura de valas ou trincheiras, é um método indireto de instalação de tubulação”. É a forma mais comumente utilizada, apesar dos transtornos que traz para o trânsito de veículos e de pedestres (NUVOLARI, 2003).

O método, envolve escavação de uma trincheira ao longo de todo o trecho por onde a instalação passa, necessitando então de escoramento, construção de fundação, colocar a tubulação na trincheira, e preencher a

vala novamente e realizar as operações de compactação (NAJAFI, 2010, traduzido pelo autor).

Nuvolari (2003) cita que este é um método geralmente mais demorado que as obras de rede de água, por exemplo, pois para minimizar os transtornos ao público, deve-se trabalhar preferencialmente em trechos curtos (PV a PV), de modo que as valas possam ser rapidamente reaterradas.

Apesar de ser um dos métodos mais utilizados, não necessariamente implica na melhor escolha, pois geram transtornos tanto para a população e para o meio ambiente e pelo fato de ser uma aplicação antiga, não houve um desenvolvimento tecnológico nos últimos anos referente ao método.

Na execução de abertura de valas deve-se seguir as normas:

- NBR 9814 (ABNT, 1987) – Execução de rede coletora de esgoto sanitário;
- NBR 12266 (ABNT, 1992) – Projeto e execução de valas para assentamento de tubulação de água, esgoto ou drenagem urbana;

A Figura 3 demonstra resumidamente os processos de execução de um SES pelo método de abertura de valas.

3.3.1.1 Sinalização

Rodrigo Pereira & Soares (2006) citam a sinalização como “*o conjunto de equipamentos utilizados para indicar que a obra está sendo realizada em determinado logradouro, visando à proteção e à segurança da equipe, de pedestres e de condutores de veículos*”.

Portanto, antes de qualquer etapa construtiva devem haver sinalizações da obra, pela qual deve conter informações de onde está ocorrendo a obra e a qual distância essa sinalização se encontra da obra, com o objetivo de evitar acidentes.

3.3.1.2 Locação da vala

Nuvolari (2003) menciona a importância sobre a locação da vala, relatando que o primeiro cuidado antes de iniciar as obras é saber exatamente onde será a vala devido as possíveis interferências com outras obras enterradas como redes de água, drenagem, luz, telefone, gás, entre outros. Tratando-se de uma tubulação que funciona por gravidade, qualquer interferência que se interponha no caminho previsto pode inviabilizar tudo aquilo que foi projetado (NUVOLARI, 2003), portanto

essas possíveis interferências devem estar nas plantas executivas de cadastro, o que acaba sendo um problema pois o país, no geral, sofre com a falta desses dados.

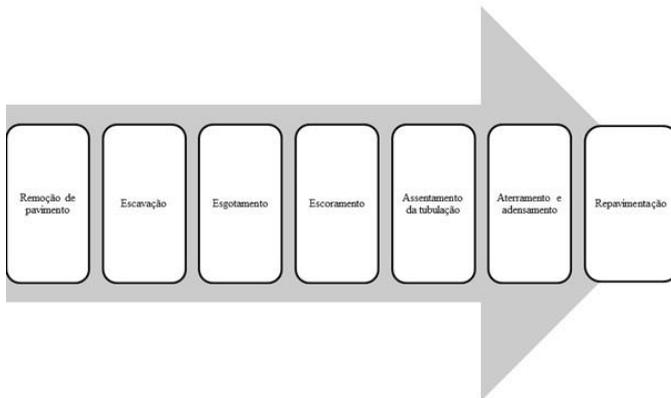


Figura 3: Passos para execução da rede coletora (FONTE: Elaborado pelo autor).

Em seguida, ainda na fase que antecede a execução da obra, deve-se executar sondagens para confirmar a localização de eventuais interferências e também ser realizado o nivelamento topográfico do eixo da rede com o intuito de confirmação das cotas do terreno indicadas no projeto, após todas as ações pode-se demarcar a posição da vala a ser escavada (NUVOLARI, 2003).

3.3.1.3. Remoção de pavimento

Conforme Rodrigues Pereira & Soares (2006), a remoção do pavimento representa, o início das obras da rede coletora de esgoto, o mesmo autor complementa que essa atividade pode ser realizada de forma manual ou mecânica, geralmente é utilizado martelo pneumático para ruptura do pavimento.

A NBR 12266 (ABNT, 1992) recomenda as seguintes condições:

- A largura da faixa de pavimentação a ser removida ao longo da vala deve ser a mínima necessária, de acordo com o tipo da pavimentação. Em pavimento articulado e asfalto, a largura dessa faixa deve ser a largura da vala mais 0,30 m; em passeio, a largura da vala mais 0,20 m;

- A pavimentação asfáltica deve ser removida, mecanicamente, através de rompedores pneumáticos ou outro equipamento apropriado;
- A pavimentação articulada deve ser removida com alavancas ou outras ferramentas;
- O piso dos passeios, geralmente em concreto ou ladrilhos hidráulicos (cerâmicos), pode ser removido mecânica ou manualmente;
- Os materiais reaproveitáveis (como paralelepípedos) de vem ser empilhados em local conveniente para futuro reaproveitamento;
- Os materiais não-reaproveitáveis (entulho) devem ser transportados de imediato para o bota-fora.

3.3.1.4. Escavação

As valas para receberem os coletores serão escavadas segundo a linha do eixo, sendo respeitados o alinhamento e as cotas indicadas no projeto (DELLA NINA, 1975). Escavação conforme a NBR 12266 é “a remoção de solo, desde a superfície natural do terreno até a cota especificada no projeto” e ainda orienta em situações específicas como (ABNT, 1992):

- A abertura das valas e travessias em vias ou logradouros públicos só poderá ser iniciada após comunicação ao órgão municipal;
- As escavações sob ferrovias, rodovias ou em faixa de domínio de concessionárias de serviços públicos só poderão ser iniciadas após cumpridas as exigências feitas por elas;
- A escavação deve ser executada segundo sugerido ou indicado em projeto;
- Devem ser providenciados tapumes para a contenção da terra depositada ao longo da vala;
- Se a escavação vier a colocar em risco galerias de águas pluviais, canalizações de água, gás e outras, deve ser executado um escoramento adequado para sustentação desta;
- A escavação em rocha pode ser: a) a frio, quando se tratar de rocha fraturada, ou branda, quando colocar em risco as edificações e serviços existentes nas proximidades ou quando for desaconselhável ou inconveniente o uso de explosivos por razões construtivas ou de segurança; b) a

fogo, quando se tratar de rocha sã, maciça, e desde que não apresente riscos às construções vizinhas.

É de extrema importância o conhecimento prévio do material a ser escavado, pois não são raros os casos em que, por falta ou deficiência de sondagem, os orçamentos excessivamente ultrapassados no decorrer da escavação, pela presença inesperada de rocha e outros inconvenientes do solo, explica Dacach (1984).

As escavações manuais são feitas com ferramentas do tipo: enxadão, enxada, vanga, pá e picareta. Nas valas com profundidades superiores a 2,00 m deve-se prever plataformas numa altura conveniente para possibilitar a remoção da terra escavada (NUVOLARI, 2003).

Nuvolari (2003) cita a escavação mecânica é como a mais econômica, no entanto, em locais com interferências não muito bem delineadas, pode ser necessária a escavação manual. Os equipamentos utilizados são: retroescavadeiras, para profundidades de valas até 2,50 m; escavadeiras hidráulicas, para profundidades de 5,00 ou 6,00 m; drag-lines, para raspagens em terrenos pouco consistentes e de difícil acesso; clam-shell e pás-carregadeiras, para carga de material solto nos caminhões.

3.3.1.5. Esgotamento

A presença de água na vala compromete a estabilidade da escavação, dificultando, ou mesmo impedindo, os trabalhos de assentamento das tubulações (MENDONÇA, 1987).

Portanto, quando o solo possui o lençol freático, é necessário retirar a água para que ocorra as fases seguintes de forma segura, e o esgotamento é feito então a partir de bombas para retirar ou abaixar o nível do lençol freático (Figura 4). A NBR 12266 (ABNT, 1992) traz as seguintes recomendações para a realização do esgotamento:

- Não havendo especificação no projeto, deve ser dada preferência às bombas para esgotamento do tipo auto-escorvante ou submerso;
- Deve ser previsto, a jusante do trecho em construção, um pequeno poço de sucção para onde a água infiltrada é conduzida. Drenos laterais, junto ao escoramento da vala, são usados para dirigir a água até o poço;
- Os crivos das bombas devem ser cobertos com brita, a fim de se evitar erosão por carreamento de solo.



Figura 4: Drenos para esgotamento para abaixar o nível do lençol freático (Fonte: Elaborado pelo autor).

3.3.1.6. Escoramento

É considerado uma das etapas mais importantes do projeto, com o intuito de assegurar segurança de trabalhadores para as etapas posteriores, de certa maneira a conter e estabilizar os solos na vizinhança pois geralmente as tubulações podem atingir profundidades na ordem de 4 metros, justificando o motivo de ter o escoramento. ANBR 12266 (ABNT, 1992) define escoramento como “toda a estrutura destinada a manter estáveis os taludes das escavações”.

Ainda mais, a norma sugere que o escoramento deve ser executado obedecendo atentamente as recomendações do projeto, a profundidade mínima é conforme o solo e tipo da região, a CASAN, por exemplo, exige escoramento a partir de 1,20m de profundidade. Já a portaria nº 46 do Ministério do Trabalho determina que as valas com 1,25 m de profundidade devem ser escoradas (NUVOLARI, 2003).

Há quatro tipos de escoramento para abertura de valas: pontaleamento, escoramento comum (contínuo ou descontínuo), escoramento especial e escoramento metálico (Figura 5).

Na referida norma, é estabelecido os parâmetros de largura da vala de acordo com o diâmetro da tubulação. O tipo de escoramento a ser

utilizado varia conforme a profundidade, tipo de solo, porém fica a critério da concessionária escolher o tipo de escoramento a ser utilizado.



Figura 5: Escoramento utilizado para o assentamento do coletor de esgoto (Fonte: Elaborado pelo autor).

3.3.1.7. Assentamento da Tubulação

Após estabilizado o solo, deve-se assentar a tubulação, sendo esta a etapa em que o conduto deve ficar bem apoiado no fundo da vala (Figura 6). Para tanto, deve ser feito rebaixo para alojamento da bolsa ou encunhamento do conduto, de forma a evitar que a tubulação fique apoiada nas bolsas.

3.3.1.8. Reaterro e Adensamento

Reaterro da vala é a recomposição de solo desde o fundo da vala até a superfície do terreno (ABNT, 1992), nesta etapa é onde ocorre o cobrimento da tubulação já enterrada e compactado o material para reaterro (que deve ser especificado em projeto).



Figura 6: Rede coletora de esgoto sendo assentada (Fonte: Elaborado pelo autor).

Nesta etapa, a recomposição da pavimentação em vias públicas deve ser feita conforme as recomendações de projeto e das exigências municipais, quando as ruas forem de terra, essas deverão ser regularizadas com o auxílio de um compactador de percussão (Figura 7).

Após a recomposição da pavimentação é feita uma limpeza geral, em asfaltos mesmo após a limpeza deixa-se rastros de que a obra foi realizada, destacando a diferença no asfalto originalmente executado, comprometendo esteticamente a via pública.

Um dos aspectos negativos da execução pelo método convencional de abertura de valas é a questão estética do asfalto após ser executado (Figura 8). Outro fator negativo é com relação ao trânsito local, dificultando o acesso e deixando o tráfego mais lento. Além disso, a empreiteira, concessionária ou órgão responsável pela obra está sujeito a multas.

3.3.2. Particularidades

Existem algumas particularidades que impedem a execução pelo método de abertura de valas, por exemplo, nas travessias.



Figura 7: Recomposição da pavimentação com o auxílio de uma compactador de percussão (Fonte: Elaborado pelo autor).



Figura 8: Nas figuras A, B e C, demonstra o aspecto estético negativo causado após a execução da rede coletora de esgotos pelo método convencional de abertura de valas. Na figura D, nota-se que há uma tendência o tráfego ficar mais lento (Fonte: Elaborado pelo autor).

As travessias permitem transportar o esgoto através de obstáculos, sem alterar o regime de escoamento em lâmina livre (CRESPO, 1997).

Há diversos tipos de travessias, Crespo (1997) classifica-as da seguinte forma:

- Travessias sobre cursos de água ou sobre outros obstáculos, aproveitando a existência de uma ponte, viaduto ou qualquer outro tipo de estrutura que possa dar suporte à canalização de esgoto. Com certeza, este modelo representa a opção mais segura e econômica;
- Travessias sobre cursos de água apoiados em pilares suportantes construídos no fundo do rio. Este modelo tem o inconveniente de introduzir um obstáculo ao livre curso da água. Eventuais remansos que possam ser provocados por esses pilares tornam aconselhável elaborar o projeto de modo que se estudem cuidadosamente as consequências do remanso provocadas a montante da estrutura;
- Travessias sobre cursos de água com as canalizações suportadas por treliças apoiadas nas duas margens do rio. É evidente que a solução tem sua limitação pautada pela capacidade suportante da treliça, tornando-se assim uma solução desaconselhável para vãos muito extensos;
- Travessias construídas atravessando por baixo de auto-pistas ou de ferrovias deverão correr dentro de uma tubulação de ferro corrugado. Essa canalização externa, que abraça o tubo de esgoto, absorverá as vibrações das cargas móveis.

Em qualquer caso deverá ser previsto um PV ou uma caixa de inspeção, no início e no final da travessia.

3.3.3. Método Não Destrutivo (MND)

O MND é um método construtivo pela qual exige o mínimo de abertura de valas para futuras instalações de infraestrutura subterrâneas como, por exemplo: água, esgoto, drenagem, gás, ente outros. Najafi (2010) cita que o método não destina-se somente para novas tubulações, é utilizado também para renovação ou substituição de tubulações subterrâneas.

Conforme Roberto (2014), nos grandes centros urbanos já respondem pela maioria das instalações, por conta de sua menor intervenção e distúrbio ao tráfego e à população. Dayal e outros (2011) destacam que é uma solução atrativa em áreas onde o acesso subterrâneo é difícil, quando

há uma profundidade grande ou quando a urbanização torna-se um dos fatores de difícil acesso. Essas configurações podem incluir as tubulações abaixo de rios, aeroportos, estradas ou ferrovias.

FSTT (2004) menciona que a ideia central do MND surgiu a intermédio de uma preocupação intensa com o impacto ambiental, pela qual é minimizado pelo método, portanto fica evidente que os danos podem ser reduzidos bem como os custos sociais, e simultaneamente, representam uma alternativa econômica para os métodos de instalação, reforma e reparo com vala a céu aberto (ABRATT, 2004).

3.3.3.1 Métodos de Instalação

Neste trabalho, como o objetivo é voltado para a instalação de novas tubulações, será brevemente apresentado os métodos disponíveis para restauração e substituição.

As tubulações podem encontrar-se defeituosas ao longo do tempo e certamente uma das causas é a vida útil da tubulação ultrapassada, para isto são necessários reparos e reforma, para tanto aplica-se o MND e são citados abaixo os métodos não destrutivos especificamente para restauração de tubulações:

- Revestimento por inserção de novo tubo (*slipling*);
- Revestimento por inserção apertada de tubulação deformada (*close-fit lining*);
- Revestimento por aspersão (*spray lining*);
- Revestimento por inserção com cura in loco (*cured-in-place lining*);
- Reparos e vedações localizados;
- Recuperação de tubos de grande diâmetro e de poços de acesso.

Quando a tubulação estiver em uma situação estrutural comprometida e que não seja permitida a recuperação ou quando possui capacidade inadequada, a técnica que deve ser utilizada é a de substituição dessas redes, por sua vez caracteriza-se pela substituição por arrebentamento in loco.

Como o foco desse trabalho é voltado para instalações de novas redes, serão descritos os métodos existentes:

- Perfuração por percussão;
- Perfuração direcional horizontal (HDD);
- Perfuração por cravação (*pipejacking* e micro-túneis).

a. Perfuração Direcional Horizontal (*Horizontal Directional Drilling - HDD*)

A perfuração direcional horizontal (HDD) é um método construtivo de menor impacto no ambiente e na natureza do que qualquer método de abertura de vala. É também aplicado em casos onde qualquer outra instalação técnica seja impossível ou possível somente com o custo muito alto (KARLSRUHE, 2002, traduzido pelo autor). Estes métodos são chamados assim, devido a sua habilidade de informar a localização da cabeça de perfuração e de guia-la durante o processo de perfuração (NAJAFI & GOKHALE, 2005). A sequência de operação da perfuração dirigida é exemplificada na Figura 9.

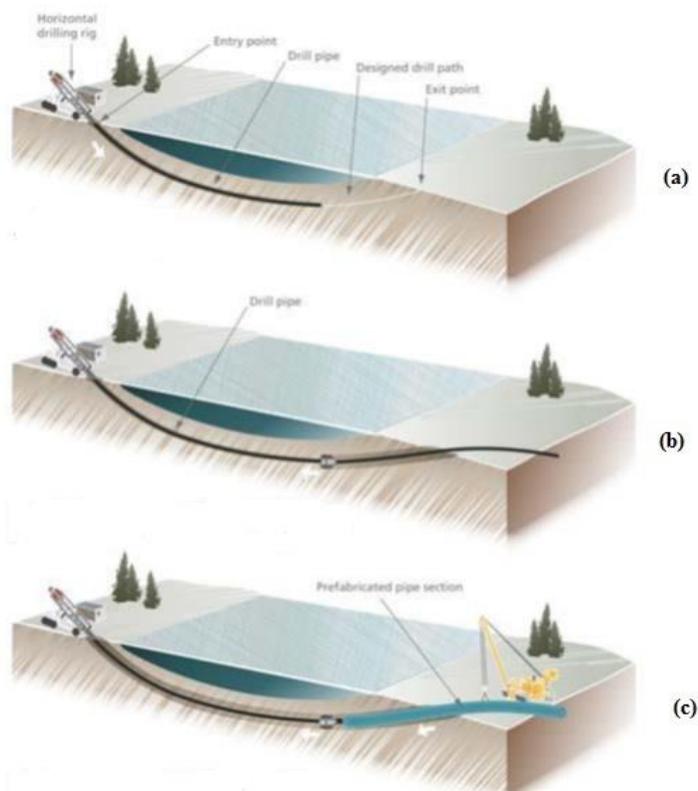


Figura 9: Sequência de operação de HDD (FONTE: ALBERTO, 2012).

Inicialmente, no poço de entrada (características similares a de um poço de visita) através de uma máquina de perfuração é perfurada (do poço de entrada, também denominado poço de serviço de emboque, e o poço de saída ou poço de serviço de desemboque) uma pequena tubulação piloto para traçar a trajetória da futura instalação a ser instalada (a), é necessário alargar o buraco que foi feito, fresagem partindo do poço de saída com direção ao poço de entrada (b), em seguida é inserido um tubo camisa (tubo para fornecer proteção mecânica, os diâmetros nominais são tabelados de acordo com o diâmetro nominal do tubo condutor) e posteriormente o tubo condutor (tubo que efetivamente que conduzirá o efluente, é inserido sobre o tubo camisa) (c).

A aplicação deste tipo de perfuração compreende desde diâmetros pequenos (cabos de telecomunicação e energia, dutos e tubulações de gás), diâmetros médios e grandes (tubulações pressurizadas que passarão por rios e travessias em estradas).

b. Perfuração por cravação

Há dois métodos de perfuração por cravação, *pipejacking* e micro-túneis (Figura 10 e Figura 11), o princípio básico consiste em um método em que tubulações pré fabricadas são levantadas ou puxadas de trás para frente com o auxílio de uma máquina de perfuração mecânica ou outros métodos de escavação de túneis. As tubulações, que são projetadas especialmente para suportar as forças de empuxo que ocorrem durante a instalação, formarão a tubulação final quando a operação de escavação estiver completa (ABRATT, 2004).

A diferença entre os dois métodos consiste principalmente pela dimensão do diâmetro a ser utilizado, micro-túneis aplica-se em situações onde as tubulações possuem diâmetros menores, a partir de 150mm até 1066mm, e a escavação é mecanizada, já o método *pipejacking*, as tubulações são de diâmetros maiores, maiores que 1066mm, fato que possibilita o acesso humano, portanto pode ser escavada manualmente.

A execução por esse método consiste em inicialmente construir um poço de entrada, se em caso de escavação mecânica, o espaço deve ser suficientemente grande para a entrada de máquinas e um poço de saída, com base de estudo preliminarmente realizados (topográficos e geotécnicos), é feito a escavação horizontal partindo do poço de entrada até o poço de saída, em seguida é inserido o tubo camisa mesma finalidade do qual utilizado no HDD) e o tubo condutor.



Figura 10: Instalação de redes por micro-túnel (ABRATT, 2004).

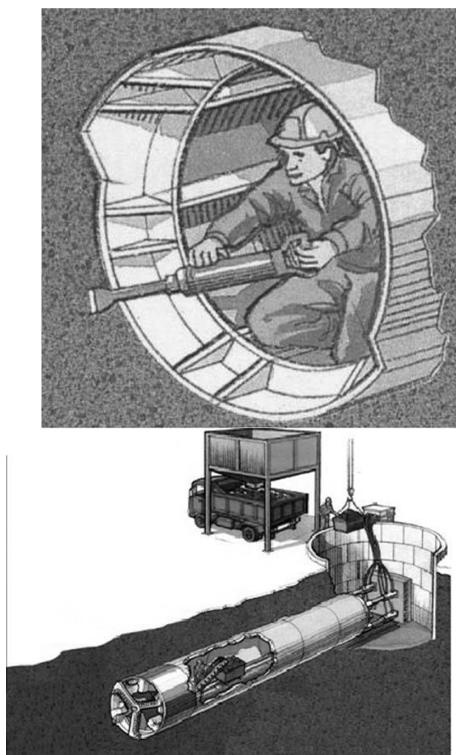


Figura 11: Exemplo do método de pipejacking (à esquerda) e escavação manual (à direita) (Fonte: NAJAFI, 2010).

4 METODOLOGIA

A pesquisa compreendeu em um estudo de caso, pela qual acompanhou-se e descreveu-se o passo a passo da execução de uma travessia transversal a rodovia SC-114 para implementação da rede coletora de esgotos pelo método não destrutivo no município de Otacílio Costa, em Santa Catarina.

A pesquisa foi realizada através dos dados coletados durante toda a execução da obra (em um único evento) e levantadas informações em campo, por meio de anotações e elaboração de relatório sobre a implementação do método pelas observações feitas, contendo vantagens e desvantagens.

Posteriormente, foi elaborado um projeto de implantação de uma rede coletora de esgotos ao longo de uma rodovia, para obter a profundidade mínima que o MND é viável economicamente, com base nas observações e anotações em campo.

4.3 Caracterização do local da obra

O município de Otacílio Costa localiza-se na região serrana do estado de Santa Catarina, situa-se na posição geográfica Latitude S – 27° 28' 58'' - Longitude W – 50° 07' 18''. De acordo com o censo demográfico do IBGE (2010), a cidade possui 16.337 habitantes.

4.4 Caracterização do SES Otacílio Costa

O projeto executivo foi concluído no ano de 2011, porém as obras iniciaram somente em junho de 2015 e em setembro de 2016, já tinham sido executados cerca de 90% da rede coletora, restando somente as cinco estações elevatórias de esgoto, o emissário de recalque e posteriormente a ETE, ambos resultantes da primeira etapa do SES. A previsão de conclusão é para junho de 2017.

Ao todo, foram previstas 10 travessias no projeto, sendo 9 em redes coletoras e 1 em emissário de recalque, a justificativa técnica explica-se pelas tubulações cruzarem transversalmente a rodovia SC-114, cujo o órgão responsável é o DEINFRA.

Como a faixa de domínio pertence ao DEINFRA, é dela que devem ser respeitadas as normas.

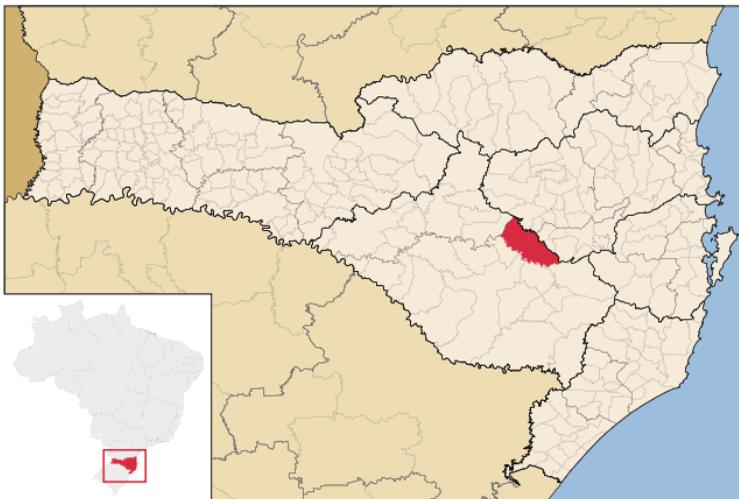


Figura 12: Localização da cidade de Otacílio Costa, no estado de Santa Catarina.

O Quadro 4 apresenta as características do sistema de esgotamento sanitário do município de Otacílio Costa.

Quadro 4 - Dados do SES Otacílio Costa para a 1ªEtapa (Fonte: CASAN, 2015).

Município/Obra	Otacílio Costa
Descrição Sucinta da Obra	Sistema de Esgotamento Sanitário
População atendida	5.882 habitantes
Ligações domiciliares	1.365 unidades
Rede coletora	29.924 metros
Estações elevatórias de esgoto	5 unidades
Emissários	3.848 metros
Estação de tratamento de esgoto	25 L/s
Valor do Empreendimento (R\$)	17.838.368,34
Investimento realizado (R\$) – Atualizado até out/2016	10.104.468,18
Ação empreendida	Obra em execução

As normas “Instruções para implantação de adutoras, dutos para transporte de líquidos e similares nas faixas de domínio do DEINFRA” e “Instruções para elaboração e apresentação de projetos para ocupação ou

travessia nas faixas de domínio do DEINFRA”, requerem que quando prever em projeto travessias de tubulações transversais ao domínio do DEINFRA, não poderá em hipótese alguma executar a rede pelo método convencional de abertura de valas, recomenda-se o método não destrutivo.

4.5 Passos executivos do Método Não Destrutivo pelo método HDD para instalações de novas tubulações de esgoto

Antes de iniciar a instalação da rede, o operador da máquina e do engenheiro responsável da obra devem estar cientes de todo o projeto de travessia bem como seus critérios. Após realizada a análise do projeto, prepara-se para a parte de instalação das redes, as quais são divididas em 4 etapas:

-Etapa preliminar: Execução dos poços de serviço; preparação das tubulações (caso houver); canteiro de obras e/ou localização da perfuratriz dirigida;

- Início do furo piloto;
- Fim do furo piloto;
- Inserção da tubulação;
- Conclusão da perfuração dirigida e testes.

a) Execução dos poços de serviço

A dimensão dos poços de serviço de emboque (de entrada) e de desemboque (de saída), também conhecidos como poços de ataque ou de visita (pois ao finalizar a execução da travessia, será um poço de visita), variam conforme o porte da travessia, do diâmetro da tubulação e do tipo de equipamento. No Quadro 5 é apresentado o diâmetro dos poços de serviço requerido em função do diâmetro da tubulação.

Quadro 5 - Diâmetro dos poços de serviços de emboque e desemboque conforme o diâmetro do tubo (Fonte: Passarelli).

Diâmetro do Tubo	Distância entre PV's (m)	Diâmetro Interno do PV de emboque (m)	Diâmetro Interno do PV de desemboque (m)
300	70	3,00	2,00
400	70	3,00	2,00
500	120	4,20	3,00
600	120	4,20	3,00

700	120	4,80	3,20
800	120	5,20	3,20
900	120	5,20	3,20
1000	200	5,40	4,00
1200	230	6,30	4,00
1500	230	7,40	4,30
2000	300	7,10	5,20

b) Preparação das tubulações

Quando o comprimento da travessia a ser executada for superior ao comprimento das tubulações que as fornecedoras do material dispõem, é necessário realizar o preparo das tubulações através de solda.

Neste caso, a solda deverá ser realizada com base nas seguintes normas:

- NBR 14.472 – Tubo de Polietileno PE 80 e PE 100 – Qualificação do Soldador (Módulo 3);

- NTS 060 - Tubos de Polietileno PE 80 e PE 100 para redes de água e adutoras – procedimento de solda de topo;

- DVS 2207-1 - Soldagem de Materiais Termoplásticos – Soldagem de Tubos, Conexões e Placas –Parte 1 – Procedimentos;

- DVS 2202-1 - Teste de Produtos Semi-Acabados de Polietileno - Avaliação de Solda;

- ISO 21307 - Tubos e Conexões Plásticas – Procedimentos de Solda de Topo para Tubos e Conexões de Polietileno (PE) para Distribuição de Água e Gás Combustível;

- DS/INF 70-2 - Tubulações plásticas – Procedimento de Solda de Termofusão de Topo;

- DS/INF 70-3 - Tubulações Plásticas – Solda de termofusão de Topo – Inspeção Visual.

Conforme ABPE (2013), a DVS 2207 é a mais largamente utilizada e aceita.

c) Localização da Perfuratriz

Um fator importante a ser definido em campo, é a localização da perfuratriz. Na fase de projeto pode ser definido a localização, porém eventuais problemas não previstos podem surgir, logo é mais concreto a definição em campo com a prévia em projeto.

Outro ponto a ser levado em conta com a localização da perfuratriz é o ajuste mínimo da declividade a ser executado, principalmente quando

são executadas redes com baixas declividades (menores do que 2%), recomenda-se a máquina (perfuratriz direcional) a uma distância suficiente ($i=5\%$) para calibrar com o transmissor, que é baseado em uma sonda ou gerador de sinal localizado numa carcaça situada atrás da cabeça de perfuração, que emite um sinal de rádio para um receptor situado na superfície.

A maior limitação do transmissor é a necessidade de ter acesso à superfície situada diretamente acima da cabeça de perfuração, o que poderá ser difícil ou impossível se a rede passar sob um prédio ou um curso d'água. Esse problema pode ser superado usando-se um sistema de direcionamento com “fio rígido” ou um transmissor que contenha uma bússola eletrônica integrada (ABRATT, 2005).

Os portes das perfuratrizes direcionais são caracterizados conforme a força de arraste necessária, por exemplo, o atrito e o esforço de alargamento do furo, que também é denominado “*pull-back*”, em outras palavras, quanto maior a potência de arraste, maior o porte das máquinas. Por isso as perfuratrizes são divididas em portes pequeno, médio e grande porte, de acordo com a classe de potência de arraste. As perfuratrizes de pequeno porte variam de 20 à 150 kN, as de médio porte entre 150 kN e 500 kN, e as de grande porte acima de 500 kN.

d) Preparação do furo piloto

Conforme a avaliação geológica-geotécnica realizada em projeto, avalia-se o tipo de fluido para iniciar o furo piloto, este fluido pode ser bentonita e água ou somente água.

A ABRATT (2005) cita algumas funções do uso de fluidos de perfuração:

- Lubrificar a cabeça de corte e reduzir o desgaste;
- Amolecer o solo para facilitar a perfuração;
- Remover o material escavado em suspensão, até o poço de lançamento;
- Estabilizar o furo antes do alargamento;
- Lubrificar a tubulação final durante o alargamento e a inserção;
- Acionar os motores de lama para perfuração através de solos duros.

O início do furo piloto se dá pelas hastes, que são elementos tubulares em aço liga capazes de transferir os esforços da máquina perfuratriz até a ferramenta de escavação, seu comprimento varia entre 1,5m e 6,1m e os diâmetros variam entre 25mm para as menores máquinas e 125mm para as máquinas de grande porte (ALBERTO, 2012).

Na execução de tubos em PEAD, as hastes são os grandes fatores limitantes quanto a curvatura.

e) Início do furo piloto

Com a haste de perfuração e a sonda posicionados na perfuratriz dirigida, inicia-se o furo piloto cravando e rotacionando-a no solo. As hastes possuem comprimentos fixos, sendo necessário adiciona-la ao longo do furo piloto até a conclusão da travessia.

O Quadro 6, proveniente de uma fabricante de máquinas perfuratrizes dirigidas, cita o comprimento das hastes que variam conforme o modelo da máquina utilizada na perfuração e o raio de curvatura.

Quadro 6 - Comprimento da barra de haste de acordo com o modelo da máquina (Fonte: DitchWitch, extraído de: ALBERTO, 2012).

Modelo da máquina	Comprimento da barra (m)	Raio de curvatura (m)	Deflexão (°)
JT520	1,52	21,3	4
JT920	3	30,5	5,5
JT922	1,8	30,5	6,5
JT1220	3	36,6	8,4
JT1720	3	41,1	7,4
JT2020	3	41,1	7,4
JT2720	3	44,2	6,9
JT3020	3	47,2	6,5
JT4020	4,5	45,7	9,9
JT8020	4,5	62,5	7,2
JT100	4,5	62,5	7,2
JT520	1,52	21,3	4

f) Fim do furo piloto

Ao longo do furo piloto, deve ser observado continuamente se a declividade está sendo mantida, pois qualquer erro pode comprometer o projeto hidráulico, havendo a possibilidade de não garantir a eficiência hidráulica de escoamento desejada. O furo piloto encerra-se quando as hastes atingirem no poço de desemboque.

g) Inserção da tubulação

Após o término do furo piloto, deve-se tirar o excesso de solo na pá de perfuração na ponta da haste, em seguida insere-se o alargador na

haste, justamente com o objetivo de alargar o furo piloto realizado. O alargador escolhido varia conforme o diâmetro da tubulação.

Alberto (2012) recomenda que a análise da capacidade de tração de uma perfuração deve ser realizada em conjunto com a resistência das hastes, capacidade da perfuratriz e resistência da tubulação que será instalada.

Por este motivo os conectores também denominados cabeça de puxamento ou puxadores, funcionam como fusíveis (*breakaway*, em inglês), devem funcionar como o ponto mais frágil do sistema de forma que, o efeito de maiores tensões aplicadas durante o puxamento provoque o rompimento do conector e não do duto ou das hastes (ALBERTO, 2012).

A Figura 13 demonstra alguns tipos de conectores, em que Alberto (2012) especifica a tensão máxima do conjunto é obtida pela combinação de pinos de resistência variável, combinados para fornecer a resistência desejada para a operação, a resistência dos pinos varia entre 3 kN e 40 kN.

Para concluir a travessia, o operador retira a pá de perfuração, traciona de volta a haste engatada com a tubulação, geralmente para diâmetros e travessias maiores é necessário um tubo camisa, que basicamente serve para proteção da tubulação que irá transportar o fluido.



Figura 13: Tipos de conectores (Fonte: Sondeq).

h) Conclusão da perfuração dirigida e testes

Após o término da tração entre os poços de serviço, realizam-se medições topográficas, quanto a cota de profundidade do coletor de entrada e saída da profundidade com o intuito de avaliar e garantir a declividade proposta do projeto hidráulico.

Em caso de redes gravitacionais, deverão ser realizados testes de escoamento, o fluido deverá escoar partindo do poço de emboque para o desemboque.

4.4 Elaboração do projeto

Com o intuito de identificar as potencialidades dos MND, foi elaborado um projeto utilizando os métodos convencional e não destrutivo.

Considerando que quanto mais profunda a rede, interceptor ou emissário, mais caro será a execução pelo método convencional de abertura de valas e que concessionárias de saneamento utilizam padrões diferentes sobre o MND. O objetivo deste item é avaliar a partir de qual profundidade o MND se torna mais vantajoso que o método convencional.

Foi analisado um trecho de rede coletora de esgoto, em que o dimensionamento hidráulico já foi previamente realizado intuitivamente para avaliar a partir de qual profundidade se viabiliza o MND. O presente trecho possuirá uma profundidade significativa, levantado custos diretos e indiretos, socioeconômicos e ambientais.

No final, são apresentados em forma quali-quantitativa e em peças gráficas, relacionando a relação de materiais, especificações dos serviços e o orçamento estimativo dos dois métodos, acompanhado de um relatório contendo uma estimativa qual profundidade o MND torna-se viável economicamente. As etapas do projeto de MND encontram-se no ANEXOS

Anexo 1.

4.2.1.6 Custos e orçamentos

Os projetistas devem considerar todos os elementos de custo de um orçamento de projeto, para que seja possível determinar qual é o método construtivo com melhor custo-benefício.

Tradicionalmente, nas obras de construção, manutenção e substituição de tubulações enterradas não tem sido considerado os custos sociais. Tais custos desconsiderados no orçamento incidem diretamente sobre a municipalidade, sociedade e cidadão (DEZOTTI, 2008). Na Figura 14, é apresentado sucintamente a divisão nos custos.

Custos diretos incluem os custos de mão de obra, materiais, subcontratação e equipamentos, necessários para execução obra (DEZOTTI, 2008).

Custo indireto é definido como todo custo que não apareceu como mão de obra, material ou equipamento nas composições de custos unitários do orçamento (MATTOS, 2006).

Pré-construção	Construção	Pós-construção
<ul style="list-style-type: none"> • Planejamento conceitual, riscos e análises de impacto • Aquisição de terra • Inspeção e documentação das condições do local existente • Mitigações • Permissões • Taxas de projeto e preparação dos esboços de contrato • Taxas legais 	<ul style="list-style-type: none"> • Custos diretos de construção (mão-de-obra, material e equipamentos) • Custos indiretos de construção (custos gerais) • Custos de ensaios e inspeções • Custos sociais 	<ul style="list-style-type: none"> • Operação • Manutenção • Depreciação • Perda de renda devido reparos emergenciais

Figura 14: Custos de implantação de uma SES (Fonte: Najafi Gokhale, traduzido por Dezotti).

Najafi & (2005) afirmam que os custos sociais apresentam grandes variações, podendo chegar a aproximadamente 20% dos custos diretos de uma obra.

Dezotti (2008), menciona que os custos indiretos são diretamente proporcionais à duração, sendo que, quanto maior a duração, maior serão os custos indiretos. Como os métodos não destrutivos geralmente apresentam maior produtividade e desperdício reduzido, a duração destes projetos é normalmente menor que em obras utilizando métodos tradicionais. Portanto os métodos não destrutivos apresentam custos indiretos menores do que os métodos convencionais de abertura de trincheira (DEZOTTI, 2008).

Por questões de organização, o orçamento foi dividido em obras civis e lista de materiais.

O critério de orçamento de obras civis adotado foi através dos preços listados na tabela de preços da CASAN de Abril de 2016, sem BDI (Bonificação e Despesas Indiretas). Eventuais itens que não foram encontrados, adotou-se o preço comercial.

Quanto ao critério de orçamento de materiais, foi feito a pesquisa em mercado.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Etapas em campo para execução do MND pelo Método HDD

As travessias foram planejadas para ser executadas somente após a execução de toda a rede por questões econômicas. No Brasil, apenas empresas especializadas executam o MND e nem sempre estas situam-se próximas a obra, sendo necessário mobilizar a equipe e seus equipamentos até o local. Portanto, é mais econômico mobilizar a equipe

para realizar todas travessias de uma só vez do que executá-las separadamente.

Até o momento da visita em campo, tinham sido executados 90% da rede coletora, os 10% restantes seria executado posteriormente pois não foram previstas travessias em projeto nesta área.

Todas as travessias foram executadas pelo método HDD.

5.3.1 Execução dos poços de serviço

Nos dias de acompanhamento, todos os poços de visita (de serviço/ataque/emboque ou desemboque) já tinham sido executados. Antes do início das obras de travessia, percebeu-se que os poços de visita estavam bem sinalizados e acompanhados com tapumes para segurança do local.

Como as travessias foram relativamente pequenas, todos os poços de visita foram padronizados às dimensões de 1,50 x 1,50m, em particular foi a profundidade que variou conforme necessidade de projeto (Figura 15).

5.3.2 Solda

O material da tubulação empregada foi o PEAD com o diâmetro de 225mm, e dado que os fabricantes fornecem em tubos de 6 metros e o comprimento das travessias oscilou entre 15 a 24 metros, foi necessário a solda para todas as travessias.

No exemplo apresentado na Figura 16 e Figura 17, foi necessário a junção de 3 tubulações, 2 soldas, totalizando 16 metros de travessia, ainda sendo necessário o corte de 2 metros.

A solda foi realizada por termofusão, dividida em 4 etapas: preparação, aquecimento, solda e resfriamento.

A preparação consistiu em: alinhar os tubos e/ou conexões; limpar as superfícies de solda; facear as extremidades de solda, assegurando o perfeito paralelismo das partes e a remoção de possível camada oxidada; medir a pressão de arraste.

O aquecimento ocorreu em 2 sub-fases: pré-aquecimento, para garantir que as superfícies de solda estejam em contato com a placa de aquecimento, esta fase deve ocorrer de curta duração com pressão elevada; a segunda fase, consistiu no aquecimento, que se processa a baixas pressões, praticamente zero, e por tempo correlacionado com a superfície de solda, para que o material atinja a temperatura de fusão apropriada.



Figura 15: Poço de serviço de emboque, dimensões de 1,50 x1,50m a uma profundidade de 1,75m. (Fonte: Elaborado pelo autor).



Figura 16: Na figura A (canto superior esquerdo) é apresentado a estrutura básica para apoiar a junção das duas tubulações, na figura B (canto superior direito), o termofusor e a estrutura básica já com as duas tubulações juntadas, na figura C (canto inferior esquerdo) está o motor para controlar o termofusor, e na figura D (canto inferior direito) está o resultado da solda das duas tubulações de PEAD (Fonte: Elaborado pelo autor).



Figura 17: Resultado de duas soldas entre três tubulações destinado a uma travessia de 16 metros (Fonte: Elaborado pelo autor).

Em seguida, a solda foi realizada objetivando a compressão das superfícies de solda fundidas, para ocorrer a penetração e a interligação molecular das duas partes. A pressão de solda deve ser mantida até que a temperatura caia abaixo da temperatura de fusão do material.

Por último, o resfriamento realizou-se em 3 fases: resfriamento durante a solda, com pressão elevada; resfriamento após a solda. Alguns procedimentos, como a DVS 2207, recomendam manter a pressão de solda ainda nesta fase, outros recomendam zerar a pressão, mas sempre mantendo o conjunto imóvel até o fim do ciclo de cristalização do material (ABPE, 2013); resfriamento para aplicar carga e pressão. Pode ser executado já com as partes soldadas fora da máquina de solda, e já podem ser movimentadas, entretanto, somente deve ser aplicada pressão após a superfície de solda atingir a temperatura ambiente (ABPE, 2013).

5.3.3 Localização da Perfuratriz

Como as travessias foram caracterizadas entre pequeno e médio porte, foi necessária uma máquina com capacidade de arraste (pull-back) de no máximo 160kN, foi utilizado a máquina D24X40 S3, com dimensões 2,2 de metros de largura e 4,6 metros de comprimento, 124,6kN de empuxo e força 5.694 Nm de torque rotacional conforme as especificações da fabricante (vermeer). A máquina está apresentada na

Figura 18. Nesta mesma figura (item c), a foto foi tirada a partir do poço de emboque (início do furo piloto) a fim de demonstrar a dimensão de distância entre a perfuratriz e o início do furo piloto, ressaltando que essa distância foi adotada para acertar a declividade mínima da futura rede.



Figura 18: Nas figuras A e B, é mostrado a perfuratriz direcional, com 2,2 metros de largura e 4,6 metros de comprimento com capacidade de pull-back até 160kN, utilizada para realizar a travessia pelo método HDD, perfuração em solo argilo-siltoso, para um comprimento de 16 metros e diâmetro 225 mm. Na figura C, é demonstrado a distância que foi necessária entre o poço de serviço de emboque e a perfuratriz direcional para ajustar a declividade necessária para a rede a ser instalada.



Figura 19: Na figura A, é apresentado o transmissor, responsável de ajustar a declividade, na figura B, sendo realizado o ajuste, confirmando a distância e adaptando a declividade, enquanto um operador encontra-se na perfuratriz direcional acertando a declividade correta requerida (Fonte: Elaborado pelo autor).

Na Figura 19, são demonstrados o transmissor e a calibração. A calibração foi feita através de uma trena (distância correta) e foi ajustando esta distância no transmissor.

5.3.4 Preparação e início do furo piloto

Conforme a avaliação geológica-geotécnica realizada em projeto, avaliou-se o tipo de fluido para iniciar o furo piloto, e considerou-se somente água como apropriado, por não houver restrições quanto ao tipo de solo.

Com relação as hastes, a perfuratriz possui carregamento automatizado.

Para acertar a declividade até o poço de emboque foram, aproximadamente, 30 minutos.

São demonstrados os passos para conectar a haste e a cabeça de furação para o preparo do início da perfuração, na Figura 20. Os tipos de hastes utilizadas e o armazenamento delas, na Figura 21.

5.3.5 Fim do furo piloto

O fim do furo piloto encerrou-se do outro lado da SC-114 no poço de desemboque, entre o poço de emboque e o desemboque o furo foi realizado em 20 minutos, em uma travessia de 16 metros de comprimento (Figura 22).

Nesta etapa, deve atentar-se quanto ao fluido utilizado, deve estar sempre pressurizado.

5.3.6 Inserção da tubulação

Após o término do furo piloto, foi retirado o excesso de solo na pá de perfuração na ponta da haste, como recomendado. Em seguida colocou-se o alargador na haste seguido da cabeça de puxamento. Este processo levou aproximadamente 25 minutos.

Na inserção da tubulação, a tração foi feita mais lentamente do que a do furo piloto devido a condições de tração da tubulação de PEAD.

Em seguida, ao tracionar a tubulação de volta, levou-se 20 minutos (Figura 23).



Figura 20: Princípios de funcionamento da perfuratriz direcional com a haste, acoplamento da cabeça de furação às hastes e início do furo pilo em solo silto-argiloso (Fonte: Elaborado pelo autor).



Figura 21: Hastes/barras utilizadas para a travessia (Fonte: Elaborado pelo autor).



Figura 22: Figura A, haste iniciando a perfuração dirigida no poço de emboque e operador acompanhando até um certo trecho com o transmissor, para ter a garantia de que atingirá a declividade requerida. Figura B, perfuração dirigida realizada atingindo o poço de serviço de desemboque, são apresentados a pá de perfuração e a ponta da haste. Figura C, tamanho geral da travessia, rente a Rodovia SC-114 (Fonte: Elaborado pelo autor).

5.3.7 Conclusão da perfuração horizontal dirigida e testes

Os testes realizados em campo foram: topográficos e de escoamento.

Com auxílio de um teodolito, foram medidos a cota de profundidade da tubulação para conferir como proposto em projeto. As declividades da rede nas travessias variaram de 0,93% a 1,71%, ou seja, com declividades baixas, e através das medições topográficas, todos os pontos conferiram com as de projeto.

O teste de escoamento foi realizado a partir do lançamento do fluído no poço de emboque, com intuito de escoar até o poço de desemboque através (Figura 24).

Observou-se o uso correto dos equipamentos de segurança dos operadores, que estavam munidos de capacete, sapatos de borracha e calças fechadas, óculos para proteção aos olhos e luva para o operador da perfuratriz.

No Quadro 7, são citadas algumas vantagens e desvantagens do HDD conforme observações em campo.

Quadro 7 – Vantagens e desvantagens do HDD.

Vantagens	Desvantagens
Requer menos tempo de execução comparado com o método convencional e até mesmo com outros métodos não destrutivos;	Dificuldade em executar redes com declividades pequenas;
Não influencia o tráfego;	Pode ocorrer a movimentação do solo quando executado em pequenas profundidades;
Custos sociais e ambientais muito inferiores ao método convencional	Custo de serviço relativamente alto;
Maior segurança aos trabalhadores	Necessita conhecimento total do subsolo (sondagens geofísicas)



Figura 23: Figura A, operador tirando excesso de solo da pá de perfuração e na ponta da haste. Figura B, representa o alargador necessário para o diâmetro de 225mm. Figura C, cabeça de puxamento para aplicação na perfuração direcional dirigida. Figura D, alargador com a cabeça de puxamento e a tubulação pronto para o “pull-back” (Fonte: Elaborado pelo autor).



Figura 24: Poço de desemboque e emboque, figura A e B, respectivamente. Nota-se que o fluido está escoando para o poço de desemboque através do teste de escoamento.

5.2 Etapa de projeto

Para etapa de projeto foram utilizados os seguintes *softwares*:

- AutoCAD da empresa *Autodesk ink.*, utilizado para elaboração das peças gráficas;
- CasanCAD, plataforma vinculada ao AutoCAD, utilizado para realização do perfil topográfico e da rede coletora;
- Vermeer ATLAS Bore Planner ®, da empresa Vermeer, utilizado para o dimensionamento do furo piloto e da travessia;
- Excel, da empresa Microsoft®, utilizado para o orçamento.

As características dos trechos, com dimensionamento hidráulico já realizado, a serem comparados são demonstrados na tabela abaixo.

A área de estudo foi considerada genérica, a planta de localização e perfil destes trechos encontra-se no apêndice G.

Por ser uma área genérica, as coordenadas dos PV'S apresentadas na peça gráfica de localização, foram genéricos.

As características do projeto, previamente dimensionados, estão no Quadro 8.

Quadro 8 – Dados dos trechos a serem executados pelo MND.

PLANILHA DE CÁLCULO DA REDE COLETORA														
					LOCALIDADE:						Coefic. Manning:			
					RODOVIA DOS VIANAS - BAIRRO CENTRO						0,013000			
					BACIA:						DATA			
					1						23/11/16			
Localização	TRECHO	Poço de Visita	PVJ	Ext.	Cotas Terreno		Cotas Coletor		Profundidade PV		DECL.	Diam		
		PVM			CTM	CTJ	CCM	CCJ	Montante	Jusante				
(rua, av., serv.)				(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(mm)		
Rodovia dos Vianas	001-001	01	02	44,00	10,492	9,954	5,820	5,600	4,672	4,354	0,007000	200		
Rodovia dos Vianas	001-002	02	03	24,00	9,954	9,556	5,600	5,417	4,354	4,139	0,008500	200		
Rodovia dos Vianas	001-003	03	04	86,00	9,556	9,732	5,417	4,569	4,139	5,163	0,014000	200		

5.2.1 Justificativa técnica

As dificuldades de assentamento da tubulação aumentam conforme atingem grandes profundidades pela execução do método convencional, pois mesmo utilizando escoramentos adequados (que por sua vez são mais caros conforme mais profundas), os riscos para os trabalhadores são maiores, além de ser uma execução mais lenta, possuir alto custo operacional e necessidade de interrupção do tráfego.

Portanto, visto que os trechos citados possuem grandes profundidades e pela rede estar locada em uma rodovia, estes serão executados pelo método não destrutivo.

O método a ser utilizado é o HDD, mesmo algumas literaturas não recomendando executar este método em declividades pequenas, as empresas prestadoras deste serviço garantem a execução com a declividade prevista em projeto. Outro método que poderia ser utilizado é o *PipeJacking*, porém o custo de execução é superior ao do HDD.

5.2.2 Termos para licenciamento

Foi previsto o tratamento da lama, em que a lama gerada será tratada e reciclada.

Em situações que foram ultrapassados o nível do lençol freático, foi previsto o bombeamento direto para rebaixar o nível e a lama gerada, encaminhada para o caminhão para recirculação e tratamento da mesma.

Para o método convencional, todo o trecho considera-se a utilização de conjunto motobomba para a retirada de água proveniente tanto do nível do lençol freático como da infiltração de água de drenagem.

5.2.3 Análise geotécnica

Todas as sondagens foram realizadas nos locais onde serão executados os poços de serviço.

A sondagem à percussão foi realizada com o objetivo de identificar o tipo de solo ao longo da profundidade e o nível de água.

As sondagens geofísicas, MASW e GPR, foram realizadas com o intuito de avaliar a presença de rocha e possíveis interferências, respectivamente.

Sondagem à percussão

A partir da análise a percussão, foi elaborado o perfil do solo junto ao perfil, no apêndice G. Os relatórios de sondagem a percussão para cada PV, estão no apêndice H.

Observou-se a tendência de solos argilo siltosos próximos a camada superficial, seguidos de solos com areia fina e de areia média.

Os níveis de água para os PV's 01, 02, 03 e 04 foram encontrados, respectivamente, 2,20, 1,90, 1,56 e 1,55 metros de profundidade.

Portanto, como as profundidades de todos os PV's ultrapassam o nível do lençol freático, torna-se necessário o rebaixamento do mesmo através de bombeamento direto com a utilização do conjunto motobomba.

MASW

Na Figura 25 está apresentada a avaliação resultante da sondagem geofísica MASW.

Através desta análise, vê-se que os terrenos rochosos encontram-se muito abaixo de onde a tubulação será executada, portanto não será necessária uma perfuratriz específica para perfuração em rochas.

Nota-se a predominância de camada superficial de natureza argila-siltosa, contendo material arenoso a partir de 4 metros de profundidade, em média.

GPR

A avaliação desta sondagem geofísica permitiu analisar as possíveis interferências subterrâneas.

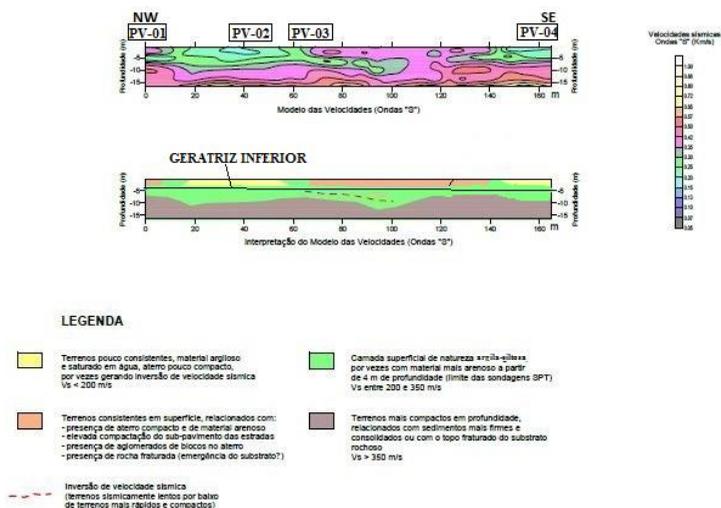


Figura 25: Avaliação MASW dos trechos.

Na Figura 26 e Figura 27, são apresentados os resumos dos relatórios da sondagem geofísica por GPR realizados.

Quanto aos PV's 01, 03 e 04 não foram encontradas interferências relevantes e nenhuma anomalia, possibilitando a execução normal dos respectivos poços.

Quanto ao PV 02, foi encontrado uma tubulação localizada a 0,70 metros da superfície, ou seja, este poço de serviço pode ser executado de maneira cuidadosa, se preocupando com a possível tubulação.

5.2.4 Dimensões dos poços de serviço

São previstos os poços de emboque e desemboque, como os visitados em campo.

Foram adotados para os poços de emboque e desemboque com dimensões de 1,50 x 1,50 metros.

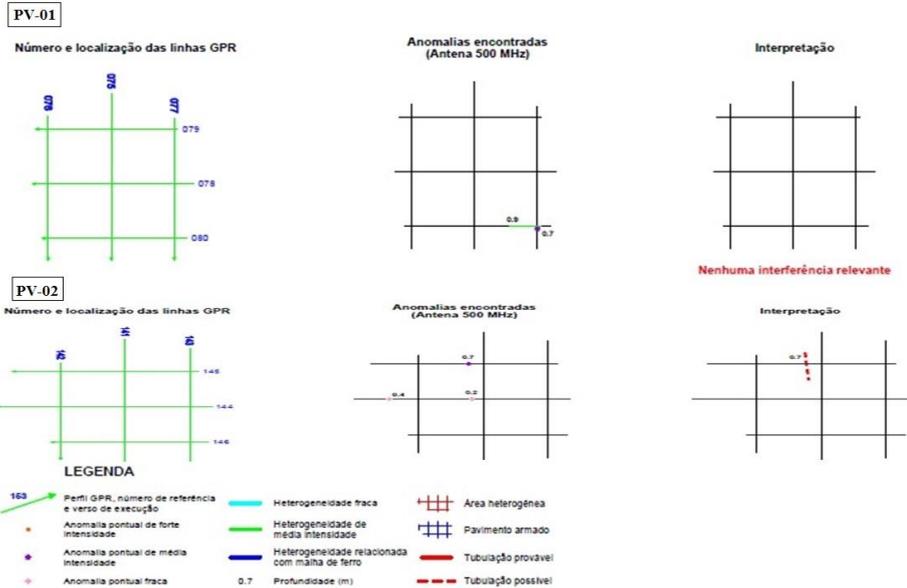


Figura 26: Resumo do relatório da sondagem geofísica por GPR para os PV's 01 e 02.

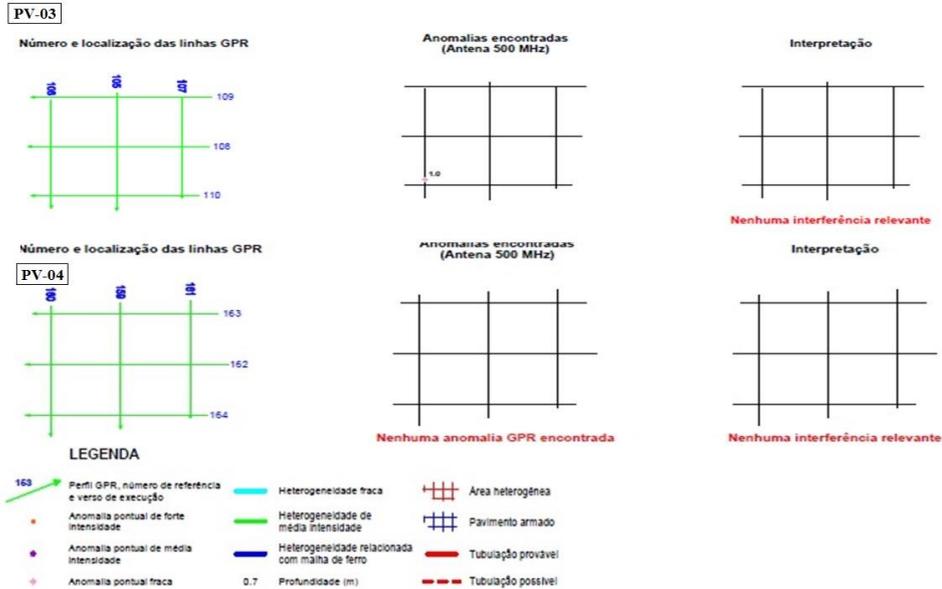


Figura 27: Resumo do relatório da sondagem geofísica por GPR para os PV's 03 e 04

Após a execução do HDD, estes poços de serviços serão poços de visita.

5.2.5 Projeto do furo

Respeitaram-se as normas pertinentes do órgão responsável de infraestrutura, que citam principalmente a profundidade mínima de 1,50 metros para implantação de redes de esgotos.

Considerou-se o uso de tubo camisa que conforme fabricantes, o diâmetro do tubo camisa necessário para tubo condutor de 200mm é o de 280mm.

O projeto do furo resultante do *software* Vermeer ATLAS Bore Planner® encontra-se no APÊNDICE A.

Através do cadastro presente, foram encontradas uma rede de abastecimento de água com diâmetro de 100 mm e profundidade de 0,80m e um canal de microdrenagem com diâmetro de 300mm e profundidade 1,75m.

Respeitou-se o espaçamento mínimo (d) entre as tubulações de $d=90$ cm para diâmetros de até 300mm, como a norma SABESP NTS 226 recomenda.

O *software* faz a escolha da máquina mais apropriada para a execução em função do porte da travessia, a força *pull back* estimada necessária é de 93kN, a máquina escolhida foi a D24 x40 II, que possui força *pull-back* de 106,8kN.

Conforme a máquina escolhida, segue abaixo, no Quadro 9, as características da haste

Quadro 9 - Características da haste escolhida de acordo com a máquina.

Diâmetro (cm)	Comprimento (m)	Flexão (m Raio)
6	3,05	32,98

O ângulo de entrada ótimo calculado pelo *software* foi de 24,9% (14°), portanto sendo necessário cerca de 19

metros para acertar a declividade, porém em consulta com a prestadora de serviço, foi afirmado que 9 metros para este caso é o suficiente para acertar as declividades necessárias.

A execução totalizou 163 metros (154 metros de rede + 9 metros para acertar a declividade), logo foram necessárias 54 hastes.

O alargador selecionado foi o com o diâmetro equivalente ao tubo camisa, de 280mm.

Para fornecer a lubrificação entre o produto e as laterais de perfuração, julgou-se necessário o fluido bentonita com um volume de 50 litros adicionando água tratada.

O projeto final da travessia, encontra-se no apêndice G.

5.2.6 Orçamento

Neste item foi feito o orçamento supondo duas situações, execução de todos os trechos pelo MND e pelo método convencional.

MND (HDD)

Este item ainda não se encontra na lista de preços da Operadora de Saneamento de Santa Catarina (CASAN), portanto as pesquisas de orçamento foram realizadas através de 3 empresas específicas do ramo.

A estimativa mediana de preço de serviço encontrado foi R\$1.050,00 por metro linear de rede executada.

No orçamento realizado está incluso:

- Equipamentos fornecidos: perfuratriz, caminhão rampa, máquina de solda, carro de apoio e caminhão pipa;
- Equipe técnica: 1 Engenheiro, 1 supervisor de furo, 1 técnico de navegação e 1 de operação, 2 soldadores, 2 motoristas e 2 ajudantes;
- Materiais fornecidos: Bentonita, água e poli-pluz para retirada de bentonita do furo.

Através dos cálculos realizados, chegou-se a um valor de R\$275.386,56. No Quadro 10 e Gráfico 1, o resumo de

custo das obras civis e de material, bem como a distribuição dos custos.

O tempo de execução previsto pela empresa prestadora de serviço é de 8 horas.

Quadro 10 – Resumo de custos da execução pelo MND.

MÉTODO NÃO DESTRUTIVO	
TOTAL OBRAS CIVIS (R\$)	180.964,89
TOTAL MATERIAL (R\$)	40.048,40
TOTAL (R\$)	221.013,29
TOTAL POR METRO LINEAR (R\$/m)	1.435,15

O orçamento detalhado pelo método não destrutivo de obras civis e materiais utilizados estão no apêndice B e C, respectivamente.

Notou-se que 60% do custo total é proveniente da empresa prestadora de serviços, que executará o furo direcional.

Neste estudo optou-se pelo uso do tubo camisa, que por sua vez representou o 15% do custo total.

Método Convencional

Através dos cálculos realizados, chegou-se a um valor de R\$313.898,45. O Quadro 11 e o Gráfico 2 apresentam, o resumo de custo das obras civis e de material, bem como a distribuição dos custos.

Foi adotado um tempo de execução de 25m/dia devido a tubulação atingir grandes profundidades, isto é, a execução levaria um pouco mais de 6 dias.

Cerca de 56% do custo total é proveniente dos escoramentos a serem utilizados, confirmando a hipótese de que em grandes profundidades é necessário uma segurança maior ao trabalhador. O tipo de escoramento adotado foi o tipo hamburguês com 1 quadro, utilizado para profundidades a partir de 4 metros.

O serviço técnico para verificação de interferências ficou como o segundo maior custo. Destaca-se que, se torna necessário esta investigação devido a falta de dados de cadastro.

Os custos de aterro/reaterro e escavação representaram o terceiro maior custo por haver grande volume de escavação, conseqüentemente maiores volumes para aterro/reaterro e, também, o transporte do mesmo.

Quadro 11 - Resumo de custos da execução pelo método convencional.

MÉTODO CONVENCIONAL	
TOTAL OBRAS CIVIS (R\$)	230.903,15
TOTAL MATERIAL (R\$)	14.818,58
TOTAL (R\$)	245.721,73
TOTAL POR METRO LINEAR (R\$/m)	1.595,60

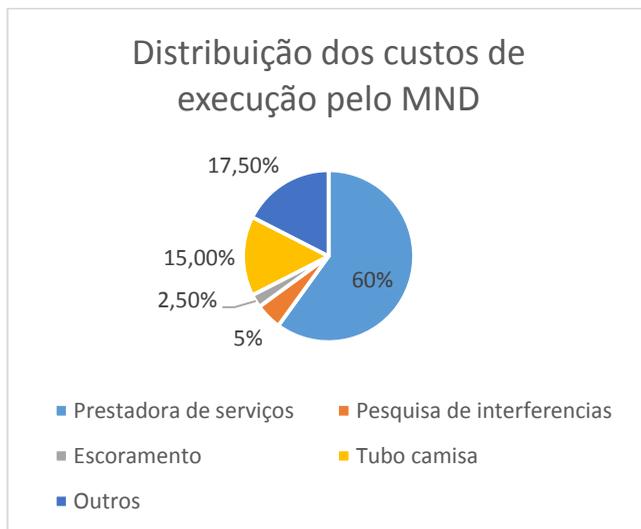


Gráfico 1: Distribuição dos custos de execução pelo MND.

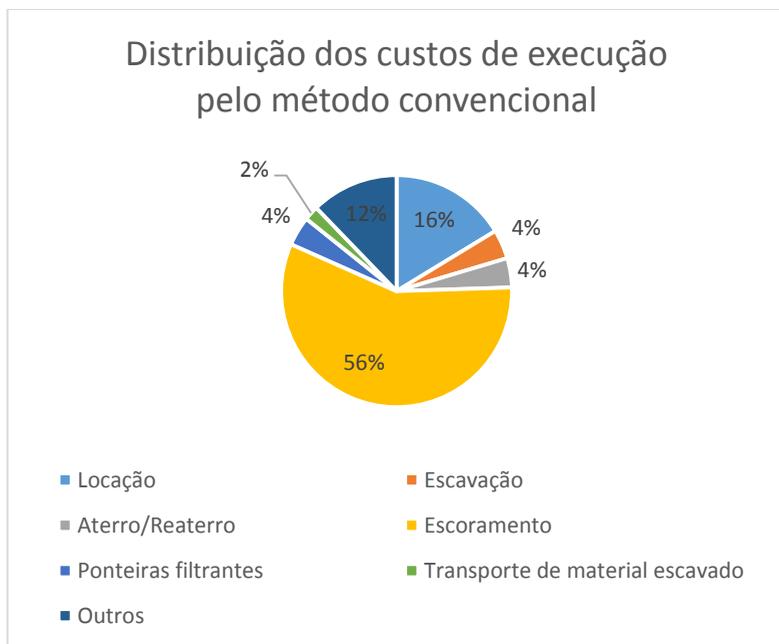


Gráfico 2: Distribuição dos custos de execução pelo método convencional.

O orçamento detalhado pelo método convencional de obras civis e materiais utilizados estão no apêndice D e E, respectivamente.

5.3 Avaliação da necessidade de implantação do MND

Na fase de elaboração de projetos de redes, deve ser previsto, simultaneamente, as dificuldades do aspecto construtivo que o executor terá em campo e garantir as condições mínimas de escoamento previamente estabelecidas no dimensionamento hidráulico.

Essas dificuldades construtivas relacionam-se por haver canais de macrodrenagem existentes, rios (ambos

transversais a passagem da rede, travessias transversais a rodovias e estrada, ou estar localizada em grandes centros urbanos, portanto, torna-se necessário um estudo específico de como se dará a passagem do conduto na localidade (também denominado travessia). Através de estudos similares apresentados no meio técnico, já ficou evidente a grande potencialidade do método não destrutivo nestas situações.

Geralmente, para diminuir a profundidade da rede utilizam-se as Estações Elevatórias de Esgoto (EEE), o que nem sempre acaba sendo a melhor solução, pois diversos problemas podem surgir como: localização do terreno, nem sempre está disponível o terreno onde o projetista deseja, sabe-se que qualquer uso e ocupação de solo deve-se entrar com processo de desapropriação, autorização de uso ou de cessão de uso, dependendo do proprietário do terreno em que será instalada a EEE; dependendo do porte da EEE, possui alto consumo de energia elétrica; necessita de manutenção das bombas; custos de operação; custo inicial médio-alto, dependendo do porte da EEE; dependendo do conjunto moto-bomba utilizado, há uma possibilidade de ocorrer inundações na casa de bombas; entre outros.

Outra alternativa, a mais apropriada, é estudar a mudança de traçado da rede coletora de esgotos, objetivando sempre trabalhar por gravidade.

Todavia, em alguns trechos, no dimensionamento é inevitável obter-se grandes profundidades, e de fato escavações profundas requerem uma maior segurança, pois o risco do solo romper é maior conforme mais profundo a escavação, demoram mais para serem executadas, possuem maior dependência das condições climáticas, maior dependência de fornecedor, pois a quantidade de materiais serão maiores, exemplo: tipo bombas para esgotamento, entre outros imprevistos.

Portanto a necessidade de implantação de SES por MND possuem alto potencial como escolha de execução em locais:

- Cujo a qualidade do solo é ruim (pouco coesos e nível do lençol freático próximo a superfície), pois os custos com escoramento e com esgotamento serão altos e o tempo de execução pelo método de abertura de valas será superior;
- Que são proibidas abrir valas, como por exemplo: travessias, rodovias, aeroportos, entre outros;
- Que são patrimônios históricos, geralmente não é possível a retirada de pavimento nessas localidades;
- Em grandes centros urbanos e/ou que possuem intenso tráfego.

Por este e outros motivos, as concessionárias de saneamento têm optado pela execução em MND a partir de certa profundidade (ainda não fixada) de tubulação. Embora as concessionárias tenham utilizado pouco o MND, há relatos da SANEPAR, SABESP e CEDAE.

6 CONCLUSÃO

A partir do estudo e acompanhamento de implementação de MND para assentamento de trecho de rede coletora, realizado em travessias, pode-se concluir:

- Uma das grandes impressões positivas quanto ao MND em sua execução, foi o tempo total de execução. Em projeto foram estimadas um turno por travessia, pela qual na prática foi necessário a metade de um turno, totalizando cerca de 2 horas, contando a partir da localização das

perfuratrizes, soldagem, furo piloto, inserção da tubulação e testes;

- Enquanto a travessia estava sendo executada, o tráfego na SC-114 fluía normalmente;

- Identificou-se a intensa comunicação entre o operador da máquina e o guia com o transmissor, tanto para acertar a declividade quanto ao longo da execução da travessia. Para travessias grandes, notou-se a importância de manter os aparelhos de comunicação carregados;

- O teste de escoamento poderia ser realizado através de um traçador, para avaliar se o tempo que o fluido percorreu a tubulação confere com o tempo estimado em projeto;

- Verificou-se a necessidade de estudos geotécnicos mais aprofundados como sondagens geofísicas, GPR e MASW, pois no fim da execução de uma das travessias a rede de esgoto se defrontou com a rede de água e também os cadastros existentes não são precisos;

- Infere-se que o MND transmite mais segurança aos trabalhadores, que por sua vez diminui as chances de acidentes decorrentes de escavação como: risco de desabamento do solo, quedas em nível e em diferença de nível, inalação de poeiras.

- A execução pelo método não destrutivo, isenta a concessionária/contratada de problemas decorrentes da repavimentação, pois quando executado pelo método convencional, além de ser esteticamente desagradável, está sujeito a multas da prefeitura do município onde está sendo executada;

- Para executar pelo MND, necessita-se de pessoas capacitadas para executá-las;

- O MND, por ser um método não muito usual, as vezes até por falta de conhecimento da equipe de projeto, é natural que o serviço seja mais caro que o convencional;

Visto que a primeira execução no país foi há mais de 20 anos atrás, nota-se que ainda é um avanço limitado comparado ao potencial do MND. Portanto verifica-se a

necessidade de discutir normas tanto a nível nacional quanto estadual para implementação do método.

Neste sentido, em cidades grandes ou cujo possuem tráfego intenso, poderiam ter mais incentivos de utilização do método por intermédio de normas, pois além de não deixar pavimentos esteticamente desagradáveis, não interfere no tráfego. Algumas discussões poderiam ser levantadas no sentido de incentivar o uso do MND, através de elaboração normas do município.

Uma das dificuldades encontradas, foi com relação as diversas nomeações para o mesmo dispositivo, poderia ser elaborado uma diretriz contendo o nome geral dos dispositivos utilizados no MND para unifica-los de forma global e assim evitar confusões, facilitando a realização do orçamento.

Em relação às etapas de projeto conclui-se que:

Ao longo do dimensionamento hidráulico deve-se evitar profundidades grandes porém o projetista se depara, eventualmente, com situações inevitáveis, neste caso o estudo permitiu concluir que tubulações com profundidades a partir de 4 metros são mais viáveis economicamente executar pelo MND.

Importante salientar que neste estudo não foram quantificados os custos indiretos (sociais e ambientais), citados por Najafi & Gokhale (2004), que podem representar 20% dos custos diretos no método convencional, o que resultaria em um valor significativo, porém, infelizmente baseado em parâmetros práticos, a realidade atual ainda não contabiliza este tipo de custo.

Em caso se opte pelo método convencional, o projetista deve estar ciente que para garantir a segurança do trabalhador durante o assentamento, os custos serão consideravelmente mais caros. No presente estudo, o custo de escoramentos previstos representou 56% do custo total do método convencional, e 2,5% do MND.

Este estudo também permitiu concluir que o MND realmente exige o mínimo de escavação. A diferença de

escavação foi de 1276,01m³ (1.331 m³ escavados para o método convencional e 54,99m³ escavados para o MND), conseqüentemente as quantidades a serem aterradas e reaterradas, o transporte destes, serão superiores, logo o custo direto será maior.

A velocidade na execução do MND, estimada em 8 horas, é extremamente vantajoso quando comparado ao método convencional, considerando 8 horas diárias de trabalho, foi estimado em 36 horas, ou seja, 6 vezes mais rápido é a execução pelo MND.

Não foram quantificados também o preço/hora da equipe técnica (engenheiros, técnicos, entre outros) da concessionária a realizar a obra. Como a execução pelo método convencional foi 6 vezes maior, a lógica é que este custo seja proporcionalmente superior.

O custo total da execução pelo MND foi cerca de 9% mais barato que o método convencional.

Por outro lado, na lista de materiais do MND teve custos superiores ao do método convencional pelo fato de utilizar-se o tubo camisa.

Com relação às declividades pequenas utilizadas pelo HDD, ainda possuem incertezas técnicas de garantia, pois certas empresas garantem e outras não.

7 SUGESTÕES PARA ESTUDOS FUTUROS

Algumas sugestões para estudos futuros no que refere-se ao MND:

- Recomenda-se para estudos futuros, realizar a mesma análise para o método GBM com diâmetros a partir de 400mm;
- Comparativos entre os diferentes tipos de execução do MND;

- Comparativo entre o método convencional e MND para substituição/renovação de redes de água e esgoto existentes;
- Comparativo de alternativas em outras condições específicas de estudo, como em vias com menor tráfego e profundidade menores.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRATT, “Diretrizes dos métodos não destrutivos”. ABRATT, São Paulo, 2005.

ALBERTO, C.R.J. “Perfuração dirigida”. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. “NBR 9649: Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário”. Rio de Janeiro, 1986.

_____.NBR 122266: Projeto e execução de valas para assentamento de tubulação de água, esgoto ou drenagem urbana. Rio de Janeiro, 1989.

CHERICHARO, C.A.L. *et al.* “Esgotamento sanitário: Operação e manutenção de estações elevatórias de esgotos: guia do profissional em treinamento”. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Brasília: Ministério das Cidades, 2008.

Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. “Resolução nº237, 19 de dezembro de 1997”. Ministério do Meio ambiente – Brasília, 1997.

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia – CREA. “Resolução nº361, 10 de dezembro de 1991” São Paulo, 1997.

CRESPO, P.G. “Sistema de Esgotos”. Belo Horizonte; Ed. UFMG; Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Escola de Engenharia da UFMG, 1997.

DACACH, N.G. “Sistemas urbanos de esgoto”. 3º Edição Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1984. 257 p.

DAYAL, U., *et al.* “**Trenchless Technology - An overview**”. *International Conference on Underground Space Technology*, India, 2011.

DELLA NINA, A. “**Construção de redes de esgotos sanitários**”. CETESB. São Paulo, 1975.

DEZOTTI, M.C. “**Análise da utilização de métodos não-destrutivos como alternativa para redução dos custos sociais gerados pela instalação, manutenção e substituição de infra-estruturas urbanas subterrâneas**”, p. 11-12, Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2008.

DEINFRA. “**Instruções para implantação de adutoras, dutos para transporte de líquidos e similares nas faixas de domínio do DEINFRA**”. DEINFRA - Florianópolis, maio de 2005.

_____. “**Instruções para elaboração e apresentação de projetos para ocupação ou travessia nas faixas de domínio do DEINFRA**”, DEINFRA - Florianópolis, maio de 2005.

Fundação do Meio Ambiente do Estado de Santa Catarina – FATMA. “**Instrução Normativa Nº 05: Sistema de coleta e tratamento de esgotos sanitários**”. Versão Março, 2012. Florianópolis - SC.

FSTT. “**Microtunneling and horizontal drilling: French National Project Microtunnels**”. *French Society for Trenchless Technology*, 2004.

Fundação Nacional de Saúde - FUNASA. “**Apresentação de projetos de sistema de esgotamento sanitário: orientações técnicas**”. 2ª Edição. Brasília: Ministério da Saúde, 2002. 24 p.

Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e de Recursos Naturais Renováveis - IBAMA. “**Diretrizes e pesquisa aplicada ao planejamento e gestão ambiental**”. Brasília: IBAMA, 1995. 101 p.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2010. [www. ibge. gov. br/censo2010](http://www.ibge.gov.br/censo2010). Rio de Janeiro. Acessado em 20 de Outubro de 2016.

KARLSRUHE, L.S. “*Trenchless technology in pipeline construction*”. *Erschienen in 3R international Special Edition 13/2002, Journal for Piping, Engineering, Practise*, 2002.

LEME, F.P. “**Planejamento e projeto dos sistemas urbanos de esgotos sanitários**”. São Paulo, CETESB, 1977. 213 p.

MATTOS, Aldo Dórea. “**Como preparar orçamentos de obras: dicas para orçamentistas, estudos de caso, exemplos**”. São Paulo: Editora Pini, 2006.

MENDONÇA, S.R. (Coord.). “**Projeto e construção de redes de esgotos**”. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, Companhia de Água e Esgotos da Paraíba, 1987.

NAJAFI, M. “*Trenchless technology piping: Installation and inspection*”. 1ª ed. New York: McGraw-Hill Professional, 2010. 3-4 p.

NAJAFI, M., GOKHALE, S. “*Trenchless technology: pipeline and utility design, construction, and renewal*”. 1ª ed. New York: McGraw-Hill Professional, 2005. 489 p.

NUVOLARI, Ariovaldo et al. **Esgoto sanitário: coleta,**

transporte, tratamento e reuso agrícola. São Paulo: Edgard Blücher, 2003.

PESSOA, A.D. *et. al.* “**Os sistemas de saneamento na cidade do Rio de Janeiro**”. Coletânea em Saneamento ambiental, série temática Recursos hídricos e saneamento, Vol. 2, 1ª Edição, Rio de Janeiro- RJ, 2012.

ROBERTO, J.B.D. “**Manual de tubulações de Polietileno e Polipropileno - Características, Dimensionamento e Instalação**”. São Paulo, 2014.

RODRIGUES PEREIRA, José Almir; SOARES, Jaqueline Maria. “**Rede coletora de esgoto sanitário: projeto, construção e operação**”. NUMA, UFPA, EDUFPA, GPHS/CT. Belém, 2006.

Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo - SABESP. “**Norma técnica SABESP NTS 025 - Projeto de redes coletoras de esgotos**”. São Paulo, Julho, 2006-Rev.01.

_____. SABESP. “**Norma técnica SABESP NTS 226 – Faixa de segurança para obras lineares**”. São Paulo, Agosto, 2005.

Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR. “**Especificações técnicas para canteiro de obras**”. 4ª Edição. Curitiba, Junho de 2012. Disponível em: http://site.sanepar.com.br/sites/site.sanepar.com.br/files/informacoes-tecnicas/mos-4a-edicao/modulo_1_4ed_v00_-_canteiro_de_obras.pdf, Acessado em: 01/10/2016.

TSUTIYA, M.T. – “**Coleta e transporte de esgoto sanitário**”, 3ªEd. Rio de Janeiro: ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2011. p. 3, 5-6, 267.

ANEXOS

Anexo 1: Etapas de projeto do MND

1 Premissas básicas

A norma da SABESP NTS 025 (2006) especifica “nos projetos em que se observa a necessidade de Métodos não destrutivos, a técnica de construção deve ser rigorosamente justificada, haja vista as dificuldades técnicas de garantia de declividade dos sistemas unidirecionais.” Ainda complementa que, “Antes do recebimento da obra devem ser realizados testes que permitam verificar que a declividade obtida atenda às necessidades operacionais especificada em projeto.”

Roberto (2014), peculiariza os princípios básicos do HDD.

Quadro 12 - Princípios básicos do HDD. Fonte: Roberto, 2014.

Princípio básico	Descrição
Unidade de força	Normalmente, fica instalada em um caminhão contendo bombas de alta pressão, tanque misturador de fluidos de perfuração (água bentonita), tanque de água, bombas hidráulicas para acionamento dos motores hidráulicos, gerador elétrico e instrumentos de medição (medição e/ou dinamômetros)
Unidade de perfuração	Incorpora a unidade de torque e o dispositivo de avanço e recuo da unidade de torque. Deve incorporar

	<p>ainda um dispositivo mecânico para evitar que a força de puxamento seja maior que a admitida pela tubulação. Normalmente esses dispositivos são chamados de “fusíveis mecânicos”, que se rompem quando atingem a força máxima especificada. Existem várias graduações de força e deve-se escolher o fusível adequado para cada instalação em função do diâmetro do tubo e de sua espessura</p>
<p>Unidade de monitoramento direcional</p>	<p>Dispositivo eletrônico que recebe as ondas de rádio provindas da sonda de perfuração e identifica direção de perfuração, através da unidade de perfuração</p>

Roberto (2014) ainda aponta o procedimento básico para execução de serviços por furo direcional horizontal, que deve ser previsto em projeto:

- 1- Topografia, Sondagens e cadastramento das interferências do trajeto da linha e projeto de definição da travessia. Conveniente usar equipamento de detecção de cabos elétricos.
- 2- Abertura das caixas (poços) nas duas extremidades da linha, para a entrada e saída da ferramenta de perfuração. O comprimento de perfuração contínua depende do equipamento e características do

terreno. São comprimentos usuais entre 100 e 200 m. Há casos excepcionais de até 2000 m.

- 3- Posicionamento da unidade de perfuração na caixa de entrada e adequado aterramento da unidade, protegendo o operador de acidentes por contato com cabos enterrados eventualmente não previamente identificados.
- 4- Em função do terreno, determina-se o tipo de bicos injetores da lama bentonítica instalado na sonda de perfuração
- 5- Posiciona-se a sonda, na caixa de entrada, presa à haste de perfuração, pela qual é bombeada a lama bentonítica a alta pressão até seus bicos injetores. A perfuração se estabelece pelos movimentos simultâneos de avanço linear e rotação do conjunto haste/sonda, ao mesmo tempo em que a lama bentonítica perfura hidráulicamente o solo, lubrifica a passagem das hastes e reveste e consolida o micro túnel, para não ocorrer seu desmoronamento. Conforme a perfuração avança, novas hastes são roscadas a esta linha perfuratriz. Normalmente estas hastes têm comprimentos de 3 m. Deve-se observar o raio de curvatura mínimo admissível das hastes, que dependem das suas características, todavia é da ordem de 9 m para os equipamentos usuais em redes urbanas. Uma pessoa, através da unidade de monitoramento, segue a sonda identificando sua posição e dando as devidas orientações ao controlador da unidade de perfuração, para realizar as devidas correções de trajetória. Isto é possível interrompendo-se o giro da sonda, e prosseguindo o avanço. O formato biselado da sonda, e a direção dos jatos da lama provocam seu desvio para o rumo desejado. O tipo de solo determinará, ainda, a velocidade de rotação, avanço e pressão de injeção da lama bentonítica (até 360 bar) e sua concentração.

6- Após a passagem da sonda, constituindo o furo piloto de aproximadamente 2 polegadas, esta é substituída por uma broca escareadora/alargadora que também possui bicos injetores de lama bentonítica. Neste caso, em função do diâmetro do escareador e do tubo a ser instalado, pode-se ter as seguintes situações:

6.1- O escareador é suficiente para criar um furo adequado à passagem do tubo de PE (furo deve ser aproximadamente 50% maior que o diâmetro do tubo de PE). Neste caso, prende-se o tubo de PE ao escareador, através de uma conexão que não transmite rotação à tubulação, e começa-se a puxar a haste de volta promovendo simultaneamente o alargamento do furo piloto e inserção do tubo de PE.

6.2- As condições locais e diâmetro do escareador não permitem a inserção direta do(s) tubo(s) de PE. Neste caso, instalam-se hastes de perfuração na outra extremidade do escareador de forma tal que ao atingir a caixa de entrada pode-se repetir o processo de alargamento, tantas vezes quanto necessárias.

Ao inserir o tubo, se faz as conexões necessárias e se recompõem as caixas de entrada e saída. Pode-se instalar mais de um tubo simultaneamente no mesmo furo de inserção (ROBERTO, 2014).

Com relação ao primeiro procedimento básico, a norma da SABESP NTS 226 (2005) descreve como o projeto de interferência com os dados da sondagem devem constar os seguintes parâmetros: localização da obra; método a ser utilizado na execução da obra; especificação dos materiais utilizados; posição da sinalização vertical normalizada se houver; dados operacionais importantes; a obra a ser executada deve observar o espaçamento mínimo (d) medido a partir da geratriz da tubulação, conforme a Figura 28 e o Quadro 13.

A SABESP- NTS 226 (2005) complementa ainda que a utilização do método não destrutivo torna-se obrigatória

quando houver cruzamento sob tubulação no sentido longitudinal, seguindo a distância mínima (d) entre geratrizes.

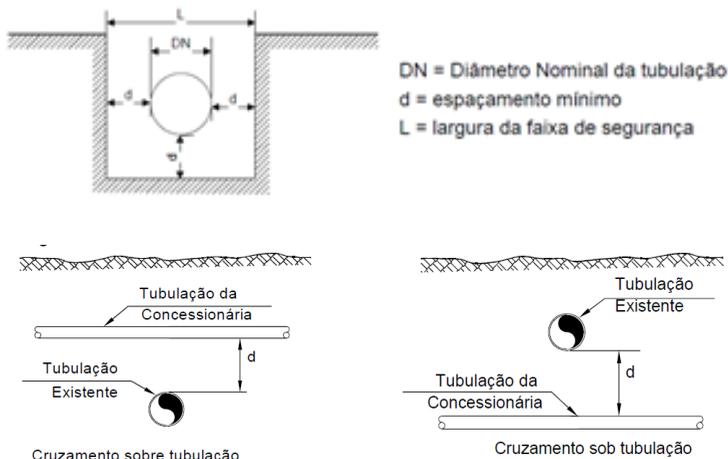


Figura 28: Distância mínima (d) conforme tabela abaixo.

**Quadro 13- Espaçamento mínimo (d). Fonte: SABESP
 NTS 226, 2005.**

DN (mm)	D(m)
Até 300	0,90
Acima de 300 até 500	1,00
Acima de 500 até 1000	1,45
Acima de 1000 até 1200	1,55
Acima de 1200 até 1500	1,70
Acima de 1500 até 2500	2,10
Acima de 2500	2,25

Ainda sob a mesma norma da SABESP, indica que se a de execução dos serviços for método de furo direcional, o procedimento executivo a ser incluído:

- Descrição do método;
- Gráfico (trajetória do furo);

- Tabela de coordenadas da broca ao longo do furo a cada haste inseria no solo (afastamento da origem, ângulos e profundidade);

- Croqui das sondagens executadas.

2 Justificativa técnica

A técnica de construção deve ser rigorosamente justificada, haja vista as dificuldades técnicas de garantia de declividade dos sistemas unidirecionais.

Antes do recebimento da obra devem ser realizados testes que permitam verificar que a declividade obtida atenda às necessidades operacionais especificada em projeto.

3 Termos de Referência

Assim como qualquer outra atividade para implementação de uma SES, devem ser previstos os termos de referência. São recomendadas as seguintes ações para a elaboração do termo de referência:

- **Condições do solo e desistência do furo:** Mesmo com adequada informação geotécnica é possível a ocorrência da presença de solos inesperados ou não prospectados, que tornarão a perfuração difícil ou até mesmo impossível de ser executada, pois a empresa responsável pela execução pode não dispor de perfuratrizes específicas para solos rochosos. Assim, as partes contratantes deverão prever as condições formais de desistência da execução em todos os seus contornos.
- **Tratamento da lama de perfuração:** Muito embora seja difícil de prever, é possível que o empreiteiro encontre um lençol d'água que resulte numa grande quantidade da mesma, que deve ser bombeada e tratada. Uma determinada

vazão deve ser determinada no contrato, de forma a mutuamente endereçar a solução, mitigando o problema que isso pode causar, criando digamos assim, um plano de contingência que permita a precificação separada dessa ocorrência.

4 Análise geotécnica e investigação local e mapeamento do solo

Najafi (2010) cita-se que para maximizar as vantagens oferecidas pelo HDD, deve-se obter o conhecimento pleno dos possíveis obstáculos.

Najafi & Gokhale (2005), recomendam realizar investigação superficial e subsuperficial de onde será executado a travessia na fase de projeto, para que sejam fornecidas informações completas ao contratante de como a perfuração dirigida deve ser ocorrida.

A investigação superficial, deve incluir os seguintes passos:

- Requerimentos da área de trabalho;
- Dados existentes da elevação;
- Características superficiais de estradas, passeios, poços de serviço público;
- Localização dos furos de sondagem;
- Vias navegáveis ou pantanais;

Além disso devem ser revisados os relatórios geológicos e geotécnicos, mapas, fotografias aéreas já existentes e investigar a tendência histórica do local;

De acordo com Najafi & Gokhale (2005), a investigação subsuperficial deve ser subdividida em duas etapas: avaliar o cadastro existente para identificar as possíveis interferências; e realizar a análise geotécnica para determinar as condições do solo.

Na análise geotécnica deve ser realizada a revisão geotécnica geral; e a investigação geotécnica. Para

instalações simples, apenas a análise geotécnica é suficiente.

Os ensaios normalmente realizados são o SPT (*Standart Penetration Test*) e o ST (Sondagem a Trado).

O ensaio SPT permite a determinação do perfil geológico e a capacidade de carga das diferentes camadas do subsolo, a coleta de amostras destas camadas, a verificação do nível do lençol freático, a determinação da compacidade ou consistência dos solos arenosos ou argilosos, respectivamente e também a determinação de eventuais linhas de ruptura que possam ocorrer em subsuperfície. Deve ser realizado conforme a NBR 6484 - “Solo – Sondagens de simples reconhecimento com SPT – Método de ensaio”.

A Sondagem a trado consiste numa perfuração manual de pequeno diâmetro, por meio de um dispositivo de baixa a média resistência para perfuração de solo. São utilizados para identificação do nível de água.

A principal diferença entre o SPT e ST é que no ensaio SPT oferece um índice de resistência do solo ao longo da profundidade.

Najafi & Gokhale (2005), simplificadamente, cita os fatores resultantes da análise geotécnica:

- Determinação da natureza do solo e estratificação;
- Obtenção de amostras de solo e determinação do tipo de solo através de análises em laboratório;
- Determinação da profundidade e natureza da rocha, se encontrado;
- Análise da profundidade do lençol freático;
- Avaliação de possíveis interferências;
- Determinar os níveis de água subterrânea, conseqüentemente o nível do lençol freático;
- Determinar locais que necessitam de esgotamento, embora todos os trechos executados, recomenda-se o uso do conjunto

moto-bomba para retirar a água proveniente da infiltração de drenagem;

- Determinar o tipo de escoramento a ser utilizado.

Porém no Brasil um fator limitante quanto as investigações subterrâneas, é a falta de cadastro existente, portanto justifica-se o fato de realizar sondagens geofísicas, cujo o objetivo do MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) e GPR (*Ground Penetrating Radar*), é investigar sob a superfície, através de impulsões de ondas eletromagnéticas, para encontrar as possíveis interferências de tubulações e rochas a profundidades de até 15 metros partindo da superfície.

5 Dimensionamento dos poços de ataque

O dimensionamento dos poços de ataque foi realizado através da quadro da empresa passareli.

6 Projeto do furo

O projeto do furo é constituído por duas etapas: posição da máquina (distância mínima da perfuratriz até o poço de emboque; e determinação da força de puxada (*pull-back*)).

a) Cálculo da distância mínima da perfuratriz até o poço de emboque

Os cálculos procederão conforme estabelecido por Najafi (2010).

A distância de recuo (S_1) é denominada como a menor distância entre o início da perfuração do solo (parte do ponto da perfuratriz) até o ponto de interesse, calculada através da seguinte fórmula:

$$S_1 = \frac{d_1}{\tan(\beta)}$$

Em que:

S_1 , é a distância entre a perfuratriz e o poço de emboque (ft);

d_1 , é a profundidade do ponto de interesse (ft);

β , é o ângulo de entrada do buraco (radianos).

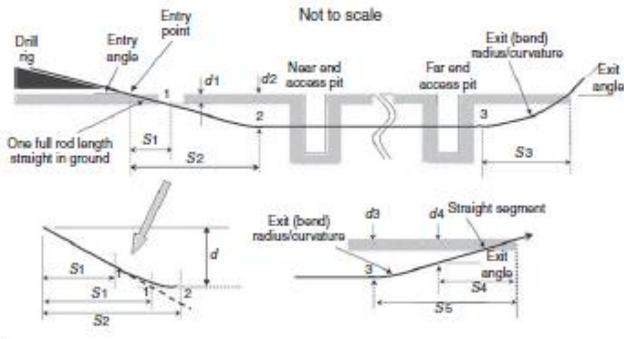


Figura 29: Distâncias mínimas entre a máquina perfuratriz e o ponto para acerto da declividade (Fonte: NAJAFI, 2010).

$$S_2 = l + (R_{\text{haste}})_{\min} \times \beta + \frac{\left\{ d_2 - l \times \beta - \frac{(R_{\text{haste}})_{\min} \times \beta^2}{2} \right\}}{\beta}$$

Em que:

S_2 , é distância entre a perfuratriz e o ponto de declividade já ajustada;

d_2 , é a profundidade do ponto;

l , é o comprimento da haste utilizada (ft);

R_{haste} , é o raio de curvatura da haste (ft).

$$d_{2_{\min}} = l \times \sin(\beta) + (R_{\text{haste}})_{\min} \times (1 - \cos(\beta))$$

Em que:

d_{2min} , é a profundidade mínima do ponto S_2 ;

β , é o ângulo de entrada do buraco (radianos);

R_{haste} , é o raio de curvatura da haste (ft).

b) Determinação da força de puxada (pull-back)

A força total de pull-back é a soma das forças necessárias para arrastar a tubulação quando fora do furo e dentro do furo.

Deve ser calculada para garantir que a tubulação (material em PEAD, no caso a ser utilizada) não se rompa e para melhor escolha da perfuratriz.

A força total de puxada (T_D), segundo Najafi (2010) é calculada a partir da formula abaixo:

$$T_D = \frac{L_{furo} \times (\omega_b) \times (1,6)^n}{3}$$

Em que:

T_D , é a força total de puxada (lb);

ω_b , é o peso flutuante (lb/ft);

n , é o número adicional de 90° correspondente a curvatura do trecho;

Simplificadamente, n pode ser definido como a soma dos números efetivos de curvas 90° (n_1) e curvas acumulativas devido a ondulações não planejadas (n_2).

$$n = n_1 + n_2$$

Por exemplo, ao longo da travessia é necessário uma curva a 45° a direita e mais outra 45° a esquerda, totalizam-se 90° , correspondendo a $n_1 = 1$;

Difícilmente pode-se prever n_2 com exatidão, pois pode variar conforme o tipo de solo e as mudanças de profundidade. Contudo, Najafi (2010), estima n_2 através da seguinte fórmula:

$$n_2 = \frac{L_{\text{furo}}}{500}$$

Em que:

n_2 , é o número de curvas acumulativas devido a ondulações não planejadas;

L_{furo} , é o comprimento do furo piloto (ft).

O peso flutuante (ω_b) é necessário calcular para saber a porção da tubulação em PEAD que estará submersa no fluido direcional. É calculado pela fórmula abaixo, conforme Najafi (2010).

$$\omega_b = 0,5xD^2 - \omega_a$$

Em que:

ω_b , é o peso flutuante (lb/ft);

D , é o diâmetro da tubulação (in);

ω_a , é uma constante que varia conforme as especificações do produto, diâmetro e DR (*Dimension Ratio*) (lb/ft).

Finalmente, após o cálculo de T_D , compara-se o valor obtido com o valor no Quadro 14, extraída de Najafi (2010).

Quadro 14 - Tensão máxima suportada para tubulações em PEAD.

Nominal Size (in.)	Pipe Diameter to Thickness Ratio (DR)						
	7.3	9	11	13.5	15.5	17	21
2	2998	2505	2096	1739	1530	1404	1085
3	6511	5439	4551	3777	3324	3049	2356
4	10,762	8991	7524	6244	5494	5040	3895
6	23,327	19,488	16,307	13,533	11,909	10,924	8442
8	38,399	32,080	26,844	22,278	19,603	17,982	13,897
12	86,398	72,180	60,398	50,125	44,108	40,461	31,268

Em que, com o Diâmetro e o DR, encontra-se a tensão máxima a ser suportada pelo arraste (T_{tub}), logo para quesitos de segurança:

$$T_{\text{tub}} > T_D$$

Caso seja satisfeita a condição acima, o próximo passo é a escolha da máquina, que deverá ser de acordo com a T_D calculada.

7 Tipo de fluido

O tipo de fluido escolhido, deve ser adicionado para lubrificar e estabilizar o solo. Em solos arenosos, o fluido funciona para garantir a resistência do solo e impedir a cavidade do furo. Em solos argilosos, retarda a expansão do solo e reduzem a aderência do solo a essa expansão (NAJAFI & GOKHALE, 2005).

O tipo de fluido a ser adotado durante a execução varia conforme a avaliação geológica.

O fator determinante da análise consiste em avaliar se há mudanças do tipo de solo ao longo do trecho e se os solos são coesivos ou não-coesivos, que por sua vez irá

determinar o volume e tipo do fluído, as brocas e fresas a serem utilizados (NAJAFI & GOKHALE, 2005).

O fluído mais utilizado quando há mudanças do tipo de solo ou quando há presença de solos arenosos e com cascalhos, é a bentonita (argilas ultrafinas formadas pela alteração química de cinzas vulcânicas), para tipo de solos constantes usa-se água tratada. Para tipo de solos argilosos e siltosos, usam-se polímeros, exemplifica Najafi & Gokhale (2005).

APÊNDICES

APÊNDICE A – Projeto do furo piloto





Não use ou confie no Planejador de Perfuração como meio de evitar a interferência com redes subterrâneas.

A trajetória de perfuração e a posição de obstáculos e redes de serviços públicos e da trajetória de perfuração, mostradas pelo Planejador de Perfuração ATLAS, devem ser consideradas como aproximadas até que sua localização exata seja determinada pelo usuário. Quando os trabalhos de perfuração se aproximarem da posição estimada para as redes subterrâneas de serviços públicos, sua localização exata deverá ser determinada através de métodos seguros e tecnicamente aceitáveis. OSHA CFR 29 1926.651.

UFSC

<p>Projetos: Travessia_Rodovia dos Vianas.vd3</p> <p>Máquina: D24x40 II</p> <p>Data: November 12, 2016</p> <p>Cobertura Mínima: 150.0 cm</p> <p>Longitude: 0° 0' 0.000000"</p> <p>Latitude: 0° 0' 0.000000"</p> <p>Posição: 0°</p> <p>Elevação: 0.00</p> <p>Ângulo de Entrada: -24.9%</p> <p>Configurar Distância: -19.26 m</p> <p>Configurar desvio à esquerda/direita: 0.00 m</p>	<p>Haste</p> <p>Comprimento da Haste: 3.05 m</p> <p>Diâmetro: 6.0 cm</p> <p>Flexão: 32.98 m</p> <p>Quantity: 57</p> <p>Distância inicial da cabeça sobre/sob solo: -0.2 cm</p> <p>Ferramenta Piloto: 6.0 cm</p> <p>Alargador: 28.0 cm</p> <p>Volume do Furo Piloto: 491 liters</p> <p>Volume do Furo Alargado: 10689 liters</p> <p>Volume de Lama para o Furo Piloto: 491 liters</p> <p>Volume de Lama para Alargamento: 10689 liters</p> <p>Volumes totais de lama: 11180 liters</p>
---	---

Figura 30: Projeto do furo piloto, imagem gerada pelo software Atlas Bore Planner. Folha 01/07.

Vermeer  **ATLAS BORE PLANNER V1.2**
Não use ou confie no Planejador de Perfuração como meio de evitar a interferência com redes subterrâneas.

Executar Plano

IL	Comp.		Dist.		Prof.		EID		Avanço		Azimute		Prof. Real		EID real		Avanço Real		
	m	%	m	%	m	%	m	%	m	%	°	%	m	%	m	%	m	%	
1	3.05	-16.34	0.84	0.00	-35.0	0.0													
2	6.10	-13.51	1.94	0.00	-44.4	0.0													
3	9.15	-10.68	3.02	0.00	-34.2	0.0													
4	12.20	-7.75	3.94	0.00	-24.2	0.0													
5	15.25	-4.76	4.38	0.00	-14.6	0.0													
6	18.30	-1.72	4.65	0.00	-5.2	0.0													
7	21.35	1.31	4.66	0.00	-0.5	0.0													
8	24.40	4.38	4.54	0.00	-0.5	0.0													
9	27.45	7.43	4.62	0.00	-0.5	0.0													
10	30.50	10.48	4.59	0.00	-0.5	0.0													
11	33.55	13.53	4.57	0.00	-0.5	0.0													
12	36.60	16.58	4.55	0.00	-0.5	0.0													
13	39.65	19.63	4.53	0.00	-0.5	0.0													
14	42.70	22.67	4.50	0.00	-0.5	0.0													
15	45.75	25.72	4.48	0.00	-0.5	0.0													
16	48.80	28.77	4.46	0.00	-0.5	0.0													
17	51.85	31.82	4.44	0.00	-0.5	0.0													
18	54.90	34.87	4.41	0.00	-0.5	0.0													
19	57.95	37.92	4.39	0.00	-0.5	0.0													
20	61.00	40.97	4.37	0.00	-0.5	0.0													
21	64.05	44.02	4.35	0.00	-0.3	0.0													
22	67.10	47.07	4.32	0.00	-0.3	0.0													
23	70.15	50.12	4.29	0.00	-0.3	0.0													
24	73.20	53.17	4.26	0.00	-0.3	0.0													
25	76.25	56.22	4.24	0.00	-0.3	0.0													
26	79.30	59.27	4.21	0.00	-0.3	0.0													
27	82.35	62.32	4.18	0.00	-0.3	0.0													
28	85.40	65.37	4.16	0.00	-0.3	0.0													
29	88.45	68.42	4.15	0.00	-1.0	0.0													
30	91.50	71.47	4.19	0.00	-1.0	0.0													
31	94.55	74.52	4.23	0.00	-1.0	0.0													
32	97.60	77.57	4.26	0.00	-1.0	0.0													
33	100.65	80.62	4.30	0.00	-1.0	0.0													
34	103.70	83.67	4.33	0.00	-1.0	0.0													
35	106.75	86.72	4.37	0.00	-1.0	0.0													
36	109.80	89.77	4.41	0.00	-1.0	0.0													
37	112.85	92.82	4.44	0.00	-1.0	0.0													
38	115.90	95.87	4.48	0.00	-1.0	0.0													
39	118.95	98.92	4.51	0.00	-1.0	0.0													
40	122.00	101.97	4.55	0.00	-1.0	0.0													

Travessia_Rodovia dos Vianas - D24x40 8 November 14, 2016 12:08:02 pm Page 3 / 8

Vermeer  **ATLAS BORE PLANNER V1.2**
Não use ou confie no Planejador de Perfuração como meio de evitar a interferência com redes subterrâneas.

Executar Plano

IL	Comp.		Dist.		Prof.		EID		Avanço		Azimute		Prof. Real		EID real		Avanço Real		
	m	%	m	%	m	%	m	%	m	%	°	%	m	%	m	%	m	%	
41	125.05	105.02	4.50	0.00	-1.0	0.0													
42	128.10	108.07	4.62	0.00	-1.0	0.0													
43	131.15	111.12	4.66	0.00	-1.0	0.0													
44	134.20	114.17	4.70	0.00	-1.0	0.0													
45	137.25	117.22	4.73	0.00	-1.0	0.0													
46	140.30	120.27	4.77	0.00	-1.0	0.0													
47	143.35	123.32	4.80	0.00	-1.0	0.0													
48	146.40	126.37	4.84	0.00	-1.0	0.0													
49	149.45	129.42	4.88	0.00	-1.0	0.0													
50	152.50	132.47	4.91	0.00	-1.0	0.0													
51	155.55	135.52	4.95	0.00	-1.0	0.0													
52	158.60	138.57	4.98	0.00	-1.0	0.0													
53	161.65	141.62	5.02	0.00	-1.0	0.0													
54	164.70	144.67	5.06	0.00	-1.0	0.0													
55	167.75	147.72	5.09	0.00	-1.0	0.0													
56	170.80	150.77	5.13	0.00	-1.0	0.0													
57	173.85	153.82	5.16	0.00	0.0	0.0													

Travessia_Rodovia dos Vianas - D24x40 8 November 14, 2016 12:08:02 pm Page 4 / 8

Figura 32 Projeto do furo piloto, imagem gerada pelo software Atlas Bore Planner. Folha 03/07.

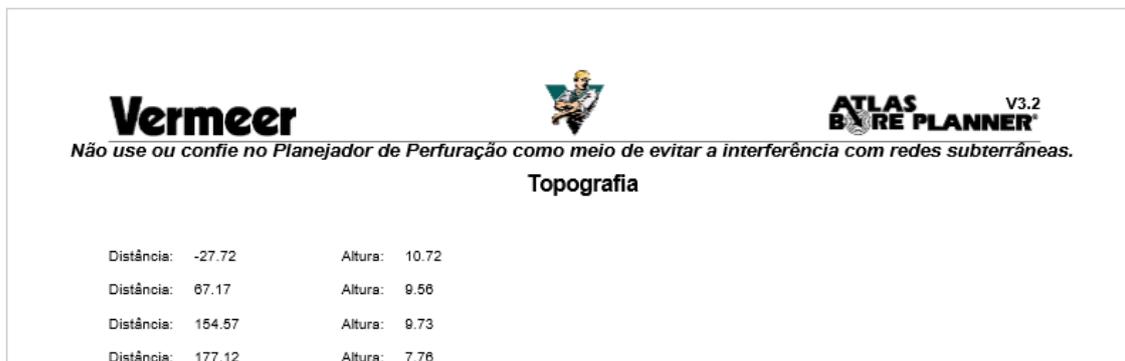


Figura 33: Projeto do furo piloto, imagem gerada pelo software Atlas Bore Planner. Folha 04/07.

Vermeer  **ATLAS BORE PLANNER** V3.2

Não use ou confie no Planejador de Perfuração como meio de evitar a interferência com redes subterrâneas.

Alvo

Distância m	Profundidade m	Esquerda/Direita m	Avanço % Slope	Azimute % Slope
-19.26	0.00	0.00	[-24.9]	[0.0]
0.00	4.67	0.00	0.0	0.0
43.53	4.35	0.00	[-0.4]	[0.0]
67.27	4.14	0.00	[-0.5]	[0.0]
153.57	5.16	0.00	0.0	0.0

Figura 34: Projeto do furo piloto, imagem gerada pelo software Atlas Bore Planner. Folha 05/07.

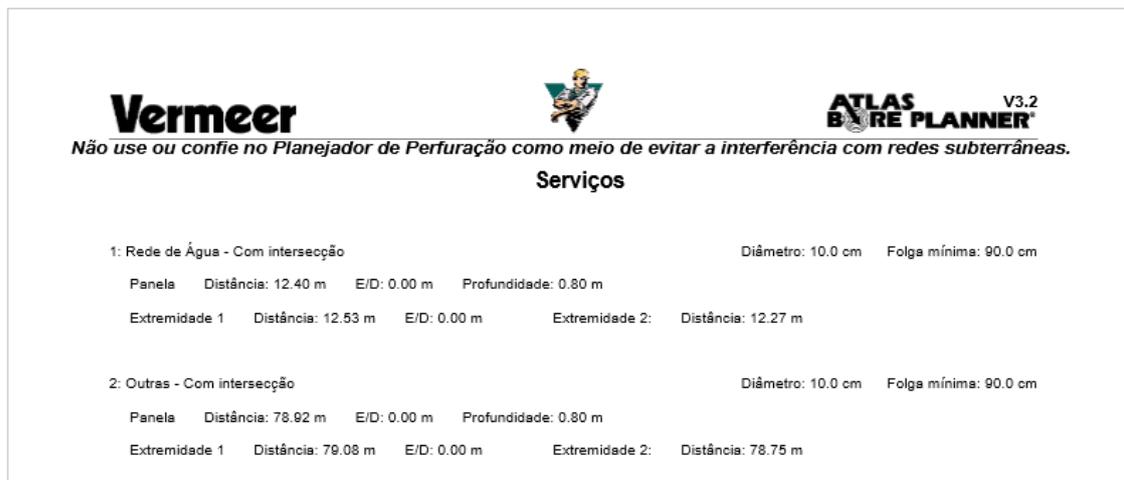


Figura 35: Projeto do furo piloto, imagem gerada pelo software Atlas Bore Planner. Folha 06/07.

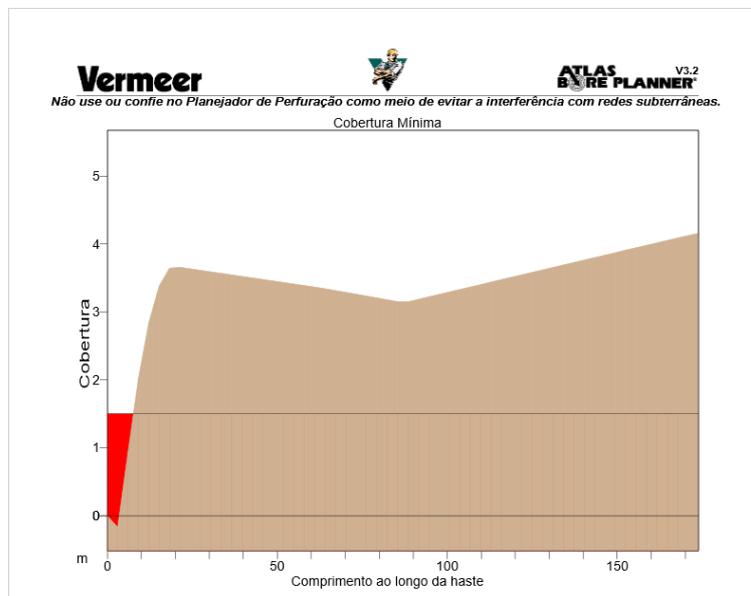


Figura 36: Projeto do furo piloto, imagem gerada pelo software Atlas Bore Planner. Folha 07/07.

APÊNDICE B – Detalhamento do orçamento de obras civis pelo método não destrutivo

ORÇAMENTO DE OBRAS CIVIS MÉTODO NÃO DESTRUTIVO					
CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UNIDADE	QTDE	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL
-	ASSENTAMENTO DE TUBO CAMISA 300MM POR MND	m	154,00	1.050,00	161.700,00
-	SOLDA PARA MND	uni.	26,00	300,00	7.800,00
20200	VERIFICAÇÃO DE INTERFERENCIAS				
20201	PESQUISA DE INTERFERENCIAS	m³	90,00	36,82	3.313,80
20202	DETECÇÃO ELETROMAGNETICA DE TUBULAÇÕES	m	154,00	1,19	183,26
20203	DETECÇÃO ELETROMAGNETICA DE SINGULARIDADES	uni.	4,00	42,34	169,36
20204	SONDAGEM A PERCUSSAO	m	19,50	70,71	1.378,85
30000	SERVIÇOS PRELIMINARES				
30200	TRÂNSITO E SEGURANÇA				
30201	TAPUME MÓVEL DE PROTEÇÃO EM CHAPAS COMPENSADAS	m	24,00	3,40	81,60
30206	SINALIZAÇÃO DE TRANSITO NOTURNA	m	3,00	1,86	5,58
30207	SINALIZAÇÃO DE TRANSITO, COM PLACAS	m²	3,00	6,44	19,32
30208	FITA PLASTICA	m	15,00	0,15	2,25

ORÇAMENTO DE OBRAS CIVIS MÉTODO NÃO DESTRUTIVO					
CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UNIDADE	QTDE	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL
40000	MOVIMENTO DE TERRA				
40300	ESCAVAÇÃO MECANIZADA DE VALAS, POÇOS E CAVAS				
40304	ESCAVAÇÃO MECANIZADA DE VALAS, POÇOS E CAVAS EM SOLO NÃO ROCHOSO, COM PROFUND DE 0 A 6,00M	m ³	54,99	8,68	477,31
5000	ESCORAMENTO				
50300	ESCORAMENTO MISTO EM VALAS - TIPO HAMBURGUES				
50302	ESCORAMENTO METÁLICO MADEIRA EM VALAS, COM LONGARINAS E ESTRONCAS METÁLICAS, COM 01 QUADRO	m ²	54,99	109,46	6.019,21
6000	ESGOTAMENTO E DRENAGEM				
60100	ESGOTAMENTO COM BOMBA				
60102	CONJUNTO MOTOBOMBA	h	4,00	8,21	32,84
60200	REBAIXAMENTO DE LENÇOL FREÁTICO				
60202	OPERAÇÃO DO SISTEMA DE REBAIXAMENTO	cjdia	6,00	212,00	1.272,00
60203	PONTEIRA FILTRANTE EM VALA	un	14,00	44,00	616,00
80000	FUNDAÇÕES E ESTRUTURAS				

ORÇAMENTO DE OBRAS CIVIS MÉTODO NÃO DESTRUTIVO					
CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UNIDADE	QTDE	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL
81700	POÇO DE VISITA EM ANEIS DE CONCRETO				
81703	POÇO DE VISITA (BASE E LAJE SUPERIOR) EM ANEIS, DIAMETRO 1000 MM	un	4,00	1.024,97	4.099,88
81708	ACRESCIMO DE CAMARA (BALAO) EM POÇO DE VISITA EM ANEIS DE CONCRETO, DIAMETRO 1000MM	m	4,00	398,41	1.593,64
				TOTAL:	180.964,89

APÊNDICE C – Detalhamento do orçamento da lista de materiais pelo método não destrutivo

MÉTODO NÃO DESTRUTIVO					
39170	TAMPAO DUCTIL ESG 600 ARTICULADO 400 KN	cj	4,00	401,73	1.606,92
38776	TUBO PEAD PN-8 DE 200MM	m	154,00	85,79	13.211,66
38780	TUBO CAMISA PEAD PN-8 DE 280MM	m	154,00	163,83	25.229,82
				TOTAL:	40.048,40

APÊNDICE D – Detalhamento do orçamento de obras civis pelo método convencional

ORÇAMENTO DE OBRAS CIVIS PELO MÉTODO CONVENCIONAL - ABRIL / 2016					
SEM BDI					
CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UN	QTDE	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL
20000	SERVIÇOS TÉCNICOS				
20200	VERIFICAÇÃO DE INTERFERENCIAS				
20201	PESQUISA DE INTERFERENCIAS	m³	90,00	36,82	3.113,80
20204	SONDAGEM A PERCUSSAO	m	19,50	70,71	1.378,85
20300	LOCAÇÃO				
20302	LOCAÇÃO E NIVELAMENTO DE REDES DE ESGOTO/EMISSÁRIO/DRENAGEM	m	156,00	0,97	151,32
20400	CADASTRO				
20403	CADASTRO DE REDE DE ESGOTO/EMISSÁRIO/DRENAGEM	m	156,00	1,20	187,20
20405	CADASTRO DE OBRAS LOCALIZADAS	pr	2,00	115,44	230,88

ORÇAMENTO DE OBRAS CIVIS PELO MÉTODO CONVENCIONAL - ABRIL / 2016					
SEM BDI					
CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UN	QTDE	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL
30000	SERVIÇOS PRELIMINARES				
30200	TRÂNSITO E SEGURANÇA				
30201	TAPUME MÓVEL DE PROTEÇÃO EM CHAPAS COMPENSADAS	m	154,00	3,40	523,60
30203	PASSADIÇOS COM PRANCHAS DE MADEIRA, PARA PEDESTRES	m²	2,00	16,40	32,80
30204	PASSADIÇOS COM PRANCHAS DE MADEIRA, PARA VEÍCULOS	m²	2,00	18,14	36,28
30206	SINALIZAÇÃO DE TRANSITO NOTURNA	m	3,00	1,86	5,58
30207	SINALIZAÇÃO DE TRANSITO, COM PLACAS	m²	3,00	6,44	19,32
30208	FITA PLASTICA	m	15,00	0,15	2,25
40000	MOVIMENTO DE TERRA				
40300	ESCAVAÇÃO MECANIZADA DE VALAS, POÇOS E CAVAS				
40304	ESCAVAÇÃO MECANIZADA DE VALAS, POÇOS E CAVAS EM SOLO NÃO ROCHOSO, COM PROFUND DE 0 A 6,00M	m³	1.331,00	8,68	11.553,08
40600	ATERRO/REATERRO DE VALAS, POÇOS E CAVAS				

ORÇAMENTO DE OBRAS CIVIS PELO MÉTODO CONVENCIONAL - ABRIL / 2016					
SEM BDI					
CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UN	QTDE	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL
40601	ATERRO/REATERRO DE VALAS, POÇOS E CAVAS COMPACTADO MANUALMENTE	m³	26,52	8,94	237,10
40602	ATERRO/REATERRO DE VALAS, POÇOS E CAVAS COMPACTADO MECANICAMENTE	m³	1.299,57	10,08	13.099,65
40800	CARGA, TRANSPORTE E DESCARGA				
40801	CARGA E DESCARGA - SOLO	m³	492,44	0,95	467,82
40803	CARGA E DESCARGA - ENTULHO	m³	3,85	1,23	4,74
40804	TRANSPORTE DE MATERIAL ESCAVADO - SOLO	m³x Km	9.782,00	0,62	6.064,84
40806	TRANSPORTE DE MATERIAL ESCAVADO - ENTULHO	m³x Km	231,00	0,80	184,80
5000	ESCORAMENTO				
50300	ESCORAMENTO MISTO EM VALAS - TIPO HAMBURGUES				
50302	ESCORAMENTO METÁLICO MADEIRA EM VALAS, COM LONGARINAS E ESTRONCAS METÁLICAS, COM 01 QUADRO	m²	1.401,00	125,51	153.353,46

ORÇAMENTO DE OBRAS CIVIS PELO MÉTODO CONVENCIONAL - ABRIL / 2016					
SEM BDI					
CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UN	QTDE	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL
6000	ESGOTAMENTO E DRENAGEM				
60100	ESGOTAMENTO COM BOMBA				
60102	CONJUNTO MOTOBOMBA	h	16,00	8,21	131,36
60200	REBAIXAMENTO DE LENÇOL FREÁTICO				
60201	MOBILIZAÇÃO, DESMOBILIZAÇÃO E TRANSPORTE DE EQUIPAMENTOS	un	1,00	2.190,00	2.190,00
60202	OPERAÇÃO DO SISTEMA DE REBAIXAMENTO	cjdi a	6,00	212,00	1.272,00
60203	PONTEIRA FILTRANTE EM VALA	un	310,00	44,00	13.640,00
80000	FUNDAÇÕES E ESTRUTURAS				
80600	FORMAS				
80602	FORMA PLANA, EM CHAPA COMPENSADA RESINADA, ESTRUTURAL	m²	1,85	61,09	112,89
80800	ARMADURAS				
80802	AÇO CA-50	kg	12,32	7,14	87,96

ORÇAMENTO DE OBRAS CIVIS PELO MÉTODO CONVENCIONAL - ABRIL / 2016					
SEM BDI					
CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UN	QTDE	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL
80900	CONCRETO NÃO ESTRUTURAL				
80901	CONCRETO NÃO ESTRUTURAL, CONSUMO MINIMO DE 150 KG DE CIMENTO/M3	m³	0,15	272,68	41,99
81700	POÇO DE VISITA EM ANEIS DE CONCRETO				
81703	POÇO DE VISITA (BASE E LAJE SUPERIOR) EM ANEIS, DIAMETRO 1000 MM	un	4,00	1.024,97	4.099,88
81708	ACRESCIMO DE CAMARA (BALAO) EM POÇO DE VISITA EM ANEIS DE CONCRETO, DIAMETRO 1000MM	m	4,00	398,41	1.593,64
9000	ASSENTAMENTO				
90600	ASSENTAMENTO DE TUBOS E CONEXÕES EM PEAD ATÉ DIÂMETRO 280MM				
90610	ASSENTAMENTO DE TUBOS E CONEXÕES EM PEAD, DN 200 MM	m	156,00	14,05	2.191,80
100000	PAVIMENTAÇÃO				
100100	REMOÇÃO DE PAVIMENTAÇÃO				
100103	REMOÇÃO DE PAVIMENTAÇÃO EM PARALELEPIPEDO OU LAJOTA SEXTAVADA	m²	385,00	6,84	2.633,40

ORÇAMENTO DE OBRAS CIVIS PELO MÉTODO CONVENCIONAL - ABRIL / 2016					
SEM BDI					
CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UN	QTDE	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL
100200	REPOSIÇÃO DE PAVIMENTAÇÃO				
100203	REPOSIÇÃO DE PAVIMENTAÇÃO EM LAJOTA SEXTAVADA	m²	385,00	26,57	10.229,45
100204	FORNECIMENTO DE LAJOTA SEXTAVADA	m²	38,50	30,40	1.170,40
100400	REGULARIZAÇÃO E REVESTIMENTO				
100407	REVESTIMENTO COM BICA CORRIDA REAPROVEITADA	m³	39,00	12,78	498,42
120000	FECHAMENTO				
120100	ALVENARIA				
120107	ALVENARIA DE BLOCO DE CONCRETO E=0,15M	m²	3,70	43,99	162,59
				TOTAL:	230.903,15

APÊNDICE E – Detalhamento do orçamento da lista de materiais pelo método convencional

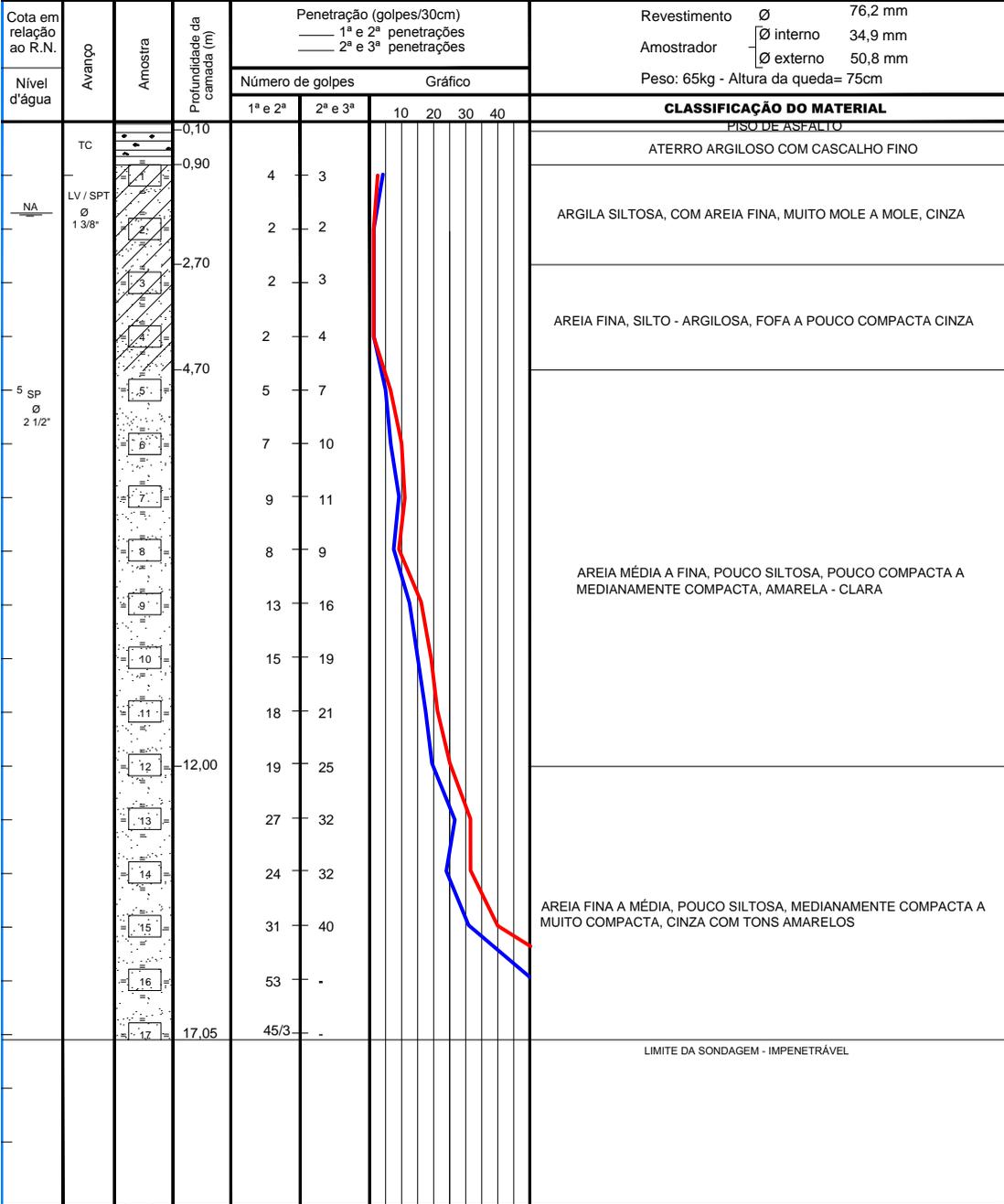
ORÇAMENTO DE LISTA DE MATERIAIS - NOVEMBRO / 2016					
SEM BDI					
MÉTODO CONVENCIONAL					
CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UN	QTDE	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL
39170	TAMPAO DUCTIL ESG 600 ARTICULADO 400 KN	cj	4,00	401,73	1.606,92
38776	TUBO PEAD PN-8 DE 200MM	m	154,00	85,79	13.211,66
				TOTAL:	14.818,58

APÊNDICE F – Sondagens a percussão

PERFIL INDIVIDUAL DE SONDAGEM À PERCUSSÃO

Local: **RODOVIA DOS VIANAS**

Escala: 1:100	Data: 23/11/2016	Des n°:	Folha: 2/4
Sondagem n°: SP - 02	Cota: 9,954	Localção:	E 737.071,102 N 7.095.098,392

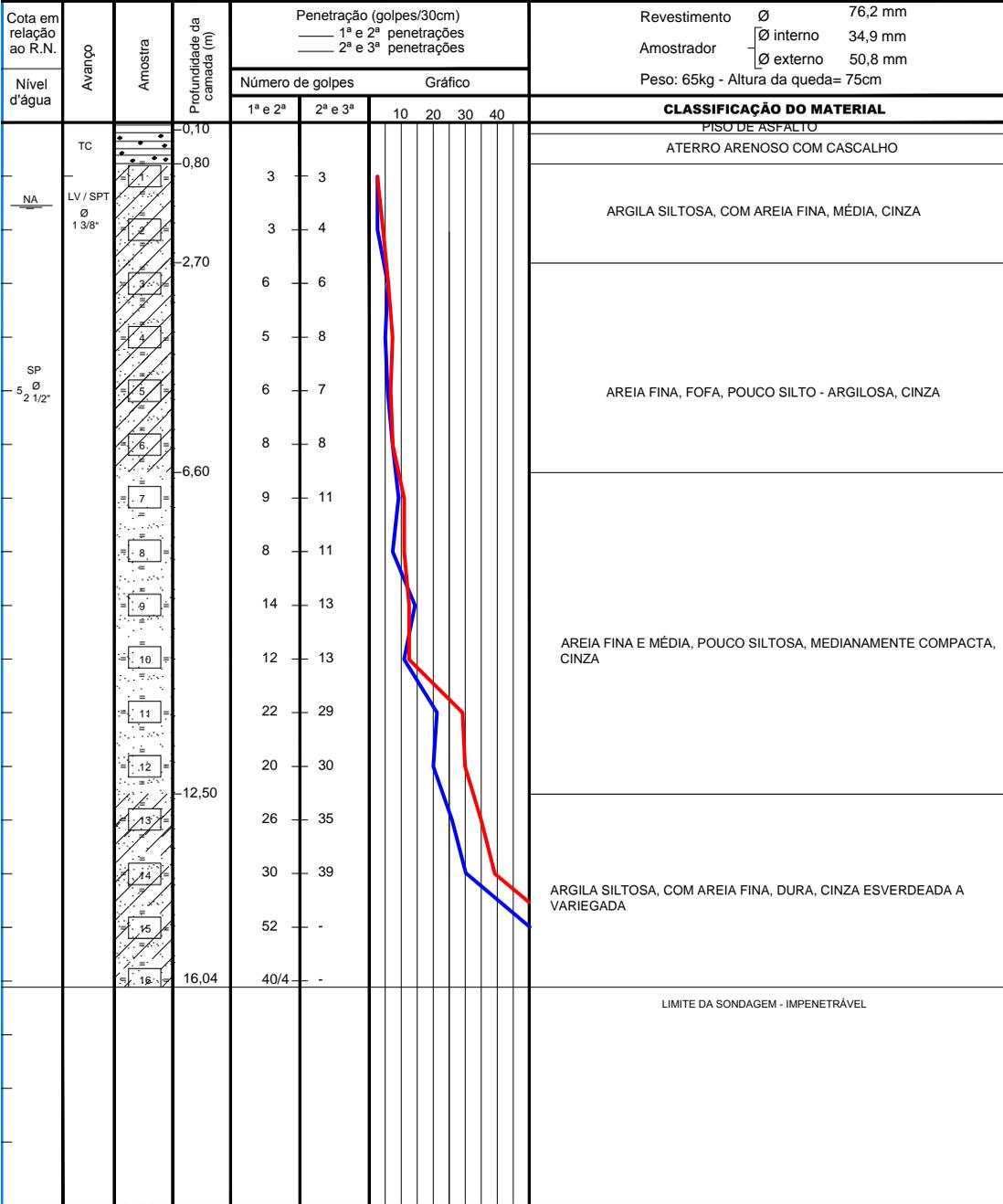


PROFUNDIDADE DO NÍVEL D'ÁGUA (m)		SIMBOLIA ⊗ COLETADA AMOSTRA LAVADA ⊙ AMOSTRA SHELBY NÃO RECUPERADA NFO NÍVEL D'ÁGUA NÃO FOI OBSERVADO	LAVAGEM X TEMPO	TEMPO 10 MIN 10 MIN 10 MIN 10 MIN	TRECHO DE - A - DE - A - DE - A - DE - A
2,10	1,90				
DATA INICIAL	DATA FINAL				
23/11/2016	23/11/2016				

PERFIL INDIVIDUAL DE SONDAGEM À PERCUSSÃO

Local: **RODOVIA DOS VIANAS**

Escala: 1:100	Data: 23/11/2016	Des n°:	Folha: 3/4
Sondagem n°: SP - 03	Cota: 9,556	Localção:	E 737.088,597 N 7.095.087,114

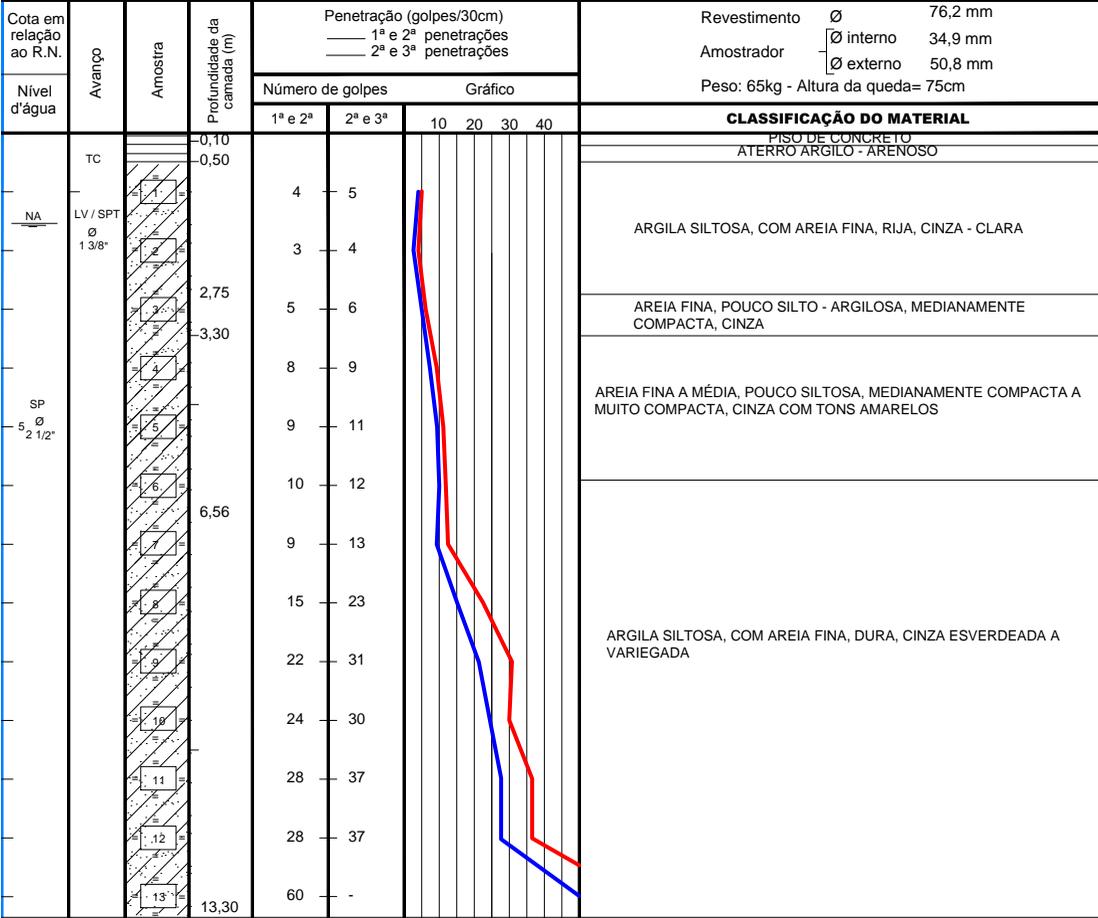


PROFUNDIDADE DO NÍVEL D'ÁGUA (m)		SIMBIOLOGIA <input checked="" type="checkbox"/> COLETADA AMOSTRA LAVADA <input checked="" type="checkbox"/> AMOSTRA SHELBY NÃO RECUPERADA NFO NÍVEL D'ÁGUA NÃO FOI OBSERVADO	LAVAGEM X TEMPO	TEMPO	TRECHO
DATA INICIAL	DATA FINAL			10 MIN	DE - A -
23/11/2016	23/11/2016	10 MIN	DE - A -		
PROFUNDIDADE	PROFUNDIDADE	10 MIN	DE - A -		
1,70	1,56	10 MIN	DE - A		

PERFIL INDIVIDUAL DE SONDAGEM À PERCUSSÃO

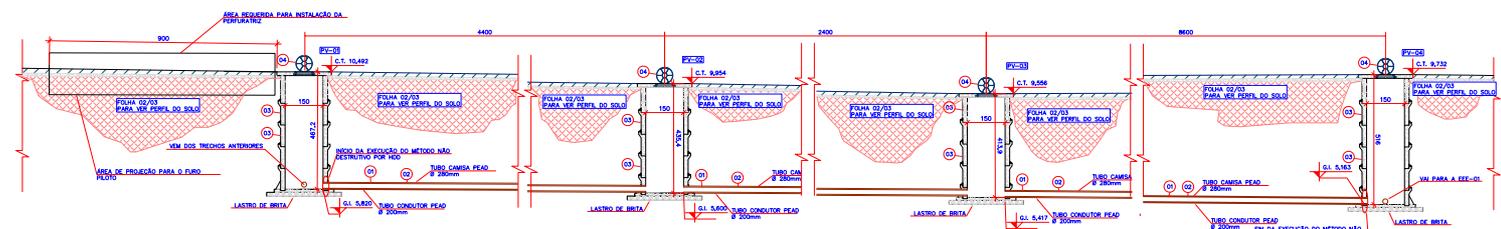
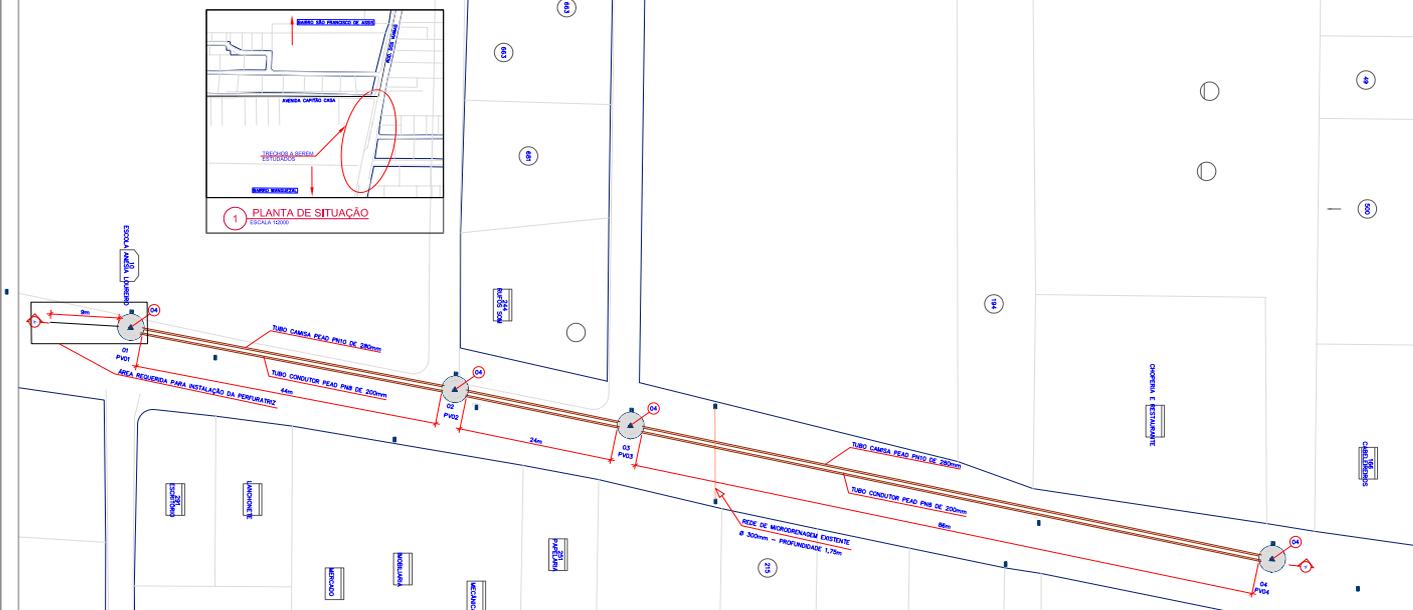
Local: **RODOVIA DOS VIANAS**

Escala: 1:100	Data: 23/11/2016	Des n°:	Folha: 4/4
Sondagem n°: SP - 04	Cota: 9,732	Localção:	E 737.081,364 N 7.095.075,893



PROFUNDIDADE DO NÍVEL D'ÁGUA (m)		☒ COLETADA AMOSTRA LAVADA	⊗ AMOSTRA SHELBY NÃO RECUPERADA	NFO NÍVEL D'ÁGUA NÃO FOI OBSERVADO	LAVAGEM X TEMPO	10 MIN	DE - A -
14/03/2016	15/03/2016					10 MIN	DE - A -
PROFUNDIDADE	PROFUNDIDADE			10 MIN	DE - A -	10 MIN	DE - A
1,80	1,55						

APÊNDICE G – Projeto final da travessia



- 1 - DIMENSÕES EM CENTÍMETROS E ELEVACIONES EM METROS, EXCETO ONDE INDICADO.
- 2 - LOCALIZAÇÃO E COTA DO EMISSÁRIO REQUERER CONFIRMAÇÃO EM CAMPO.

DESENHOS DE REFERÊNCIA:
 FOLHA 02/02 - LOCALIZAÇÃO DO TUBO A SER ESTABECIDO
 FOLHA 02/03 - PLANTA E PERFIL DO TUBO A SER ESTABECIDO

NR	CONDIÇÃO	DISCRIMINAÇÃO	M.	Q.
01	TUBO CONDUZOR P/10 DE 200 x L=15400mm	PEAO 01		
02	TUBO CAMISA P/10 DE 200 x L=15400mm	PEAO 01		
03	TUBO DE CONCRETO ARMADO Ø=110 x 1000mm	CONG 02		
04	TAMPA DE FERRO ARTIFICIAL - DIAM.Ø 400	FP 01		

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
 DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL
 TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - ALUNO: RENAN NUNENHUS CELESTINO

PROJETO DE TRAVESSIA DA RODOVA DOS VIANAS
 PERFIL DA TRAVESSIA - DESENHO ARQUITETÔNICO

DESENHO: RENAN NUNENHUS CELESTINO	ESCALA: RELEVADO	DATA: 08/2016	MÊS/ANO DA FOLHA: ABRIL/2016
PROFESSOR(A): MARCOS VINÍCIUS ASSIS		SALA DE INFORMÁTICA: AC0015	
			03/03