

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E MEIO
AMBIENTE

MONOGRAFIA DE FINAL DE CURSO

Serviços que Interferem nos Custos de Implantação de
Interceptores na Região Metropolitana de Belo Horizonte

Edilson Alves de Oliveira

Belo Horizonte
2011

Edilson Alves de Oliveira

**Serviços que Interferem nos Custos de Implantação de
Interceptores na Região Metropolitana de Belo Horizonte**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Engenharia Sanitária e Meio Ambiente da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Engenharia Sanitária e Meio Ambiente.

Área de concentração: Engenharia Sanitária

Orientador: Marcelo Libânio

Belo Horizonte
Escola de Engenharia da UFMG
2011

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me propiciar este momento. Após muito esforço, imaginei não conseguir, mas Deus iluminou meu caminho, mais uma vez.

RESUMO

No Brasil, o sistema de esgotamento sanitário (SES) ainda sofre com o abandono ao longo dos anos. Embora existam redes coletoras de esgotos (RCE) em boa parte dos municípios do país, o destino dos efluentes continuam sendo os cursos d'água mais próximos.

Na Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) não é diferente, com uma grande malha de RCE, os efluentes continuam sendo lançados nos cursos d'água, trazendo péssima impressão visual, maus odores e doenças.

Esses efluentes, que não são direcionados às estações de tratamento de esgotos, seguem sentido a duas grandes bacias hidrográficas da RMBH, a do rio das Velhas e do rio Paraopeba, contribuindo para a degradação desses rios.

Com isso, a coleta e tratamento de esgotos passam a ser alvo de investimentos de grande magnitude por parte dos órgãos gestores do saneamento e os interceptores possuem grande relevância neste contexto, uma vez que são, normalmente, são assentados junto a leitos de rios com o objetivo de recolher os esgotos provenientes das redes coletoras e conduzi-los às estações de tratamento. Mas, esta proximidade com os cursos d'água geram dificuldade de execução e alto custo para sua implantação. Esses custos são provenientes de um grupo de serviços que, ao longo do tempo, mesmo com o avanço tecnológico, continuam sendo responsáveis pela elevação dos valores investidos nas obras.

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

1	INTRODUÇÃO	11
2	OBJETIVOS	16
2.1.	OBJETIVO GERAL.....	16
2.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
3	REVISÃO DA LITERATURA.....	17
3.1.	CONSIDERAÇÕES SOBRE O SANEAMENTO BRASILEIRO.....	17
3.2.	ALGUNS ASPECTOS SOBRE A REALIDADE NA RMBH.....	19
3.3.	OBRAS DE INTERCEPTORES DE ESGOTOS	22
3.3.1.	MATERIAIS	23
3.3.2.	MOVIMENTO DE TERRA.....	24
3.3.3.	INTERFERÊNCIAS.....	25
3.3.4.	ESCORAMENTO.....	26
3.3.5.	TRAVESSIAS EM MÉTODO NÃO DESTRUTIVO (MND)	27
3.3.6.	PAVIMENTAÇÃO	28
4	MATERIAIS E MÉTODOS.....	29
4.1.	PLANO DE AMOSTRAGEM	29
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
5.1.	CARACTERIZAÇÃO DOS EMPREENDIMENTOS	30
5.1.1.	OBRA 01: BRUMADINHO	30
5.1.2.	OBRA 02: BETIM – INTERCEPTOR BETIM.....	31
5.1.2.1.	MARGEM ESQUERDA.....	31
5.1.2.2.	MARGEM DIREITA	32
5.1.3.	OBRA 03: BETIM – BAIRRO ITACOLOMY	33
5.2.	COMPARATIVO ENTRE AS OBRAS	34
6	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	40
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

CBUQ	_	Concreto betuminoso usinado a quente
DER	_	Departamento de Estradas de Rodagem
DMT	_	Distancia media de transporte
DN	_	Diâmetro nominal
DNIT	_	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte
ETE	_	Estação de tratamento de esgotos
IBGE	_	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IGAM	_	Instituto Mineiro de Gestão das Águas
JE	_	Junta elástica
MD	_	Margem Direita
ME	_	Margem Esquerda
MND	_	Método não destrutivo
NA	_	Nível de água
PB	_	Ponta e bolsa
PEAD	_	Polietileno de alta densidade
PNSB	_	Pesquisa Nacional de Saneamento Básico
PV	_	Poço de visita
RMBH	_	Região Metropolitana de Belo Horizonte
SES	_	Sistema de Esgotamento Sanitário
SNIS	_	Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento
TAC	_	Termo de Ajuste de Conduta

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.1 – LOCALIZAÇÃO DA BACIA DO RIO DAS VELHAS.....	12
FIGURA 1.2 – LOCALIZAÇÃO DA BACIA DO RIO PARAPEBA.....	14
FIGURA 3.1 – MAPA POLÍTICO DA RMBH.....	20
FIGURA 3.2 – ESCAVAÇÃO MECÂNICA EM SOLO COM ÁGUA (FOTO DO AUTOR).....	24
FIGURA 3.3 – ESCAVAÇÃO MANUAL PARA EXECUÇÃO DE TÚNEL (FOTO DO AUTOR).....	24
FIGURA 3.4 – EXEMPLO DE INTERFERÊNCIAS.....	25
FIGURA 3.5 – ESCORAMENTO DESCONTÍNUO (FOTO DO AUTOR).....	26
FIGURA 3.6 – ESCORAMENTO CONTÍNUO (FOTO DO AUTOR).....	27
FIGURA 3.7 – ESCORAMENTO BLINDADO (FOTO DO AUTOR).....	27
FIGURA 3.8 – POÇO DE ATAQUE (FOTO DO AUTOR).....	28
FIGURA 3.9 – SERRA CLIPER.....	28
FIGURA 5.1 – DESMORONAMENTO DURANTE ESCAVAÇÃO (FOTO DO AUTOR).....	36
FIGURA 5.2 – COLOCAÇÃO DE ESCORAMENTO BLINDADO (FOTO DO AUTOR).....	37
FIGURA 5.3 – RECOMPOSIÇÃO EM VALA NORMAL (FOTO DO AUTOR).....	38
FIGURA 5.4 – RECOMPOSIÇÃO EM VALA COM DESMORONAMENTO (FOTO DO AUTOR).....	38

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 3.1 – PERCENTUAL DE DOMICÍLIOS ATENDIDOS POR REDE GERAL DE ESGOTO.	18
GRÁFICO 3.2 – PERCENTUAL DA POPULAÇÃO ATENDIDA COM SES NOS MUNICÍPIOS DA RMBH.....	21

LISTA DE TABELAS

TABELA 1.1 – CARACTERÍSTICAS DAS BACIAS DO RIO DAS VELHAS E PARAÓPEBA	11
TABELA 3.1 – SITUAÇÃO DOS MUNICÍPIOS DA RMBH	20
TABELA 3.2 – INVESTIMENTOS EM SANEAMENTO EM 2010	22
TABELA 5.1 – RESUMO DA TUBULAÇÃO DA OBRA DE BRUMADINHO.	30
TABELA 5.2 – INTERCEPTOR CÓRREGO BANANAL	30
TABELA 5.3 – RESUMO DA TUBULAÇÃO DA OBRA DE BETIM – MARGEM ESQUERDA	31
TABELA 5.4 – BETIM – MARGEM ESQUERDA	31
TABELA 5.5 – RESUMO DA TUBULAÇÃO DA OBRA DE BETIM – MARGEM DIREITA	32
TABELA 5.6 – BETIM – MARGEM DIREITA	32
TABELA 5.7 – POPULAÇÃO DA REGIÃO	33
TABELA 5.8 – RESUMO DA TUBULAÇÃO DA OBRA DE BETIM – ITACOLOMY	33
TABELA 5.9 – BETIM – ITACOLOMY	34
TABELA 5.10 – COMPARATIVO PERCENTUAL ENTRE AS OBRAS	34
TABELA 5.11 – LARGURA DA VALA EM FUNÇÃO DO DIÂMETRO	35
TABELA 5.12 – CUSTO DO ESCORAMENTO EM FUNÇÃO DA PROFUNDIDADE	37

1 INTRODUÇÃO

A RMBH está inserida em duas grandes bacias hidrográficas, a do Rio das Velhas e a do Paraopeba, que sofrem com a degradação causada, principalmente, pelos lançamentos de efluentes domésticos e industriais. Na Tabela 1.1 apresentam-se as principais características das mencionadas bacias.

Tabela 1.1 – Características das bacias do rio das Velhas e Paraopeba

CARACTERÍSTICAS GERAIS DAS BACIAS		
	Rio das Velhas*	Paraopeba**
Área da bacia	29.173 km ²	13.643 km ²
Extensão do curso principal	802 km	537 km
Ocupação	51 municípios, sendo 14 na RMBH	48 municípios, sendo 15 na RMBH
População	4,4 milhões	1,4 milhões

Fonte: * CAMARGOS, 2005

** <http://www.aguasdoparaopeba.org.br/index.php>, acesso em 05 de maio de 2011

“A bacia do rio das Velhas está localizada na região central do Estado de Minas Gerais, entre as latitudes 17o 15'S e 20o 25'S e longitudes 43o 25'W e 44o e 50W” (CAMARGOS, 2005) e faz parte da bacia do rio São Francisco. A FIG. 1.1 apresenta a localização da bacia do rio das velhas em relação ao estado de Minas Gerais e seus 51 municípios.

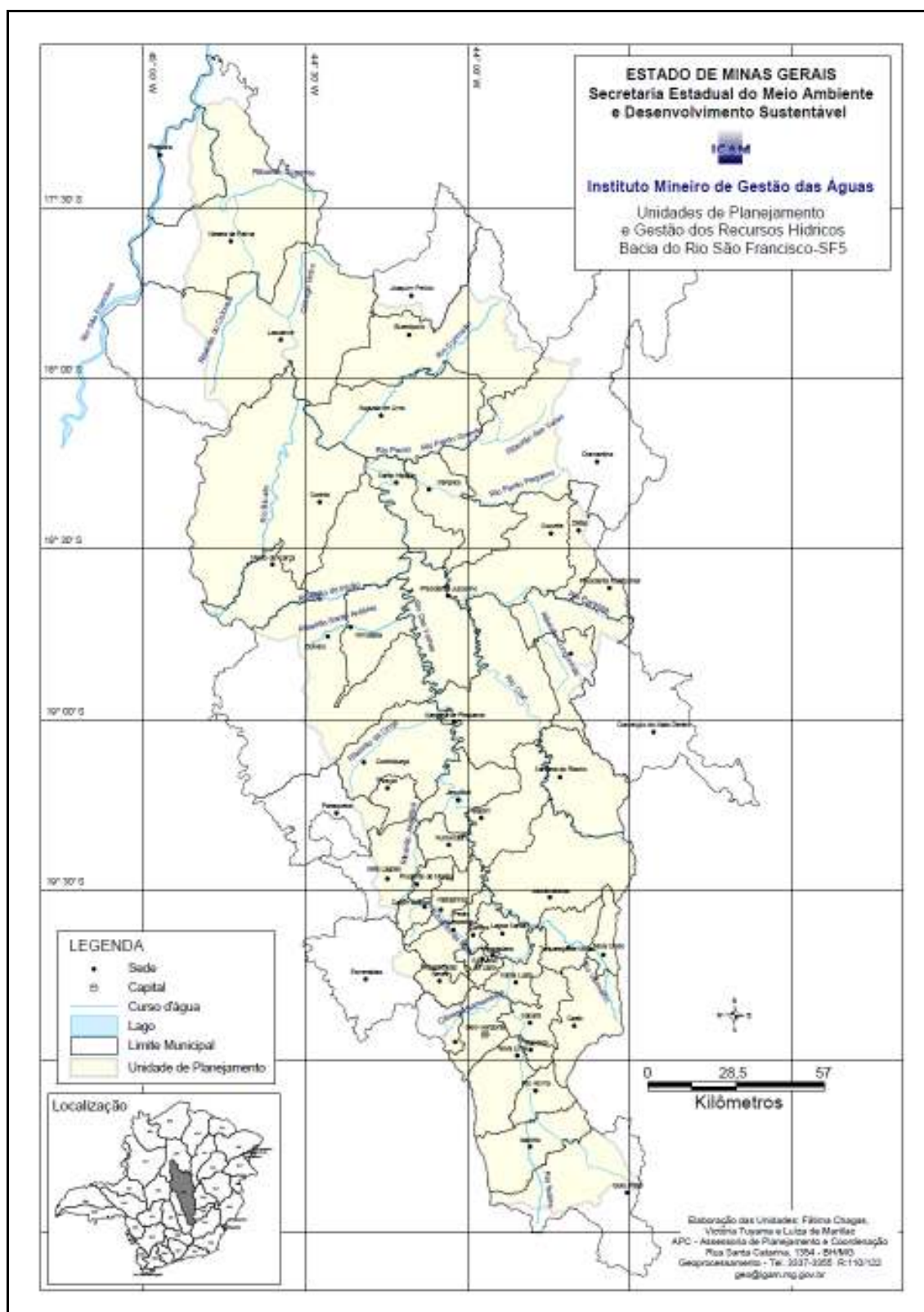


Figura 1.1 – localização da bacia do rio das Velhas
Fonte: (IGAM)

A urbanização da RMBH é fator determinante para a poluição do rio das Velhas, pois é na região que o rio recebe grande carga de esgotos domésticos e industriais, além de enorme

quantidade de resíduos sólidos (IGAM, 2005). Embora ocupe 10% da área da bacia do rio das Velhas, é na RMBH que vivem em torno de 70% da população (CBHVELHAS). Outro problema é a supressão da vegetação em benefício da urbanização, o que provoca assoreamento em função do arraste de solo para os rios. Desde o início da exploração da região a degradação foi marca registrada, tanto com a mineração quanto com a industrialização. A preocupação com a preservação foi deixada para depois e se o desenvolvimento sustentável chegar, talvez, seja tarde demais.

Com a bacia do Paraopeba não foi diferente. Cidades de grande importância como Betim, parte de Contagem, Ibirité e Sete Lagoas, despejam seus efluentes nas águas que alimentam o Paraopeba. Além dos efluentes residenciais o rio recebe despejos da indústria automobilística, petroquímica e mineração, proveniente da serra de Itatiaiuçu. Com uma população menor que a da bacia do rio das Velhas, a bacia do rio Paraopeba sente um pouco menos os efeitos do desenvolvimento, o que comprova isso é a prática da pesca em toda sua extensão, o que não ocorre no rio das Velhas. A FIG. 1.2 apresenta o mapa de localização da bacia do rio Paraopeba no estado de Minas Gerais e dos 48 municípios, 21 não são interceptados pelo rio, mas contribuem para sua poluição através de seus afluentes.

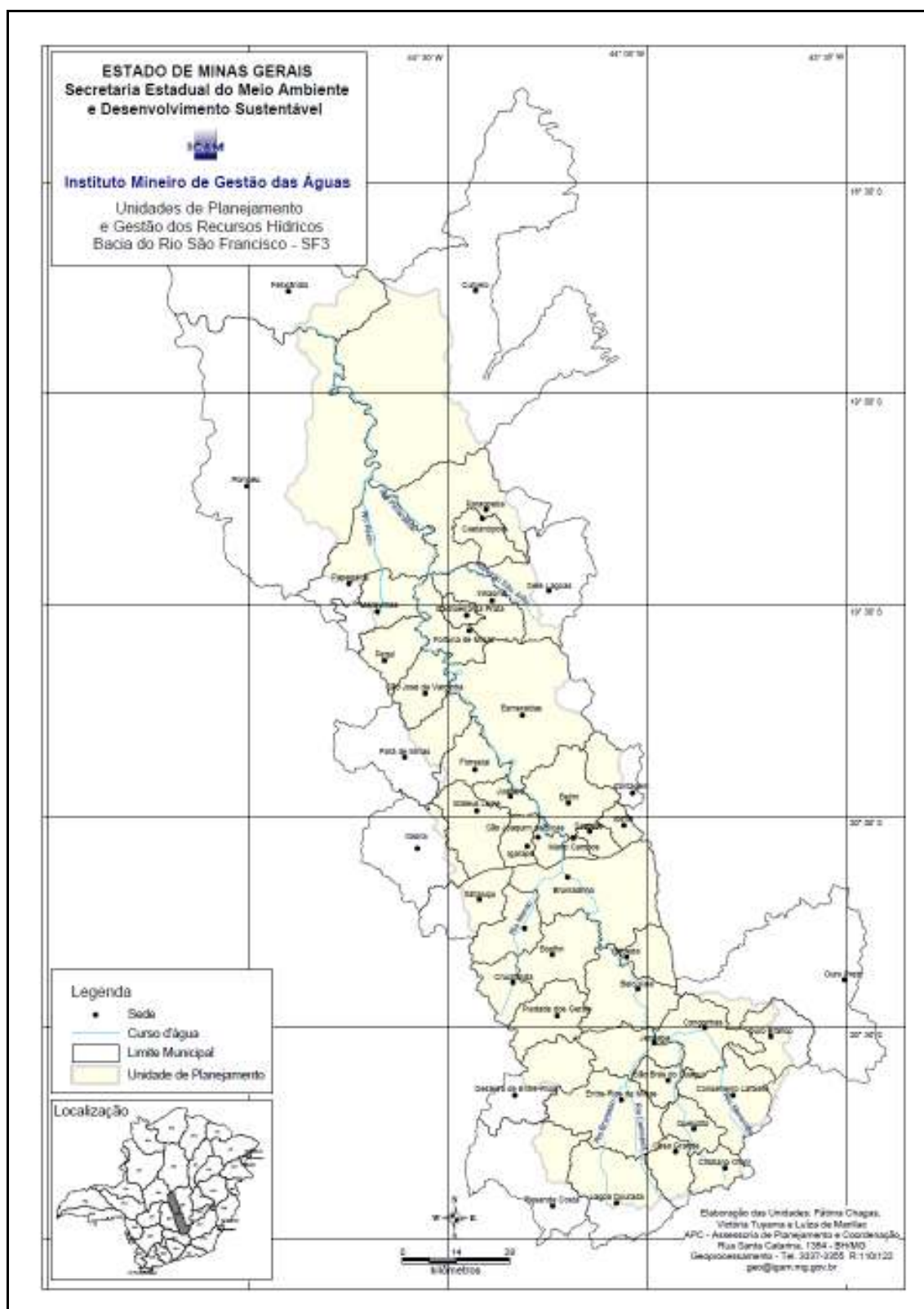


Figura 1.2 – Localização da bacia do rio Paraopeba
Fonte: IGAM

Os principais rios da RMBH estão carentes de mais investimentos para suprir o tempo perdido e poderem continuar abastecendo a população com água de qualidade e promovendo

o desenvolvimento da região. A de se lembrar que o abastecimento de água das principais cidades da RMBH é realizado com as águas destas importantes bacias hidrográficas, que em seguida deságuam no rio São Francisco. Portanto devem ser preservadas para garantir a sustentabilidade de toda região.

Ilustrando a carência por mais investimentos, principalmente em redes interceptoras, a cidade de Betim inaugurou sua Estação de tratamento de Esgotos (ETE) Central em abril de 2010, com capacidade de tratar 500 litros por segundo (l/s) de efluentes para uma população de cerca de 370 mil pessoas na primeira etapa. Mas, a vazão média que chegou à ETE no ano de 2010 foi de apenas 138 l/s (COPASA).

Felizmente, nos últimos anos, vêm crescendo os investimentos em esgotamento sanitário e as obras de implantação de dos interceptores, embora causem grande impacto na rotina da população e tenham alto custo, são necessárias para contribuir com a preservação de nossos rios.

2 OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Diante do exposto, o objetivo geral deste trabalho é demonstrar a relação entre os diversos fatores que intervêm nos custos das obras de implantação de interceptores de esgotos na RMBH.

2.2. Objetivos específicos

- Avaliar os serviços que oneram a execução de interceptores de esgotos na RMBH;
- Identificar e sugerir as formas de reduzir os custos nas obras de interceptores.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1. *Considerações sobre o Saneamento Brasileiro*

Com o grande crescimento das cidades ao longo das últimas décadas, cada vez mais os investimentos em infra-estrutura são necessários para melhorar as condições de moradia, trabalho, saúde, educação, lazer e segurança. Embora esses investimentos passem antes pelo crivo da importância política da ação já podemos perceber grandes avanços na área.

Segundo a Lei 11.445/2007, esgotamento sanitário é parte do saneamento básico e é “constituído pelas atividades, infra-estruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, tratamento e disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até o seu lançamento final no meio ambiente”. O sistema de esgotamento sanitário (SES) é uma consequência do abastecimento de água potável, uma vez que, invariavelmente, parte da água, seja na indústria, comércio ou residências, é descartada depois de utilizada.

O SES pode ser considerado como um subsistema da infra-estrutura urbana (Zmitrowicz Neto, 1997) e a água, antes potável, tornando-se repulsiva aos sentidos tem de ser descartada. Embora necessário, este subsistema foi abandonado pelo poder público, que investiu mais em disponibilizar água potável sem se preocupar com o passivo deixado por esta ação.

De acordo com dados da Pesquisa Nacional de Saneamento (PNSB) de 2008, dos 5.565 municípios do Brasil, 55,2% são atendidos com serviços de esgotamento sanitário por rede coletora. A pesquisa levou em consideração apenas se existia algum tipo de coleta no município ou distrito, independente da extensão de redes e da população atendida, o que leva a desenhar um quadro ainda pior do que os números mostram.

O Gráfico 3.1 apresenta o percentual de domicílios atendidos por rede geral de esgoto, em ordem decrescente, segundo as Unidades da Federação. Nota-se que apenas o Distrito Federal, São Paulo e Minas Gerais possuem mais de 50% dos domicílios atendidos com rede geral de esgoto, nesse caso é considerado no mínimo a rede coletora. Esses dados mostram que existe uma lacuna a ser preenchida quando se trata de esgotamento sanitário no Brasil.

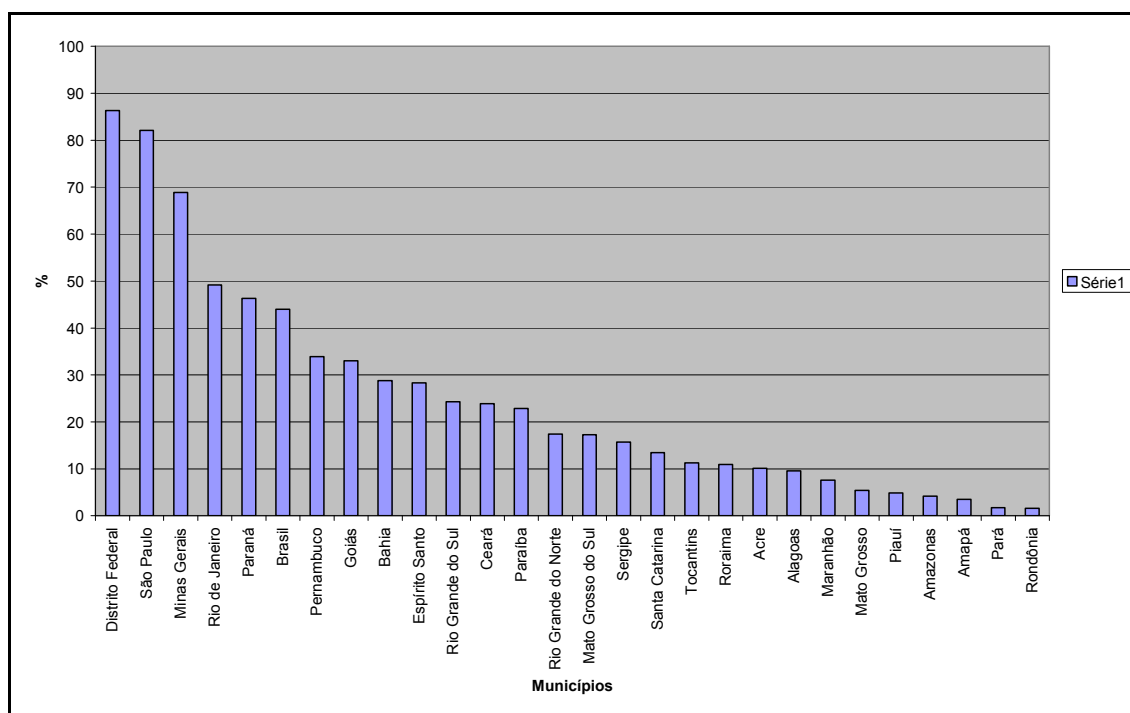


Gráfico 3.1 – Percentual de domicílios atendidos por rede geral de esgoto.

Fonte: IBGE, 2008.

No Brasil o tipo de sistema de esgotamento sanitário utilizado é o separador absoluto (TSUTIYA e ALÉM SOBRINHO, 2000), em que as águas pluviais seguem em um sistema independente do esgoto que consiste nas águas residuárias domésticas e industriais, além das infiltrações nas redes e órgãos acessórios. As justificativas são várias, dentre elas ha se destacar (TSUTIYA e ALÉM SOBRINHO, 2000):

- O custo de implantação menor para o sistema separador absoluto, em função da redução do diâmetro das tubulações e também do material (PVC, por exemplo);
- As galerias de águas pluviais que são executadas em uma pequena parcela das vias públicas, passariam a ser uma exigência do sistema unitário ou separador parcial;
- Em vias não pavimentadas os sistemas unitários e separador parcial possuem eficácia muito reduzida, devido ao carreamento de impurezas para o sistema;
- As águas pluviais podem ser lançadas em cursos d'água próximos, o que reduz o custo de implantação do sistema de drenagem;
- Flexibilidade na implantação, com priorização do SES.

Um grande problema encontrado pelo sistema separador absoluto é a dificuldade de controle sobre a água pluvial proveniente de telhados e pátios, que acabam sendo encaminhadas ao

SES através de ligações clandestinas. Isso pode gerar um colapso do sistema no período chuvoso, principalmente nos casos onde existe a necessidade de bombeamento dos esgotos.

Na cidade de Belo Horizonte, por exemplo, quando da perspectiva de implantação da ETE Arrudas e ETE Onça foram elaboradas propostas com o objetivo de garantir que as referidas ETE's cumprissem integralmente seu objetivo - tratar esgotos, com as conseqüências benéficas para a população e meio ambiente (SOUSA, FILHO e SOARES, 1997). Dentre as ações destacam-se:

- Identificar lançamentos de águas pluviais internas dos imóveis na rede coletora de esgoto via ligação predial;
- Identificar lançamentos de redes coletoras de esgotos em tubulações e galerias pluviais;
- Identificar lançamentos de tubulações de águas pluviais na rede coletora de esgotos;
- Identificar lançamentos de redes coletoras/interceptores de esgotos em córregos.

É de conhecimento público o problema dos lançamentos indevidos dos esgotos nos cursos d'água e de águas pluviais nas redes coletoras de esgotos e atualmente paga-se o preço pela falta de investimentos no passado com grandes intervenções que geram transtornos a população, desapropriações com custo elevado e de difícil negociação em função da valorização dos terrenos.

3.2. Alguns aspectos sobre a realidade na RMBH

A RMBH possui 34 municípios e 4,88 milhões de habitantes, considerando a população rural, segundo o censo demográfico 2010 do IBGE. A população atendida com abastecimento de água chega a 99,8% e com esgotamento sanitário 63,43% (PNSB, 2008), levando-se em consideração apenas os municípios que possuem dados na pesquisa, sendo que Belo Horizonte possui percentual de população atendida com coleta de esgotos acima dos 90%.



Figura 3.1 – Mapa político da RMBH

Fonte: baixarmapas.via12.com

A Tabela 3.1 apresenta a situação dos municípios da RMBH em relação a população atendida com SES e aos investimentos em esgotamento sanitário (SNIS, 2008). Segundo informações do relatório alguns municípios, por motivos diversos durante a etapa de coleta, não possuem dados e não constam da tabela a seguir.

Tabela 3.1 – Situação dos municípios da RMBH

Município	População atendida com SES (hab.)	Investimento realizado em SES (R\$/ano)	População total (hab.)
Belo Horizonte	2.376.993	50.880.336,00	2.434.642
Betim	286.108	20.965.423,00	429.507
Brumadinho	20.230	3.273.885,00	33.693
Caeté	29.785	57.705,00	40.634
Contagem	487.197	24.601.666,00	617.749
Esmeraldas	8.007	1.451.240,00	58.307
Ibirité	107.703	6.159.969,00	155.290
Igarapé	21.921	502.152,00	32.967
Itaguara	12.070	70.018,00	12.812
Juatuba	10.876	24.438,00	20.567
Lagoa Santa	16.784	479.103,00	47.287
Matozinhos	20.223	52.002,00	34.789
Nova Lima	6.611	0,00	75.530
Pedro Leopoldo	39.897	15.545.297,00	58.635
Raposos	13.027	30.432,00	15.418
Ribeirão das Neves	181.386	15.046.327,00	340.033
Rio Acima	7.247	0,00	8.597

Tabela 3.1 – Situação dos municípios da RMBH (Continuação)

Município	População atendida com SES (hab.)	Investimento realizado em SES (R\$/ano)	População total (hab.)
Santa Luzia	169.327	1.715.404,00	227.438
São José da Lapa	9.503	6.402.767,00	18.855
Vespasiano	77.820	2.981.847,00	99.557
Total	3.902.715	150.247.587,00	5.044.532

Fonte: SNIS, 2008

As cidades de Betim, Belo Horizonte e Contagem receberam os maiores investimentos, talvez por serem as mais importantes da região.

No Gráfico 3.2 é possível verificar que as cidades de Esmeraldas e Nova Lima estão o índice de atendimento extremamente baixo e por isso devem ser alvo de investimentos em breve.

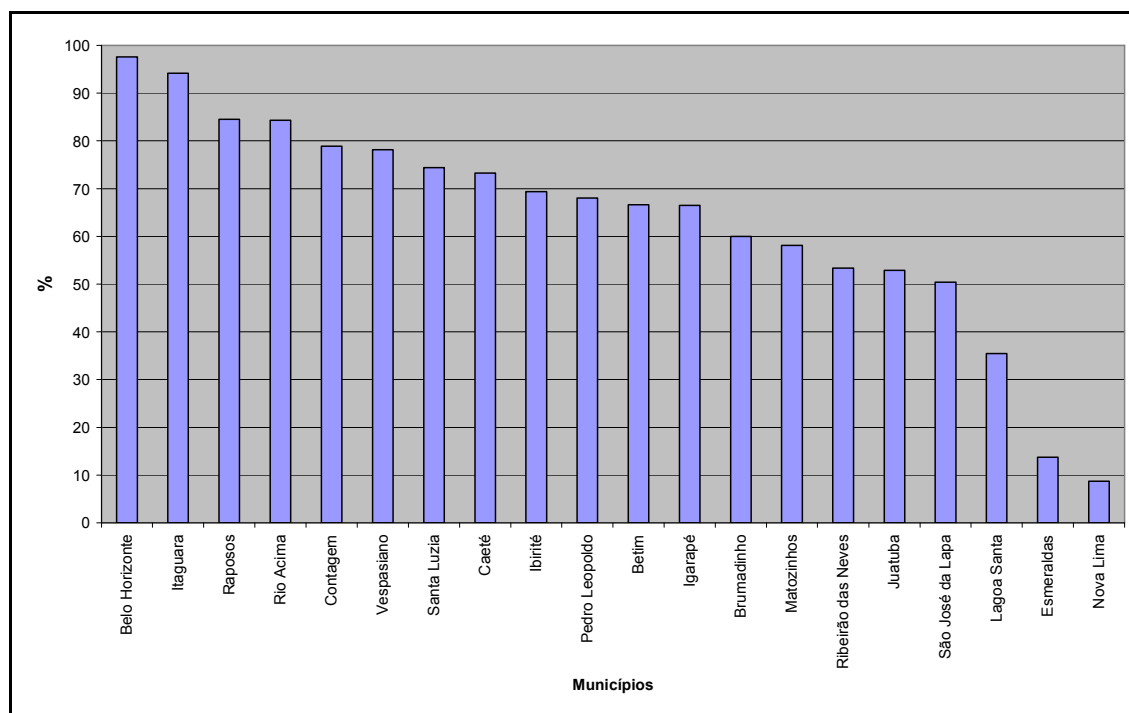


Gráfico 3.2 – Percentual da população atendida com SES nos municípios da RMBH

Fonte: SNIS, 2008

Em 2010, até o mês de outubro, 79 obras de esgotamento sanitário na RMBH estavam em andamento e mais 10 próximas do início, nas bacias do Rio Paraopeba e Rio das Velhas, totalizando um investimento da ordem de R\$ 615 milhões, conforme Tabela 3.2. Os dados são do portal transparência da Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA) e referem-se às obras da companhia estadual.

Tabela 3.2 – Investimentos em saneamento em 2010

Município	Total de investimento por Município (R\$)
Belo Horizonte	250.449.166,60
Betim	26.441.367,60
Brumadinho	685.000,00
Contagem	43.213.786,48
Esmeraldas	10.110.038,11
Funilândia	1.938.601,11
Ibirité	35.941.127,65
Igarapé	4.868.422,46
Lagoa Santa	15.414.684,11
Matozinhos	8.983.609,96
Pedro Leopoldo	34.144.946,69
Raposos	7.474.062,37
Ribeirão das Neves	42.774.339,46
Sabará	65.001.071,90
Santa Luzia	44.688.110,81
São José da Lapa	9.905.790,04
Vespasiano	13.209.895,67
Total	R\$ 615.244.021,02

Fonte: COPASA, 2010

Comparados aos dados de 2008, nota-se grande evolução nos investimentos em saneamento na RMBH, principalmente, devido à necessidade de cumprimento da Meta 2010, estabelecida pelo governo estadual. Demonstração clara de que a vontade política é primordial e está além das necessidades sociais.

3.3. Obras de interceptores de esgotos

Segundo a NBR 12207/1992, interceptor de esgotos é a “canalização cuja função precípua é receber e transportar o esgoto sanitário coletado, caracterizada pela defasagem das contribuições, da qual resulta o amortecimento das vazões máximas”. Este amortecimento possui influência direta no dimensionamento do interceptor e conseqüentemente no custo de aquisição da tubulação a ser utilizada na obra. Isso porque, como as áreas de contribuição são cada vez maiores, as vazões de pico diminuem em função do tempo de deslocamento do lançamento, desde os coletores até o interceptor. Este amortecimento deverá ser levado em consideração apenas para os interceptores de grande porte (TSUTIYA e ALÉM SOBRINHO, 2000).

Os interceptores são uma consequência direta das redes coletoras, ou seja, em diversos pontos sua profundidade já está definida em função das contribuições em seu traçado.

Em quase sua totalidade são implantados margeando um curso d'água e esta proximidade com leitos de rios e córregos aliada à profundidade, que em alguns casos supera os 5,00m, leva a um complicador nos serviços de assentamento da tubulação, que, em muitos casos, será instalada abaixo do NA. Para os custos da obra, este fato interfere em itens cruciais como a escavação, escoramento, transporte e reaterro.

Cada obra possui, além das características próprias, particularidades que muitas vezes sobrecarregam o orçamento. Uma constante atualmente são as travessias por método não destrutivo, seja de linha férrea, estradas ou mesmo um cruzamento de avenida que não pode ter seu fluxo de tráfego interrompido.

No estado do Paraná, o custo de implantação do SES é de R\$ 525,23 por habitante que significa 68,44% do custo de implantação do sistema água esgoto (BRUDEKI e AISSE, 2007). Embora as regiões possuam características diferentes pode-se verificar que para o SES o investimento é muito superior e isso pode explicar o porquê da precariedade dos sistemas atuais devido aos baixos valores investidos no setor ao longo dos anos.

Os itens destacados a seguir são responsáveis pelos maiores custos das obras de implantação de interceptores de esgotos.

3.3.1. Materiais

Os materiais empregados em redes de esgotamento sanitário vêm evoluindo e atualmente existem muitas opções para o empreendimento e sua escolha dependerá de alguns fatores (TSUTIYA e ALÉM SOBRINHO, 2000):

- Resistência a cargas externas, à abrasão e ao ataque químico;
- Facilidade de transporte e disponibilidade de diâmetros;
- Custos do material, de transporte e de assentamento.

Segundo Bevilacqua (2006), os principais materiais utilizados atualmente em sistemas de coleta e transporte de esgotos são os tubos de cerâmica, plástico, concreto e ferro fundido dúctil, sendo que nos coletores e interceptores alguns novos materiais como a fibra de vidro, o PEAD e o concreto de alta resistência.

3.3.2. Movimento de Terra

Em função dos inconvenientes causados a população devido à interrupção do tráfego e aos riscos às edificações vizinhas, Della Nina (1975) esclarece que “a construção de uma rede de esgotos requer planejamento e organização” e “a escavação das valas deverá ser reduzida a um mínimo de tempo possível”. Quanto ao processo adotado nas escavações, Della Nina (1975) afirma que “dependerá da natureza do solo, sua topografia, dimensões e volume de material a remover ou aterrar” e podem ser a céu aberto ou em túneis, mecanizada ou manual.



Figura 3.2 – Escavação mecânica em solo com água (foto do autor)



Figura 3.3 – Escavação manual para execução de túnel (foto do autor)

O volume de escavação é determinado assim que o traçado, a profundidade da rede e o tipo de escoramento são definidos. Já o material gasto no reaterro dependerá da natureza do solo, uma vez que os diversos tipos de terreno apresentam graus de compactação diferentes e ainda existe a redução de volume após o solo ser compactado na vala.

Para o transporte de material, o principal problema é a distância entre a obra e a área de empréstimo e bota fora, que é a área destinada a receber o material proveniente de escavação, demolição e que não mais será utilizado na obra, temporária ou definitivamente. Essas áreas são necessárias, segundo Nuvolari (2003), “quando o material obtido nas escavações não for adequado ou suficiente para as operações de reaterro”. Assim, pode ser necessário o descarte e a obtenção de um novo material em volume suficiente e em condição de ser compactado de acordo com as especificações técnicas de projeto.

3.3.3. Interferências

As interferências nas obras são uma constante e em alguns casos geram custos não previstos no orçamento. Segundo Nuvolari (2003), as interferências podem ter os seguintes tratamentos:

1. Relocação das interferências;
2. Demolição das interferências;
3. Adequação do projeto de tubulação às interferências existentes;
4. Sustentação das interferências existentes para permitir escavação etc.

A FIG. 3.4 mostra o emaranhado de canalizações possíveis de ser encontradas durante a execução de uma obra em centros urbanos tais como: redes de esgoto, água, drenagem, energia, telefonia, fibra ótica, gás e outras.

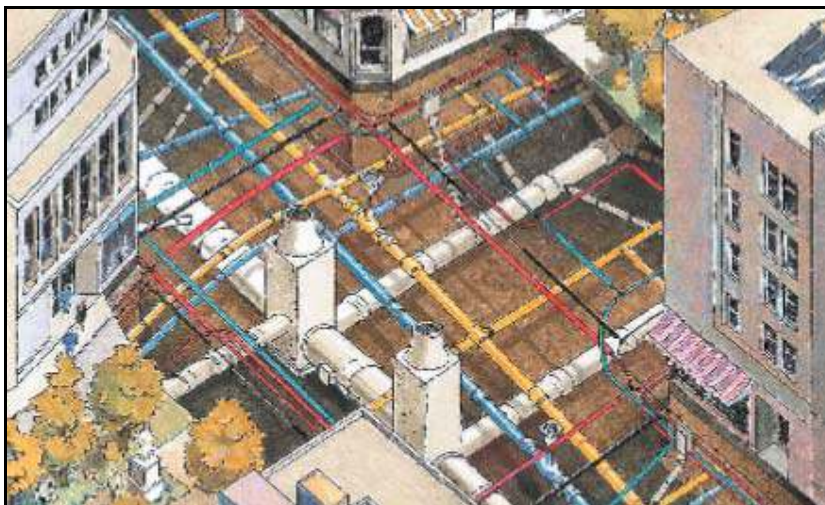


Figura 3.4 – Exemplo de interferências

Fonte: COMGAS, 2006, p. 5

Segundo Zmitrowicz e Neto (1997)

É no subterrâneo que se localizam as redes profundas do subsistema de drenagem pluvial, de água, de esgoto, de gás canalizado e, eventualmente, energia elétrica e comunicações, assim como de parte do subsistema viário (metrô), além das passagens subterrâneas para pedestres”. É o nível mais difícil de ser organizado devido às possibilidades de congestionamento e interferências recíprocas entre os diversos subsistemas (ou suas partes) nele localizados. Além disso, a organização deste espaço exige articulação institucional, já que cada um dos subsistemas que compõe a infra-estrutura urbana é, em geral, gerido por diferentes órgãos, de distintas instâncias do governo, que nem sempre atuam de forma coordenada.

Daí a necessidade de um levantamento cadastral, antes mesmo da elaboração do projeto evitando com isso surpresas durante a execução da obra.

3.3.4. Escoramento

De acordo com Nuvolrari (2003), “o escoramento das paredes laterais das valas é necessário para evitar a ruptura do solo, cuja ocorrência pode causar transtornos ao bom andamento dos serviços, bem como e, principalmente, por em risco vidas humanas”. Chernicharo (1985) completa que o escoramento também evita o solapamento de áreas adjacentes, reduzindo assim, o risco de danos a construções vizinhas. A NR 18 preconiza que os taludes instáveis das escavação com profundidade superior a 1,25m deve ter a estabilidade garantida através de dispositivos dimensionados para tal finalidade. Deste modo, o escoramento, embora seja um serviço auxiliar na execução do interceptor, é imprescindível ao bom andamento da obra, evitando acidentes e deixando de onerar ainda mais a obra.

As FIG. 3.5, 3.6 e 3.7 apresentam alguns exemplos de escoramento comumente utilizados em obras de esgotamento sanitário, sendo que para nos dois primeiros a montagem é realizada in loco, necessitando de mão de obra qualificada e retardando o serviço.

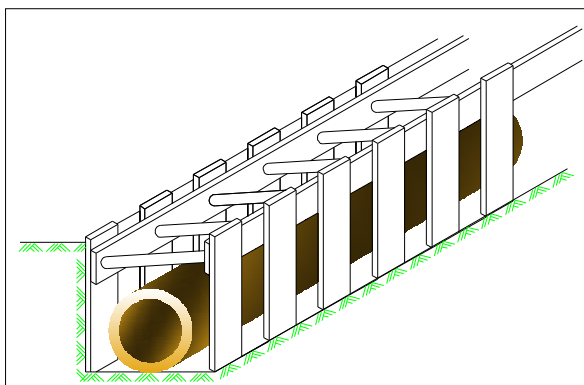


Figura 3.5 – Escoramento descontínuo (foto do autor)

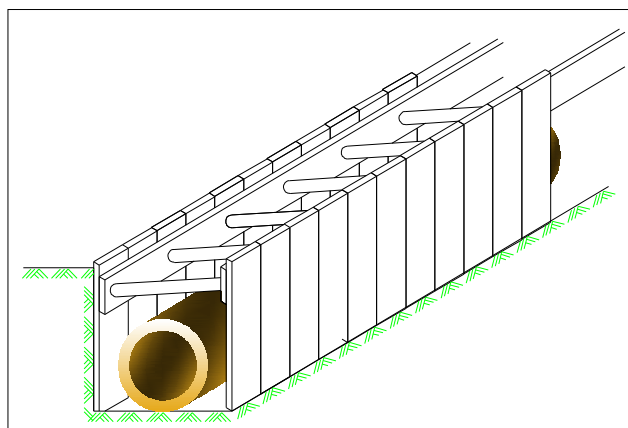


Figura 3.6 – Escoramento contínuo (foto do autor)



Figura 3.7 – Escoramento blindado (foto do autor)

3.3.5. Travessias em Método Não Destrutivo (MND)

Segundo Chernicharo (1985), a crescente urbanização dos centros urbanos e a necessidade de preservação de benfeitorias tais como pavimentação, praças e utilidades públicas, dentre outras, fazem com que cada vez mais sejam utilizados MND para a implantação de redes de esgotos. Diferentes métodos podem ser empregados para esta finalidade e a definição baseia-se, principalmente, em custo e o tipo de solo do local.

Segundo Chernicharo (1985):

“os túneis, se comparados com os processos convencionais em vala aberta, mostram-se mais vantajosos quando as profundidades de assentamento do conduto são excessivas. Todavia, os demais fatores envolvidos podem assumir pesos significativos que justifiquem a adoção de um processo em detrimento de outro”.

Os principais métodos empregados, de acordo com Bevilacqua (2006), são: mini shield, NATM, tunnel liner, perfuração direcional e tubo cravado. Na RMBH também é empregado

o túnel bala, que leva este nome em função da semelhança do túnel a um projétil de arma de fogo. A FIG. 3.8 mostra o poço de ataque para execução de túnel liner.



Figura 3.8 – Poço de ataque (foto do autor)

3.3.6. Pavimentação

A NBR 12.266/92 recomenda 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 0,20m e que a pavimentação asfáltica deve ser removida, mecanicamente, através de rompedores pneumáticos ou outro equipamento apropriado. Atualmente a serra Cliper, FIG. 3.9, vem sendo utilizada em larga escala, já que apresenta um ótimo grau de acabamento no corte, além de proporcionar um maior conforto na operação do equipamento.



Figura 3.9 – Serra Cliper

Fonte: orientalequipamentos.com.br

Quanto à recomposição, a NBR 12.266/92 recomenda que em vias públicas deve-se objetivar o restabelecimento das condições anteriores à abertura da vala, obedecendo às recomendações de projeto bem como as exigências municipais.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Plano de amostragem

A partir da revisão bibliográfica e com as tabelas da curva ABC de alguns empreendimentos, procurou-se identificar os serviços mais relevantes nas obras de implantação de interceptores de esgotos na RMBH.

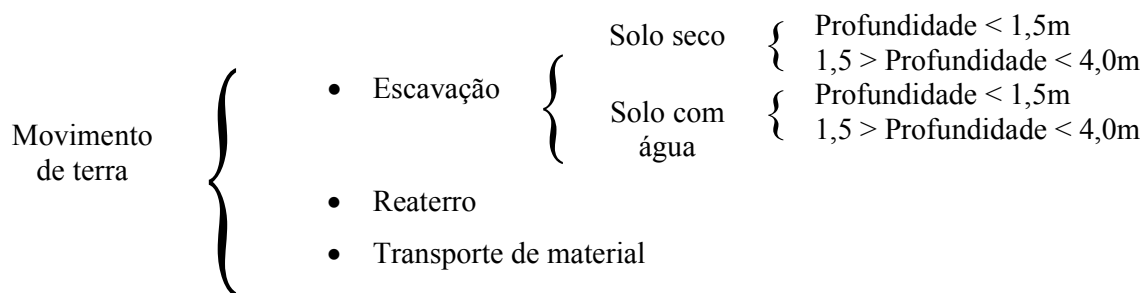
Segundo Santos (2003) a lei de Pareto ou Curva ABC é explicada da seguinte maneira:

Normalmente, uma pequena quantidade de itens será responsável por grande parte dos custos. Este fenômeno é conhecido como *Lei de Pareto*, onde tipicamente cerca de 20% dos itens representam cerca de 80% do valor do estoque. Para qualificar quais itens devem ter maior controle é preciso classificá-los.

- Itens classe A: são aqueles 20% dos itens de alto valor que representam 80% do valor total do estoque;
- Itens classe B são os itens de valores médios, normalmente os seguintes 30% dos itens e que representam 10% do valor total do estoque;
- Itens classe C são os itens de baixo valor que, apesar de serem em torno de 50% do total, significam apenas 10% do valor total.

Como nesse trabalho trata-se de obras, foram analisados os itens de serviço e material que representam, cumulativamente, entre 70% e 80% da obra. Optou-se por estes valores com o intuito de limitar a amostra a itens efetivamente significativos e assim demonstrar a tendência dos custos das obras de interceptores de esgotos na RMBH.

Para quantificar os serviços executados da maneira mais real possível durante a obra, são feitas subdivisões dentro da planilha de orçamento. Assim, é possível medir a especificidade de cada situação. Exemplificando, é mostrado a seguir, um esquema resumido do item Movimento de terra. Essa subdivisão ocorre em todos os itens de serviço.



Mas, para as análises de amostragem serão utilizados apenas os dados gerais, uma vez que, cada obra possui sua particularidade, que deve ser verificada para direcionar as atenções.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Caracterização dos empreendimentos

5.1.1. Obra 01: Brumadinho

A cidade de Brumadinho, com uma população de 33.973 habitantes (IBGE 2010) é margeada pelo rio Paraopeba, possui seu SES administrado por uma concessionária estadual e o complexo de obra tem por objetivo interceptar todo lançamento inadequado, de forma a garantir melhor qualidade dos cursos d'água que atravessam a malha urbana, além de atender a legislação ambiental vigente. A obra analisada é do interceptor do córrego do Bananal com alcance de projeto até o ano de 2029 e a Tabela 5.1 mostra o resumo do assentamento do interceptor.

Tabela 5.1 – Resumo da tubulação da obra de Brumadinho.

Material	Diâmetro (mm)	Extensão (m)	Profundidade Média (m)
PVC	200	2.140	4,12
PVC	250	456	

A obra foi executada às margens do córrego, o que dificultou os serviços de escavação em função do NA elevado e solo arenoso.

A Tabela 5.2 mostra os serviços da obra e seu respectivo impacto no custo total, com destaque para o escoramento e movimento de terra. Cada item identificado é composto por subitens. Estes subitens possuem a finalidade de agregar um valor mais próximo da realidade de execução, ou seja, o custo de uma escavação a uma profundidade superior a 1,5m é diferente da escavação até 1,5m, no entanto, ambos fazem parte do item movimento de terra.

Tabela 5.2 – Interceptor Córrego Bananal

Descrição	Percentual (%)
Escoramento e Drenagem	38,31
Movimento de terra	30,08
Fornecimento de materiais	13,79
Fundações e estruturas	7,55
Pavimentação	4,48
Serviços diversos	3,24
Topografia	0,94
Assentamentos	0,74
Ligações prediais	0,48
Levantamentos geotécnicos	0,19
Fornecimento e assentamento	0,19
Total	100

Na obra foram utilizados escoramentos do tipo pontaleamento, descontínuo, contínuo, blindagem leve e blindagem pesada. Sendo que a blindagem pesada foi responsável por 31% do custo da obra. A utilização da blindagem pesada na maior parte do traçado se deu devido à profundidade média estar acima dos 4,0m e a necessidade de dar agilidade a obra.

5.1.2. Obra 02: Betim – Interceptor Betim

A cidade de Betim, com população de 378.089 habitantes (IBGE 2010), teve seu interceptor implantado num trecho do rio Betim, afluente do rio Paraopeba, tanto a margem esquerda quanto a margem direita estão em via pavimentada e de grande fluxo de veículos e visam atender 200.000 pessoas até o ano de 2025. Nas duas margens predomina o solo arenoso com presença de água, dificultando o processo de escavação devido à instabilidade gerada pelo carregamento de material no fundo da vala.

5.1.2.1. Margem Esquerda

O diâmetro e o material da tubulação da margem esquerda foram variáveis em função da vazão de contribuição ao longo trecho, conforme Tabela 5.3 abaixo:

Tabela 5.3 – Resumo da tubulação da obra de Betim – margem esquerda

Material	Diâmetro (mm)	Extensão (m)	Profundidade Média (m)
PVC junta elástica	200	94,50	1,77
PVC junta elástica	300	571,24	2,64
Concreto junta elástica	400	1971,56	3,46

A Tabela 5.4 apresenta os custos medidos durante a obra, onde o movimento de terra foi o serviço de maior representatividade.

Tabela 5.4 – Betim – margem esquerda

Descrição	Percentual (%)
Movimento de Terra	37,71
Escoramento e Drenagem	17,53
Serviços Diversos	14,67
Pavimentação	12,74
Material	10,25
Fundações e Estruturas	5,99
Assentamentos	0,66
Topografia	0,45
Total	100

O escoramento utilizado na margem esquerda foi a blindagem leve, isso porque a profundidade média de assentamento não alcançou 3,5m, podemos perceber que houve uma queda acentuada da representação deste serviço no custo final da obra.

Para transpor uma interseção com um grande fluxo de veículos pesados foi executada uma travessia sob a via com 63m de extensão. O método utilizado foi o túnel Liner, esse serviço está dentro do item Serviços Diversos da planilha de orçamento.

5.1.2.2. Margem direita

Para a margem direita foi utilizado apenas um tipo de tubo, conforme Tabela 5.5

Tabela 5.5 – Resumo da tubulação da obra de Betim – margem direita

Material	Diâmetro (mm)	Extensão (m)	Profundidade Média (m)
Concreto junta elástica	700	2.305	3,74

A profundidade média de assentamento da tubulação é de 3,74m e o terreno é de péssima qualidade, isto porque durante a execução da via o leito do rio sofreu alteração e foram utilizados todos os materiais disponíveis, independente da qualidade, com isso se fez necessário a troca de quase todo material para garantir o grau de compactação especificado para o reaterro.

Tabela 5.6 – Betim – margem direita

Descrição	Percentual (%)
Movimento de Terra	31,85
Escoramento e Drenagem	24,25
Pavimentação	16,85
Material	9,32
Fundações e Estruturas	8,50
Serviços Diversos	8,45
Assentamentos	0,70
Topografia	0,07
Total	100

O escoramento utilizado foi o do tipo blindagem pesada, seu custo gira em torno de 3 vezes o valor da blindagem leve, sendo possível perceber um aumento na representação desse serviço em relação a margem esquerda.

O transporte refere-se tanto ao material descartado quanto ao de reposição, sendo que de um total de 38,9mil m³ de material escavado, 33,9mil m³ foram substituídos em razão do tipo de terreno, ou seja, o material não oferecia condições adequadas para sua reutilização.

Assim como na margem esquerda foi executada uma travessia em MND para transpor o cruzamento de via que não permitia desvio de trânsito. O custo de execução do túnel na margem direita foi 2 vezes ao custo da margem esquerda em função do diâmetro do interceptor.

5.1.3. Obra 03: Betim – Bairro Itacolomy

Situado a jusante da represa Várzea das Flores, o interceptor Itacolomy faz parte do projeto de interceptores de esgotos sanitários pertencentes ao “Programa de Revitalização do Rio Betim”. O projeto tem um alcance até o ano de 2025, com 95% da população atendida. A Tabela 5.7 apresenta a progressão da população durante o alcance do projeto.

Ano	População
2004	2.659
2025	10.489

A Tabela 5.8 apresenta o resumo do assentamento da tubulação, onde percebe-se que a profundidade média superou os 4m.

Material	Diâmetro (mm)	Extensão (m)	Profundidade Média (m)
PVC	250	1446	4,18
PVC	350	1078	4,30

A seguir, na Tabela 5.9 é apresentada a curva ABC da obra, onde o escoramento teve grande destaque. Foram utilizados a blindagem pesada em 37% da obra que representou 75% do custo do serviço e o escoramento contínuo em 63% da obra. É possível perceber o quanto o escoramento influenciou o custo final da obra.

Tabela 5.9 – Betim – Itacolomy

Descrição	Percentual (%)
Escoramento e Drenagem	47,04
Movimento de Terra	29,45
Pavimentação	8,05
Fundações e Estruturas	6,87
Materiais	5,87
Serviços Preliminares	1,58
Topografia	0,52
Assentamentos	0,45
Construção Civil	0,17
Total	100

5.2. Comparativo entre as obras

A Tabela 5.10 apresenta a comparação entre os serviços, sendo que a média acumulada tem por objetivo determinar quais os serviços devem ter atenção especial nas diversas etapas do processo. É possível verificar que quatro itens são responsáveis por 84% do custo da obra.

Tabela 5.10 – Comparativo percentual entre as obras

Item	Obra				Média (%)	Média Acumulada (%)
	Betim II ME	Betim II MD	Itacolomy	Brumadinho		
Movimento de Terra	37,71	31,85	29,45	30,08	32,27	32,27
Escoramento e Drenagem	17,53	24,25	47,04	38,31	31,78	64,06
Pavimentação	12,74	16,85	8,05	4,48	10,53	74,59
Material	10,25	9,32	5,87	13,79	9,81	84,39
Fundações e Estruturas	5,99	8,5	6,87	7,55	7,23	91,62
Serviços Diversos	14,67	8,45	1,58	3,24	6,99	98,61
Assentamentos	0,66	0,7	0,45	0,74	0,64	99,24
Topografia	0,45	0,07	0,52	0,94	0,50	99,74
Outros	0	0,01	0,17	0,87	0,26	100,00

O movimento de terra e escoramento são os serviços que merecem maior atenção nas obras avaliadas, uma vez que, juntos são responsáveis em média por 64% do custo final das obras.

A profundidade média ficou em torno dos 4,0m, sendo que em alguns trechos chegou a 6,0m. Essas profundidades elevadas geram grandes problemas para a execução da obra, tais como: riscos de acidentes a pessoas e a edificações vizinhas, dificuldades de escavação, elevação do custo de execução, dentre outros. Também traz problemas para a operacionalidade da rede após ser concluída, dificultando o acesso de trabalhadores e equipamentos ao ponto de inspeção ou manutenção.

Para remunerar as escavações a concessionária estadual utiliza a tabela 5.11, transcrita parcialmente, como referência. Portanto, com base na profundidade de assentamento e na extensão dos interceptores são previstos os volumes de escavação e reaterro. No entanto grandes desmoronamentos, provocados pela proximidade com cursos d'água, solo instável e o transporte de material, são fatores que determinaram a grande representatividade deste serviço dentro do contexto da obra.

Ao deparar com início de uma trinca no terreno, na obra do interceptor Betim II, foi sugerido por uma empresa de consultoria, que se realize uma escavação de segurança, criando uma rampa no terreno ao longo da vala fazendo com que o volume escavado alcançasse números muito superiores ao previsto.

Tabela 5.11 – Largura da vala em função do diâmetro

Diâmetro Nominal (mm)	Cota de corte (m)	Largura da Vala Com escoramento	
		Pontaletamento(#)	Contínuo/Descontínuo
200	< 1,25	(**)	(**)
	1,25 - 4,0	0,80(*)	0,80(*)
	4,0 - 6,0	0,90	1,10
250 e 300	< 1,25	(**)	(**)
	1,25 - 4,0	0,80(*)	0,80(*)
	4,0 - 6,0	1,00	1,20
350 e 400	< 1,25	(**)	(**)
	1,25 - 4,0	0,80(*)	0,80(*)
	4,0 - 6,0	1,10	1,50
700	< 1,25	(**)	(**)
	1,25 - 2	1,30	1,50
	2,0 - 4,0	1,40	1,70
	4,0 - 6,0	1,50	1,90

(*) Valores divergentes da NBR 12.266 da ABNT, mas definidos pela COPASA e/ou baseados na NBR 9061/85, da ABNT.

(**) Quando as características do terreno se apresentarem instáveis em profundidades inferiores à 1,25 m, a critério do Engenheiro Fiscal da obra, será necessário realizar o escoramento da vala.

(#) Pontaletamento com longarinas.

Fonte: COPASA, 2010

Ilustrando esse aumento de volumes na obra, no interceptor Itacolomy, a largura média de escavação em função do diâmetro e profundidade deveria ter ficado em no máximo 1,50m, no entanto, devido aos desmoronamentos, a largura média chegou a 2,31m.

Para o interceptor Betim margem direita esta largura que deveria ser de até 1,90m alcançou os 5,0m de média, assim os volumes para o movimento de terra extrapolaram, e muito, o previsto, onerando o custo da obra.



Figura 5.1 – Desmoronamento durante escavação (foto do autor)

Embora para terrenos arenosos e com NA elevado o escoramento tipo blindagem não consiga evitar a ocorrência de desmoronamentos, devido ao solapamento no fundo da vala, esse escoramento foi utilizado para agilizar a execução da obra. Com isso, sua função principal passa a ser a dar segurança aos trabalhadores.

Foi discutida alternativa a utilização do escoramento blindado, como o escoramento com perfis metálicos e estaca prancha, além da utilização de ponteira filtrante para as obras na cidade de Betim. Contudo, chegou-se à conclusão que:

- Devido à presença de rocha próximo ao fundo da vala que dificultaria a cravação dos perfis e com isso não seria possível a obtenção de uma ficha adequada;
- O custo da obra sofreria um aumento ainda maior;
- E o tempo de execução também aumentaria, causando ainda mais transtorno à população.

Seria então, mais viável manter o escoramento do tipo blindagem mesmo com o aumento no movimento de terra.

Como o material escavado não apresentou características satisfatórias para ser utilizado no fechamento da vala, o transporte de material teve peso altamente significativo, isso porque foi preciso transportar o material até a área de bota-fora e buscar outro, de boa qualidade na área de empréstimo.

Dois são os tipos de blindagem utilizados: o escoramento tipo blindagem leve e blindagem pesada, não existindo diferença construtiva entre as duas e sim estrutural. O custo da blindagem pesada é aproximadamente três vezes superior ao da blindagem leve e a profundidade de assentamento é fator determinante para a escolha, sendo que alguns fabricantes sugerem que a blindagem leve deve ser utilizada em escavações com até 2,50m de

profundidade. Contudo, é necessário verificar sempre o tipo de terreno e em se tratando de solos mais estáveis, a blindagem leve pode ser utilizada sem maiores problemas, mesmo com profundidades acima de 2,5m.

Na obra do interceptor Betim, na margem esquerda foi adotado o escoramento do tipo blindagem leve em função da profundidade ter sido menor, com isso percebe-se uma redução significativa no custo do serviço em relação as demais obras que utilizaram blindagem pesada.



Figura 5.2 – Colocação de escoramento blindado (foto do autor)

Outro fator importante é a profundidade de instalação do interceptor, a medida que essa profundidade foi aumentando, mais oneroso ficou o serviço, conforme Tabela 5.12

Tabela 5.12 – Custo do escoramento em função da profundidade

Interceptor	Representatividade do escoramento (%)	Profundidade Média (m)
Betim - ME	17,53	2,62
Betim - MD	24,25	3,74
Córrego Bananal	38,31	4,12
Itacolomy	47,04	4,24

Em consequência da largura da vala ter sofrido alteração, nas ruas pavimentadas, a recomposição extrapolou os valores orçados. Trata-se de um serviço que naturalmente possui um custo elevado. Conforme é descrito por Chernicharo (1985), a recomposição deve ocorrer dentro das condições técnicas, no mínimo, iguais as existentes antes da realização da obra. A FIG. 5.3 mostra a recomposição em uma vala escavada de acordo com o que determina a

norma e a FIG 5.4 apresenta uma situação onde foi necessário a recomposição do pavimento de quase que a largura total da rua.



Figura 5.3 – Recomposição em vala normal (foto do autor)



Figura 5.4 – Recomposição em vala com desmoronamento (foto do autor)

O serviço de pavimentação do interceptor do córrego Bananal teve seu custo muito menos significativo que o das demais obras, isso ocorreu porque diversos trechos foram realizadas em áreas não pavimentadas, dentro de fazendas. Situação inversa a do interceptor Betim MD e ME, que ocorrerem em uma via de grande fluxo de veículos e além do diâmetro que determinava uma largura de vala maior, ocorreram escavações para estabilização do talude, aumentando ainda mais a área de recomposição do pavimento. Com isso, a recomposição do pavimento do interceptor Betim MD e ME tiveram seu custo aumentado, fazendo sua representação no custo final ter uma importância muito além do que deveria. Por outro lado, o Interceptor Itacolomy ficou num ponto intermediário, pois o bairro ainda possui diversas ruas não pavimentadas.

Os custos dos poços de visita não chegam a onerar o orçamento, à exceção quando se faz necessária a execução dos PV's especiais é que existe um gasto elevado. Esses PV's são utilizados quando as condições de assentamento do interceptor, NA elevado, solo ruim e

profundidade, em alguns trechos, superando os 5,0 m. Neste caso, são tratados como estruturas de concreto e geram aumento no custo final da obra.

As travessias em método não destrutivo nas duas margens do interceptor Betim, obra 02, tiveram o objetivo de transpor um trecho com grande fluxo de veículos e sem desvio com capacidade de absorver o tráfego da região, foi inevitável sua execução, conforme já descrito.

Na margem esquerda, o túnel partiu de uma profundidade de 5,11m e atingiu 6,13m. Na margem direita a profundidade a montante foi de 4,22m e a jusante 6,10m.

Após estudar os custos de execução do método convencional e do MND, chegou-se a conclusão que o primeiro foi 48% mais barato que o segundo.

O material utilizado nas redes foram o PVC para os diâmetros até 350 mm e o tubo de concreto para os diâmetros maiores e foram escolhidos de acordo com a vazão a ser conduzida.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os interceptores de esgotos, quando executados em centros urbanos causam grandes transtornos à população e necessitam de grandes investimentos, uma vez que, com as ruas já pavimentadas, edificações erguidas e redes de outras concessionárias lançadas sob as vias, as dificuldades e os custos de execução aumentam significativamente.

De acordo com Tsutiya e Além Sobrinho, (2000) os itens de maior peso nas obras de esgotamento sanitário, dados de 1980, na região metropolitana de São Paulo são os seguintes:

- Escoramento;
- Poços de visita;
- Escavação de valas;
- Recomposição de pavimento.

Verifica-se que não houve alteração, mesmo passados 30 anos e sendo em outro estado, somente os poços de visita não foram tão representativos no custo das obras avaliadas.

O movimento de terra foi o item que, em média, demonstrou ser o mais caro das obras avaliadas. Embora esta fosse a expectativa inicial, o fato de não ter sido possível a escavação de acordo com as especificações da norma, devido aos desmoronamentos, fez com que o volume escavado real superasse o previsto.

A baixa qualidade do solo, que gerou muita troca de material para reaterro, juntamente o grande volume escavado impulsionaram o aumento do transporte de material.

Há de se salientar que o transporte de material, embora tenha um custo unitário baixo, deve ser cercado de estudos para tentar minimizar o impacto no orçamento da obra, o cálculo é definido pela seguinte expressão:

$$CT = (V \times DMT \times E) \times VU$$

CT – Custo do transporte

V – Volume escavado

DMT – Distância média do transporte

E - Empolamento

VU – Valor unitário

O valor unitário vem pré-definido pela composição de custo da contratante, portanto, os três itens entre parênteses influenciam diretamente no valor do transporte e são variáveis para

cada localidade, podendo ser monitorados através de avaliação rigorosa da real necessidade de substituição de material, aferição da DMT e controle tecnológico para definição do empolamento, que é a expansão volumétrica do solo, ou seja, um terreno ao ser escavado perde a consistência inicial e aumenta seu volume. Da mesma forma que, ao compactar esse material o volume ficará menor que o escavado inicialmente.

Principalmente a distância média de transporte deve ter especial atenção, pois está aí o fator determinante para o valor final da obra. Embora dependa de órgãos de meio ambiente é muito importante que se estude todas as possibilidades visando conseguir uma área próxima a obra para descarte e empréstimo de material. Na obra do interceptor Betim foi realizado um trabalho junto a Secretaria de Meio Ambiente do município para liberar uma área a 4,0 km, o que significou uma economia de 20% em relação ao valor final da obra.

A recomposição do pavimento tende a aparecer em destaque todas as vezes que o interceptor for implantado em áreas urbanizadas, por ser um serviço obrigatório. Portanto, é de suma importância que antes da pavimentação de novas vias seja realizada uma ação conjunta para implantação dos interceptores e coletores de esgoto visando a desoneração das obras.

Escorar a vala é imprescindível para a segurança dos trabalhadores, assim, determinação do tipo correto passa a ser fundamental, uma vez que trata-se de um serviço com custo extremamente elevado e os escoramentos montados in loco dependem de mão de obra qualificada. Lamentavelmente ainda temos muitos acidentes envolvendo obras com escavação de valas. Esse é mais um motivo que leva a utilização de escoramentos do tipo blindado, que além da agilidade na execução da obra, não necessita de grande habilidade dos operadores. Nesse caso, o mais importante é definir bem o ponto de transição entre a blindagem leve e pesada.

As travessias em MND nas duas margens do rio Betim se mostraram muito mais onerosas que o método convencional de escavação, que foi 48% mais barato o metro linear.

Embora a profundidade de execução do túnel levasse a imaginar um custo mais baixo que o método convencional, isso não ocorreu. Conforme afirma Chernicharo (1985), outros fatores podem ser determinantes na composição dos custos deste serviço. Nesse caso, para determinação do valor do metro linear foi levado em consideração a presença de água, areia e rocha. Portanto, que é essencial estudos técnicos e financeiros rigorosos para a adoção de um ou outro método.

Os custos dos principais serviços para implantação de interceptores de esgotos são interdependentes dentro de uma combinação de fatores como: profundidade, tipo de solo,

interferências e urbanização. Esse conjunto de situações devem ser avaliadas desde a fase de projeto, passando por um orçamento criterioso e adaptações, se necessário, durante a execução.

Cada obra tem sua própria característica e deve ser tratada como única, porém aproveitando as informações retiradas das experiências de outras para alcançar o equilíbrio financeiro necessário a todo empreendimento.

Os investimentos em SES são altos e necessários, é importante discutir o empreendimento com todos os envolvidos no processo, assim teremos projetos bem elaborados proporcionando um orçamento enxuto e confiável.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12.207. *Projeto de interceptores de esgoto sanitário*. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12.266. *Projeto e execução de valas para assentamento de tubulação de água, esgoto ou drenagem urbana*. Rio de Janeiro, 1992.

BEVILACQUA, Nelson. *Materiais de tubulações utilizadas em sistema de coleta e transporte de esgotos sanitários: Estudo de caso da área norte de São Paulo*. São Paulo, 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Sanitária) – Escola Politécnica, USP, 2006.

BRASIL. Lei 11.445, de 05 de janeiro de 2007. *Diretrizes nacionais para o saneamento básico*

BRASIL. NR 18, de 08 de junho de 1978. *Condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção*.

BRUDEKI, Nelson Martins; AISSE, Miguel Mansur. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 24, 2007, Belo Horizonte. *Custos estruturais por habitante em saneamento básico no estado do Paraná*. Rio de Janeiro: ABES, 2007.

CAMARGOS, Luiza de Marilac Moreira. *Plano diretor de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio das Velhas: Resumo executivo*. Belo Horizonte: Instituto Mineiro de Gestão das Águas, 2005. 228 p.

CHERNICHARO, Carlos Augusto de Lemos. *Interceptores de esgotos sanitários: aspectos relativos a projeto, metodologia construtiva e manutenção*. Belo Horizonte: 1985. 325 p.. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) - Departamento de Engenharia Sanitária, UFMG, 1985.

COMITÊ DA BACIA DO RIO DAS VELHAS (CBHVELHAS). Disponível em: <<http://www.cbhvelhas.org.br/>>. Acessado em 27 de junho de 2011.

COMITÊ E CONSORCIO INTERMUNICIPAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAOPEBA. Disponível em: <<http://www.aguasdoparaopeba.org.br/index.php>>. Acesso em 05 de maio de 2011

COMPANHIA DE GÁS DE SÃO PAULO - COMGAS. *Plano de Prevenção de Danos*. São Paulo, 2006.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS (COPASA). Disponível em <<http://www.copasa.com.br/>>. Acessado em 24 de junho de 2011

COPASA. T 176/2. *Demolição e recomposição de pavimentos, escavação e reaterro de valas* Belo Horizonte, 2010.

DELLA NINA, Adhemar. *Construção de redes de esgotos sanitários*. São Paulo: CETESB, 1975. 365 p.

Disponível em: <<http://www.baixarmapas.via12.com/mapa/rm/rmbh/regiao-metropolitana-de-belo-horizonte.jpg>>. Acessado em 27 de junho de 2011.

Disponível em: <<http://www.orientalequipamentos.com.br/produtos.htm>>. Acessado em 27 de junho de 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE), Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, *Pesquisa Nacional de*

Saneamento Básico 2008. Rio de Janeiro, 2010

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Censo Demográfico 2010*. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/link.php?uf=mg>>. Acessado em 27 de junho de 2011.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS (IGAM). Disponível em: <<http://www.igam.mg.gov.br/geoprocessamento/mapas>>. Acessado em 27 de junho de 2011

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. *Plano diretor de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio das Velhas: resumo executivo*. Minas Gerais, 2005. 228 p.

NUVOLARI, A. *Esgoto Sanitário: coleta, transporte e reuso agrícola*. São Paulo. Edgard Blucher, 2003.

SANTOS, Carolina Fonzar dos. *Uma contribuição da engenharia de produção para a gestão da merenda escolar – constatações de um estudo de caso*. UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ. Instituto de Engenharia Mecânica. Departamento de Produção. Itajubá, 2003.

SOUSA, Ronaldo Matias de; FILHO, José Maria de Oliveira; SOARES, Carlos Alberto Leite. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 19, 1997, Foz do Iguaçu. *Programa caça esgoto nas bacias dos ribeirões Arrudas e Onça na região metropolitana de Belo Horizonte*. Rio de Janeiro: ABES, 1997.

TSUTIYA, Milton Tomoyuki; SOBRINHO, Pedro Alem. *Coleta e transporte de esgoto sanitário*. 2ª edição. Editora São Paulo: Departamento de engenharia hidráulica e sanitária de escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2000. 548 p.

ZMITROWICZ NETO, Witold. Generoso de Angelis. *Infra Estrutura Urbana*. São Paulo, 1997. 36p.