

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA

MONOGRAFIA DE FINAL DE CURSO

**ESTUDO DA CONTRIBUIÇÃO DE ÁGUAS DE CHUVA NO
SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO DE BELO
HORIZONTE**

Carlos Roberto Vasconcelos Novais Filho

Belo Horizonte
2011

Carlos Roberto Vasconcelos Novais Filho

**Estudo da contribuição de águas de chuva no sistema de
esgotamento sanitário de Belo Horizonte**

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

Área de concentração: Engenharia Sanitária

Orientador: Cláudio Leite de Souza

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Carlos Roberto e Anabela, que me educaram, ofereceram as oportunidades para o meu crescimento pessoal e profissional e estão sempre presentes na minha vida.

Às minhas irmãs, Juliana e Andréa, pela convivência e amizade.

À minha esposa Juliana, pelo companheirismo, apoio em todas as situações e dedicação à família.

Aos meus filhos, João e Luiza, que estão iniciando suas vidas e despertam um sentimento único de carinho e amor.

Ao meu orientador, Professor Cláudio Leite de Souza, que sempre esteve à disposição para auxiliar e melhorar o trabalho realizado.

A todos os professores do curso que ensinaram bastante e passaram grandes experiências.

A todos os colegas pela ótima convivência durante as aulas.

RESUMO

O fluxo natural dos esgotos é por gravidade e o escoamento desejado deve ocorrer sem problemas que impliquem em obstruções das tubulações ou demais danos que prejudiquem o perfeito funcionamento de todas as unidades que compõem o sistema de esgotamento sanitário.

Um grande e evidente problema existente nas cidades brasileiras, no que concerne às condições sanitárias das mesmas, é o lançamento indevido de águas pluviais nas redes coletoras de esgotos. Como consequências desses lançamentos ocorrem interferências hidráulicas e problemas para a operação e manutenção das redes coletoras, dentre os quais se destacam: entupimentos devido ao maior volume de efluentes e ao tipo de material carreado pelas chuvas, refluxos de esgotos para o interior de imóveis e sobrecargas nas ETEs – Estações de Tratamento de Esgoto.

Dentro deste contexto, este trabalho irá abordar a influência dos lançamentos indevidos de águas pluviais na coleta, com ênfase aos acidentes de refluxos de esgoto em residências, e no tratamento dos esgotos sanitários, exclusivamente nas vazões afluentes à ETE-Arrudas.

Utilizando-se dados de refluxos e vazões afluentes em tempo seco e chuvoso, os resultados das pesquisas demonstraram que os refluxos de esgoto em residência e os incrementos de vazões na ETE-Arrudas ocorreram principalmente em dias com precipitações elevadas.

Neste trabalho observou-se que nos períodos chuvosos ocorreram 67% dos casos de refluxos de esgotos em imóveis. As maiores vazões médias afluentes à ETE ocorreram em meses chuvosos. Em novembro, mês mais chuvoso de 2010, houve um incremento de 6,4% em relação à vazão média afluente no ano e no mês seco de agosto de 2010 houve uma redução de 9,1% na vazão quando comparada com a média anual. A diferença entre a maior e a menor vazão média mensal afluente foi de 23%.

Palavras-chave: Lançamentos indevidos de águas pluviais, redes coletoras de esgoto, refluxos de esgoto e vazões afluentes à ETE-Arrudas.

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

1	INTRODUÇÃO.....	8
2	OBJETIVOS.....	10
2.1	OBJETIVOS GERAL.....	10
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	10
3	REVISÃO DA LITERATURA.....	11
3.1	EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS DE ESGOTOS NO BRASIL E NO MUNDO.....	11
3.2	ESGOTAMENTO SANITÁRIO.....	12
3.3	TIPOS DE SISTEMAS DE COLETA E TRANSPORTE DE ESGOTO.....	15
3.3.1	<i>Sistema individual</i>	17
3.3.2	<i>Sistema coletivo</i>	18
3.4	SITUAÇÃO DOS SISTEMAS DE ESGOTAMENTO NO BRASIL.....	24
3.5	SISTEMA DE DRENAGEM URBANA.....	27
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	28
4.1	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS ARRUDAS.....	28
4.2	DADOS DE REFLUXOS DE ESGOTO.....	30
4.3	DADOS DE PRECIPITAÇÕES.....	31
4.4	DADOS DE VAZÕES AFLUENTES À ETE-ARRUDAS.....	31
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
5.1	ESTUDO DOS REFLUXOS DE ESGOTO.....	32
5.2	ESTUDO DOS INCREMENTOS DE VAZÕES NA ETE-ARRUDAS.....	35
6	CONCLUSÕES.....	43
7	RECOMENDAÇÕES.....	44
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	46
	APÊNDICE.....	48

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

- ABNT** - Associação Brasileira de Normas Técnicas
- COPASA** - Companhia de Saneamento de Minas Gerais
- EEE** - Estação Elevatória de Esgoto
- ETE** - Estação de Tratamento de Esgoto
- FUNASA** - Fundação Nacional de Saúde
- IBGE** - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- INMET** - Instituto Nacional de Meteorologia
- NBR** - Normas Brasileiras
- OMS** - Organização Mundial de Saúde
- PNSB** - Pesquisa Nacional de Saneamento Básico
- RMBH** - Região Metropolitana de Belo Horizonte
- SICOM** - Sistema Comercial da COPASA

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1	- Ligação de esgoto e definição das responsabilidades.....	13
Figura 3.2	- Tipos de sistemas de esgotamento.....	15
Figura 3.3	- Lançamentos nos corpos d'água advindos dos diferentes tipos de esgotamento sanitário e de drenagem pluvial.....	16
Figura 3.4	- Solução individual.....	17
Figura 3.5	- Fossa séptica como solução coletiva.....	18
Figura 3.6	- Sistema unitário ou combinado.....	20
Figura 3.7	- Sistema separador.....	22
Figura 3.8	- Sistema condominial.....	23
Figura 3.9	- Partes constituintes do sistema convencional.....	24
Figura 3.10	- Gráfico da evolução do esgotamento sanitário.....	25
Figura 3.11	- Gráfico da evolução do esgotamento sanitário por região.....	26
Figura 4.1	- Vista geral da ETE-Arrudas.....	28
Figura 4.2	- Localização da ETE-Arrudas e dos municípios de Belo Horizonte e Contagem, com a indicação das bacias do Arrudas e do Onça.....	29
Figura 4.3	- Critério adotado para distribuição das vazões dos municípios de Belo Horizonte e Contagem para as Estações de Tratamento.....	30
Figura 5.1	- Hidrograma típico da vazão afluente de tratamento de esgotos.....	36
Figura 5.2	- Vazões horárias médias afluentes à ETE-Arrudas nos dias 06, 14 e 22 de novembro de 2010.....	36
Figura 5.3	- Vazões horárias médias afluentes à ETE-Arrudas nos meses de agosto e novembro de 2010.....	38
Figura 5.4	- Vazões médias afluentes à ETE e precipitações mensais no ano de 2010.....	39
Figura 5.5	- Vazões afluentes à ETE e precipitações diárias de novembro de 2010.....	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 - Características da ETE-Arrudas.....	28
Tabela 5.1 - Datas das ocorrências dos refluxos e precipitações medidas.....	33
Tabela 5.2 - Resumo dos refluxos em 2009.....	34
Tabela 5.3 - Resumo dos refluxos em 2010.....	34
Tabela 5.4 - Meses com mais refluxos e precipitações.....	35
Tabela 5.5 - Vazões médias na ETE e precipitações mensais em 2010.....	39
Tabela 5.6 - Vazões afluentes à ETE e precipitações diárias de novembro de 2010.....	40
Tabela 5.7 - Vazões afluentes à ETE e precipitações diárias.....	41
Tabela 5.8 - Vazões afluentes à ETE em dois períodos.....	42

1. INTRODUÇÃO

Segundo a Organização Mundial de Saúde – OMS, saneamento é o controle de todos os fatores do meio físico do homem, que exercem ou podem exercer efeitos nocivos sobre seu bem estar físico, mental e social (HELLER, 1995).

De acordo com a Fundação Nacional de Saúde – FUNASA, o risco à saúde pública está ligado a fatores possíveis e indesejáveis de ocorrerem em áreas urbanas e rurais que podem ser minimizados ou eliminados com uso apropriado de serviços de saneamento. A utilização de água potável é vista como o fornecimento de alimento seguro à população. O sistema de esgoto promove a interrupção da “cadeia de contaminação humana”. A melhoria da gestão dos resíduos sólidos reduz o impacto ambiental e elimina ou dificulta a proliferação de vetores. A drenagem urbana tem sido utilizada para a eliminação da malária humana.

Apesar do Brasil adotar o sistema separador absoluto de esgoto sanitário, tem sido observado significativo aumento na vazão e variação na qualidade do esgoto durante precipitações em áreas urbanas, caracterizado pelo lançamento clandestino de águas pluviais nas redes coletoras de esgotos. O contrário também é visto, ou seja, despejos de redes coletoras de esgotos sanitários em galerias de águas pluviais.

As redes coletoras no Brasil são dimensionadas para receber somente esgotos, não devendo receber águas de chuvas as quais devem ser levadas para redes próprias, chamadas galerias de águas pluviais. Se o sistema de esgoto receber água de chuva poderá ficar saturado e refluir para algum imóvel, além de ocorrer a interferências no tratamento e danos ao sistema de coleta.

A ocorrência das ligações clandestinas de águas pluviais nas redes de esgoto sanitário tem sua origem dentro do lote, ou por falta de orientação por parte do poder público aos proprietários dos lotes ou por negligência destes proprietários, conhecedores da legislação ou normas locais que proíbem a ligação de águas de chuvas em redes de esgoto.

Como consequências desses lançamentos indevidos ocorrem transtornos no sistema de esgotamento sanitário. Assim, na ocorrência de uma chuva intensa, a vazão nas redes de esgoto aumenta até um nível tal que estas funcionam sob pressão e ocorre a inversão no sentido do escoamento do fluxo na rede, fazendo que o esgoto retorne para as residências.

Os refluxos geram um grande incômodo para o usuário, sem que este se dê conta de sua atuação imprudente quando executa uma ligação clandestina.

Nas ETEs estas interferências podem ser melhor avaliadas através da comparação dos dados horários de vazão e de qualidade do esgoto obtidos em tempo seco e em tempo chuvoso.

A eliminação total de ligações clandestinas de águas pluviais em sistemas de esgoto é onerosa e até mesmo impossível de ser completamente executada devido a vários fatores: inexistência ou insuficiência de cadastros técnicos confiáveis dos sistemas de esgoto e de drenagem pluvial, dificuldades de identificação, falhas na fiscalização e aspectos econômicos e culturais de algumas regiões do país.

A falta de planejamento gera o crescimento desordenado nas cidades brasileiras e a ocupação indevida do solo, o que provoca problemas nos sistemas abastecimento de água, de esgotamento sanitário e de drenagem urbana. Estes sistemas não podem ser tratados isoladamente, pois a água um elemento comum em todos eles.

O funcionamento de um sistema não deve interferir no funcionamento do outro, pois prejudica os resultados esperados e necessários para garantir o saneamento para a população e a melhoria da qualidade de vida.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Estudar a interferência das águas de chuva no sistema de esgotamento sanitário de Belo Horizonte, baseado em dados de ocorrências de refluxos de esgotos em residências, vazões afluentes à ETE-Arrudas e precipitações diárias no município de Belo Horizonte, entre maio de 2009 e dezembro de 2010.

2.2. Objetivos específicos

- Avaliar a relação entre eventos chuvosos e ocorrências de reclamações de refluxos de esgotos em residências.
- Avaliar a influência das águas de chuva no incremento da vazão afluente à Estação de Tratamento de Esgotos, em períodos chuvosos.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1. Evolução dos sistemas de esgoto no Brasil e no mundo

Os primeiros sistemas de esgotamento executados pelo homem tinham como objetivo protegê-lo das vazões pluviais devendo-se isto, principalmente, à inexistência de redes regulares de distribuição de água potável e de peças sanitárias com descargas hídricas (FERNANDES, 1997).

As referências relativas a esgotamento sanitário consideram a Cloaca Máxima de Roma, construída no século 6 antes de Cristo, como o primeiro sistema de esgoto planejado e implantado no mundo (TSUTIYA e ALEM SOBRINHO, 1999).

Já nos tempos mais remotos, desde que os homens começaram a se assentar nas cidades, a coleta de águas servidas, que hoje chamamos de esgoto sanitário, passava a ser uma preocupação daquelas civilizações. Em 3.750 a.C. eram construídas galerias de esgoto em Nipur (Índia) e na Babilônia (NUVOLARI, 2003).

Seguindo a prática romana, os primeiros sistemas de esgotos, tanto na Europa como nos Estados Unidos, foram construídos para coleta e transporte de águas pluviais. Foi somente em 1915 que se autorizou, em Londres, o lançamento de efluentes domésticos nas galerias de águas pluviais e, em 1847 tornou-se compulsório o lançamento de todas as águas residuárias das habitações nas galerias públicas de Londres. Surgiu, então, o sistema combinado ou unitário de esgotamento, uma rede única de esgotos para águas servidas e águas pluviais. Desenvolvida essa técnica de esgotamento, os ingleses procuravam aplicá-la em cidades de outros países, como: Rio de Janeiro e Nova Iorque em 1857; Recife em 1873; Berlim em 1874 e São Paulo em 1883 (TSUTIYA e BUENO, 2005).

No início do século XVIII a construção dos sistemas unitários propagou-se pelas principais cidades do mundo na época. Porém nas cidades situadas em regiões tropicais e equatoriais, com índice pluviométrico muito superior (cinco a seis vezes maiores do que as cidades europeias, por exemplo) a adoção de sistemas unitários tornou-se inviável devido ao elevado custo das obras, pois a construção das avantajadas galerias transportadoras das vazões máximas contrapunham-se às desfavoráveis condições econômicas características dos países situados nestas faixas do globo terrestre (FERNANDES, 1997).

Em 1879, visando aspectos práticos e econômicos, surgiu nos Estados Unidos o sistema separado, posteriormente denominado de separador absoluto, no qual a rede de esgotos recebe exclusivamente águas residuárias, de modo que as águas pluviais são coletadas por outra rede independente (TSUTIYA e BUENO, 2005).

No Brasil, desde 1912, por orientação de Saturnino de Brito, utiliza-se o sistema separador absoluto em substituição ao sistema separador parcial (FESTI, 2005).

3.2. Esgotamento sanitário

Segundo Nuvolari (2003), o esgoto sanitário, seguindo a definição da norma brasileira NBR 9648 (ABNT, 1986), é o “despejo líquido constituído de esgotos doméstico e industrial, água de infiltração e contribuição pluvial parasitária”. Essa mesma norma define ainda:

- Esgoto doméstico é o “despejo líquido resultante do uso da água para higiene e necessidades fisiológicas humanas”;
- Esgoto industrial é o “despejo líquido resultante dos processos industriais, respeitados os padrões de lançamentos estabelecidos”;
- Água de infiltração é “toda água proveniente do subsolo, indesejável ao sistema separador e que penetra nas canalizações”;
- Contribuição pluvial parasitária é “a parcela do deflúvio superficial inevitavelmente absorvida pela rede de esgoto sanitário”.

Entende-se como sistema de esgotos sanitários o conjunto de obras e instalações destinadas a propiciar: coleta, transporte e afastamento, tratamento e disposição final adequada das águas residuárias da comunidade, de uma forma adequada do ponto de vista sanitário (VON SPERLING, 1995).

De acordo com o Decreto nº 44.884, de 1º de setembro de 2008, que altera e consolida a Regulamentação da prestação de serviços públicos de água e esgoto pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais - COPASA MG:

- Instalação predial de esgoto: conjunto de tubulações, conexões, aparelhos, equipamentos e peças especiais, localizados a montante do poço luminar;
- Ligação de esgoto: conexão do ramal predial de esgoto à rede pública coletora de esgoto;

- Poço luminar: caixa situada no passeio que possibilita a inspeção e desobstrução do ramal predial de esgoto;
- Ramal predial de esgoto: conjunto de tubulações e peças especiais situadas entre a rede pública coletora de esgotos e o poço luminar, incluindo este;
- Sistema público de esgoto: conjunto de obras, instalações e equipamentos, que têm por finalidade coletar, transportar, tratar e dar destino final adequado às águas residuárias ou servidas.

A Figura 3.1 apresenta alguns dos componentes do sistema de esgotamento e delimita as responsabilidades do cliente e da concessionária de água e esgoto.

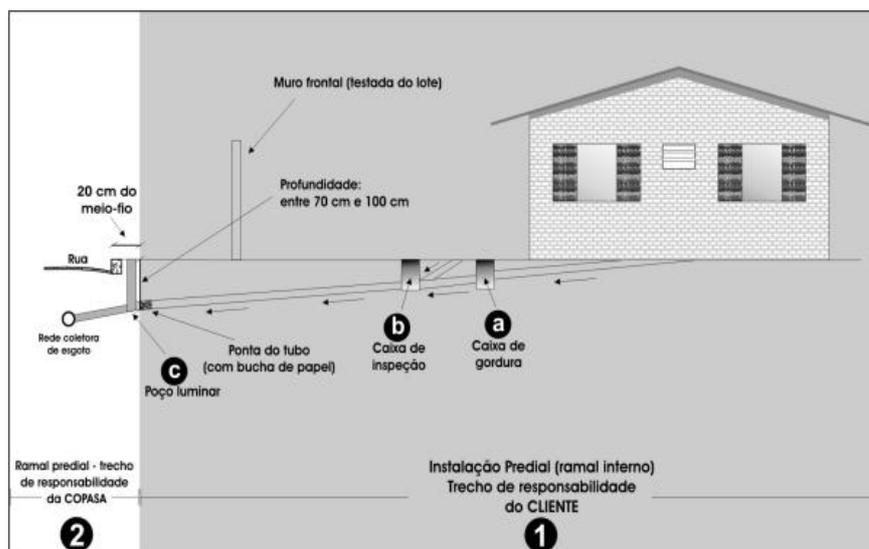


Figura 3.1 - Ligação de esgoto e definição das responsabilidades.

Fonte: COPASA, 2011.

Os esgotos domésticos contêm aproximadamente 99,9% de água e apenas 0,1% de sólidos. É devido a essa fração de 0,1% de sólidos que ocorrem os problemas de poluição das águas, trazendo a necessidade de se tratar os esgotos. As características dos esgotos gerados por uma comunidade é função dos usos aos quais a água foi submetida. Esses usos e a forma com que são exercidos variam com o clima, situação social e econômica, e hábitos da população (VON SPERLING, 2005).

Conforme citado por Festi (2005), na elaboração dos projetos e no cálculo da vazão de contribuição dos efluentes na rede de esgoto sanitário usam-se as fórmulas clássicas apresentadas por Azevedo Neto (1998) e Alem Sobrinho (1999), os quais citam as normas técnicas brasileiras.

Vazão de contribuição de esgoto:

$$Q_{cd} = \frac{p \times q \times k_1 \times k_2 \times C}{86.400}$$

O coeficiente “C” (retorno de esgoto) é a relação entre a água consumida no domicílio e a água servida descartada na rede de esgoto sanitária, representada pela expressão:

$$C = \frac{\text{Vazão de Água Consumida}}{\text{Vazão de Água Servida Descartada}}$$

A vazão dos efluentes do esgoto sanitário é composta pelas contribuições domésticas, determinadas em função da população (**p**), do consumo “per capita” (**q**), do coeficiente do dia de maior consumo (**k₁**), do coeficiente da hora de maior demanda (**k₂**) e do coeficiente de retorno (**C**). Além destes parâmetros, deve ser também considerada a vazão de infiltração lenta (**Qi**) na rede coletora de esgoto sanitário (infiltração das águas do lençol freático) que infiltra diretamente na rede coletora, pelas juntas e paredes dos tubos, nos poços de visita, nas ligações dos ramais domiciliares, etc.

O coeficiente de retorno de esgoto “C” é recomendado pelos autores acima citados que seja adotado 80% do consumo de água potável. A vazão de infiltração é calculada pelas fórmulas clássicas:

$$Q_i = \frac{C_i}{1000} \times L$$

Onde: **C_i** é um índice de infiltração adotado para cada tipo de material do tubo coletor de esgoto e **L** é o comprimento da tubulação.

A vazão total de contribuição da rede de esgoto sanitário é a soma dos resultados da vazão de contribuição doméstica e da vazão de infiltração:

$$Q = Q_{cd} + Q_i$$

Onde:

Q = Vazão total dos efluentes de esgoto (L/s).

Q_{cd} = Vazão de contribuição doméstica (L/s);

Q_i = Vazão de infiltração (L/s).

Como podem ser observados, os sistemas de drenagem urbana, de água potável e de esgotamento sanitário não podem ser tratados isoladamente.

3.3. Tipos de sistemas de coleta e transporte de esgoto

De acordo com Von Sperling (2005) há basicamente duas variantes dos sistemas de esgotamento sanitário:

- Sistema individual ou sistema estático;
- Sistema coletivo ou sistema dinâmico.

Os sistemas coletivos podem ser dos seguintes tipos:

- Sistema unitário ou combinado;
- Sistema separador.

Os sistemas separadores podem ser subdivididos em duas principais modalidades:

- Sistema convencional;
- Sistema condominial.

O diagrama apresentado na Figura 3.2 ilustra as principais variantes do esgotamento sanitário.

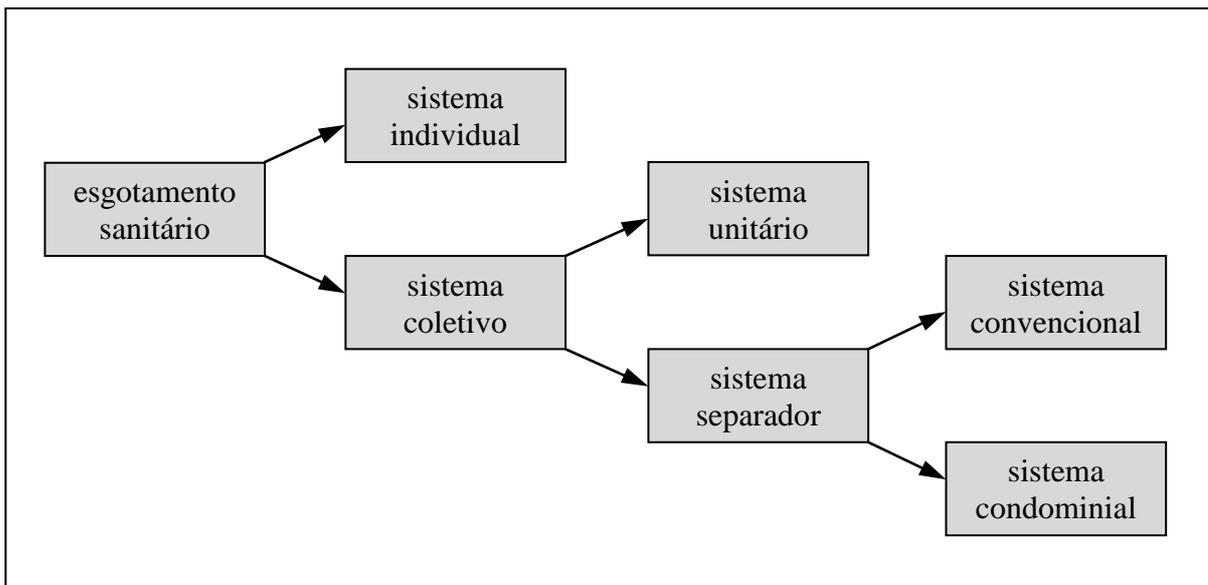


Figura 3.2 – Tipos de sistemas de esgotamento.

Fonte: VON SPERLING, 2005.

A Figura 3.3 ilustra a possível ocorrência dos três tipos de esgotamento, além da presença de ligações clandestinas.

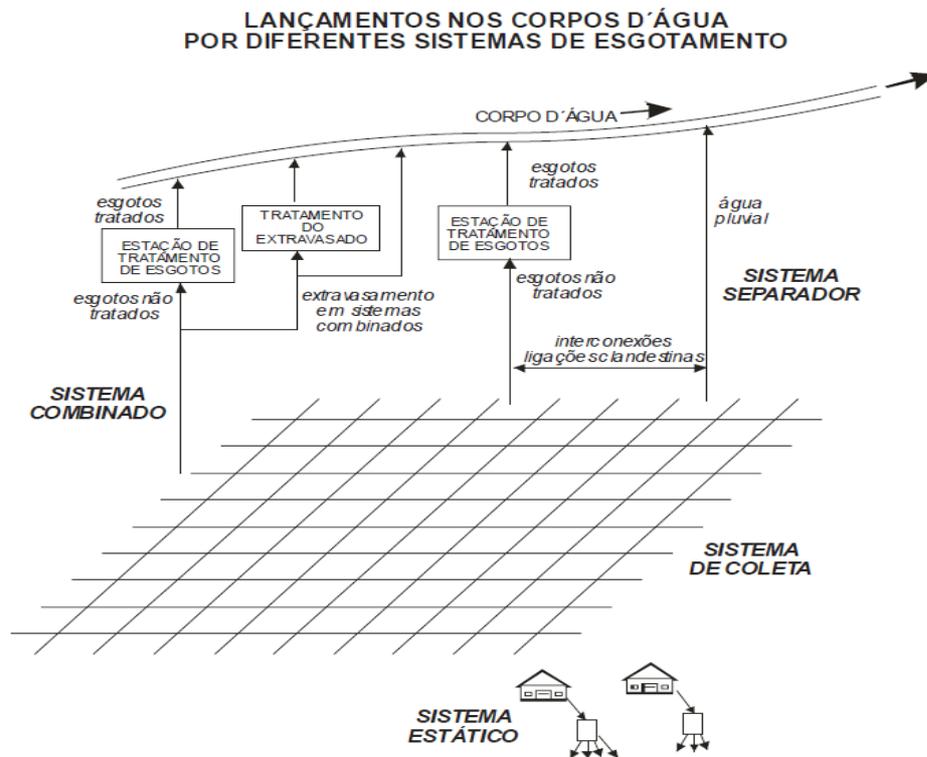


Figura 3.3 – Lançamentos nos corpos d'água advindos dos diferentes tipos de esgotamento sanitário e de drenagem pluvial

Fonte: VON SPERLING, 2005.

Os sistemas de esgotos urbanos podem ser de três tipos: sistema unitário, sistema separador parcial e sistema separador absoluto. No sistema unitário, as águas residuárias, as águas de infiltração e as águas pluviais veiculam por um único sistema; no sistema separador absoluto, as águas residuárias e as águas de infiltração veiculam em sistema separado das águas pluviais; e no sistema separador parcial, as águas pluviais provenientes de telhados e pátios são encaminhadas juntamente com as águas residuárias e águas de infiltração para um único sistema de coleta e transporte de esgotos (TSUTIYA e BUENO, 2005).

No Brasil é adotado o sistema separador absoluto, de modo que as águas pluviais não deveriam chegar aos coletores de esgoto, mas na realidade sempre chegam, não somente devido a defeitos das instalações e também devido às ligações clandestinas. Tem sido observado na grande maioria dos sistemas de esgotos que parcela significativa de águas pluviais afluem ao sistema, de modo que, na prática, os nossos sistemas funcionam como separador parcial (TSUTIYA e BUENO, 2005).

A vazão que é transportada pelas canalizações de esgoto não tem sua origem somente nos pontos onde há consumo de água. Parcela dessa vazão é resultante de infiltrações inevitáveis ao longo do conduto. Este volume torna-se mais acentuado no período chuvoso, pois parte das

estruturas poderá permanecer situada temporariamente submersa no lençol freático, além das contribuições originadas nas ligações clandestinas de águas pluviais (FERNANDES, 1997).

Quando do dimensionamento do sistema de esgoto sanitário a contribuição das águas pluviais deve também ser considerada. Entretanto, a determinação de um índice confiável para essa contribuição é difícil e o não conhecimento deste índice pode acarretar em sub ou super dimensionamento de todo o sistema de coleta, transporte e tratamento dos esgotos sanitários (FESTI, 2005).

3.3.1. Sistema individual

Sistemas adotados para atendimento unifamiliar. Consistem no lançamento dos esgotos domésticos gerados em uma unidade habitacional usualmente em fossa séptica seguida de dispositivo de infiltração no solo.

Tais sistemas podem funcionar satisfatória e economicamente se as habitações forem esparsas (grandes lotes com elevada porcentagem de área livre e/ou em meio rural), se o solo apresentar boas condições de infiltração e ainda, se o nível de água subterrânea se encontrar a uma profundidade adequada, de forma a evitar o risco de contaminação por microrganismos transmissores de doenças (VON SPERLING, 1995).

A Figura 3.4 representa um sistema individual.

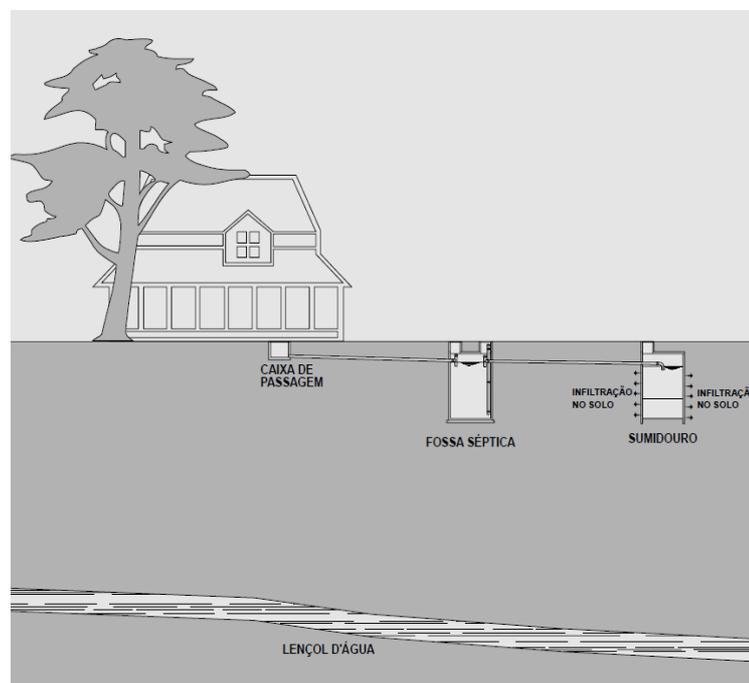


Figura 3.4 – Solução individual.

Fonte: BARROS et al., 1995.

3.3.2. Sistema coletivo

À medida que a população cresce, aumentando a ocupação de terras (maior concentração demográfica), as soluções individuais passam a apresentar dificuldades cada vez maiores para a sua aplicação. Os sistemas coletivos passam a ser mais indicados como solução para maiores populações (VON SPERLING, 1995).

Os sistemas coletivos consistem em canalizações que recebem o lançamento dos esgotos, transportando-os ao seu destino final, de forma sanitariamente adequada. Em alguns casos, a região a ser atendida poderá estar situada em área afastada do restante da comunidade, ou mesmo em áreas cujas altitudes encontram-se em níveis inferiores. Nestes casos, existindo área disponível cujas características do solo e do lençol d'água subterrâneo sejam propícias à infiltração dos esgotos, poder-se-á adotar a solução de atendimento coletivo da comunidade através de uma única fossa séptica de uso coletivo, que também atuará como unidade de tratamento dos esgotos (VON SPERLING, 1995).

A Figura 3.5 apresenta uma situação de esgotamento coletivo.

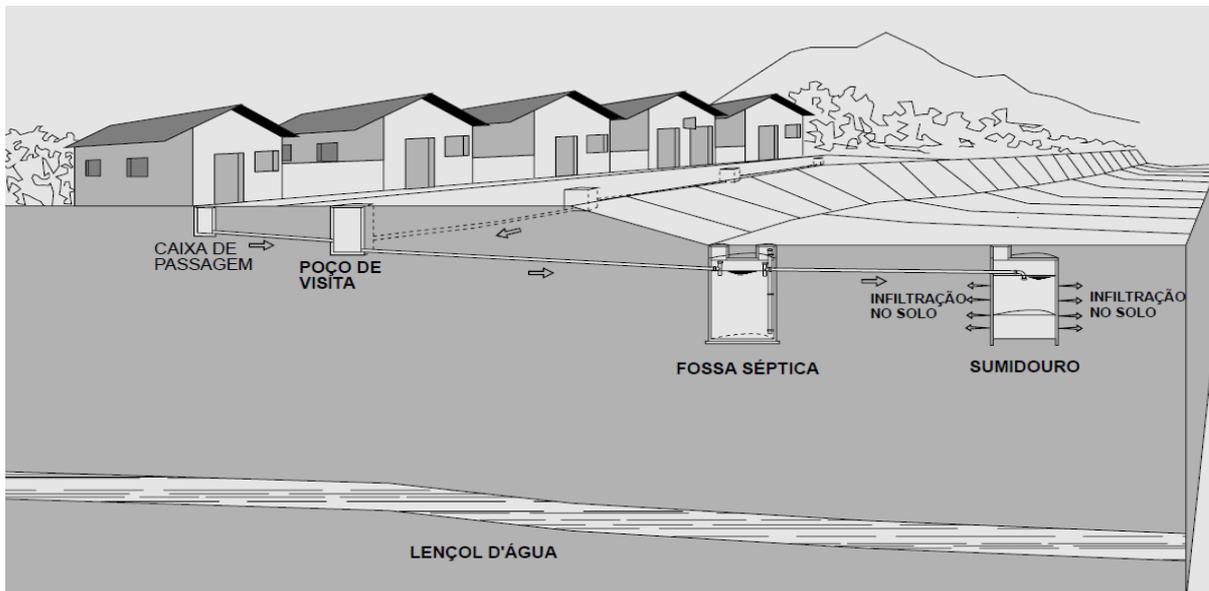


Figura 3.5 – Fossa séptica como solução coletiva.

Fonte: BARROS et al, 1995.

3.3.2.1. Sistema unitário ou combinado

Sistema de esgotamento unitário, ou sistema combinado, é o sistema em que as águas residuárias (domésticas e industriais), águas de infiltração (água de subsolo que penetra no sistema através de tubulações e órgãos acessórios) e águas pluviais veiculam por um único sistema (TSUTIYA E BUENO, 2005).

O sistema unitário, muito praticado nos países europeus, consiste na captação e condução dos esgotos sanitários e das águas pluviais no mesmo conduto, ou seja, na mesma rede cloacal. Este sistema foi praticado em épocas remotas na cidade do Rio de Janeiro e em cidades da época do império, hoje praticamente não existem mais, estes sistemas foram substituídos pelo sistema separador absoluto (FESTI, 2005).

O sistema unitário foi desenvolvido para as condições européias, onde as precipitações atmosféricas são bem inferiores aos países de clima tropical como o Brasil. De um modo geral a intensidade de chuvas em cidades européias é aproximadamente três vezes menor que a intensidade de chuvas observada em cidades brasileiras, de modo que, a vazão de águas pluviais é muito menor na Europa do que no Brasil (TSUTIYA e BUENO, 2005).

No sistema unitário, a mistura de esgoto com águas pluviais prejudica e onera consideravelmente o tratamento de esgotos. Mesmo em países europeus, onde a vazão de águas pluviais é bem menor que o Brasil, o pico de vazão durante a chuva intensa pode alcançar centenas de vezes maior do que a vazão de esgoto durante o período seco (TSUTIYA e BUENO, 2005).

Segundo Von Sperling (1995), no sistema unitário as canalizações são construídas para coletar e conduzir as águas residuárias juntamente com as águas pluviais. Os sistemas unitários não têm sido utilizados no Brasil, devido aos seguintes inconvenientes:

- grandes dimensões das canalizações;
- custos iniciais elevados;
- riscos de refluxo do esgoto sanitário para o interior das residências, por ocasião das cheias;
- as estações de tratamento não podem ser dimensionadas para tratar toda a vazão que é gerada no período de chuvas. Assim, uma parcela de esgotos sanitários não tratados que se encontram diluídos nas águas pluviais será extravasada para o corpo receptor, sem sofrer tratamento;
- ocorrência do mau cheiro proveniente de bocas de lobo e demais pontos do sistema;
- o regime de chuvas torrencial no país demanda tubulações de grandes diâmetros, com capacidade ociosa no período seco.

Na Figura 3.6 está representado um esquema do sistema unitário ou combinado.

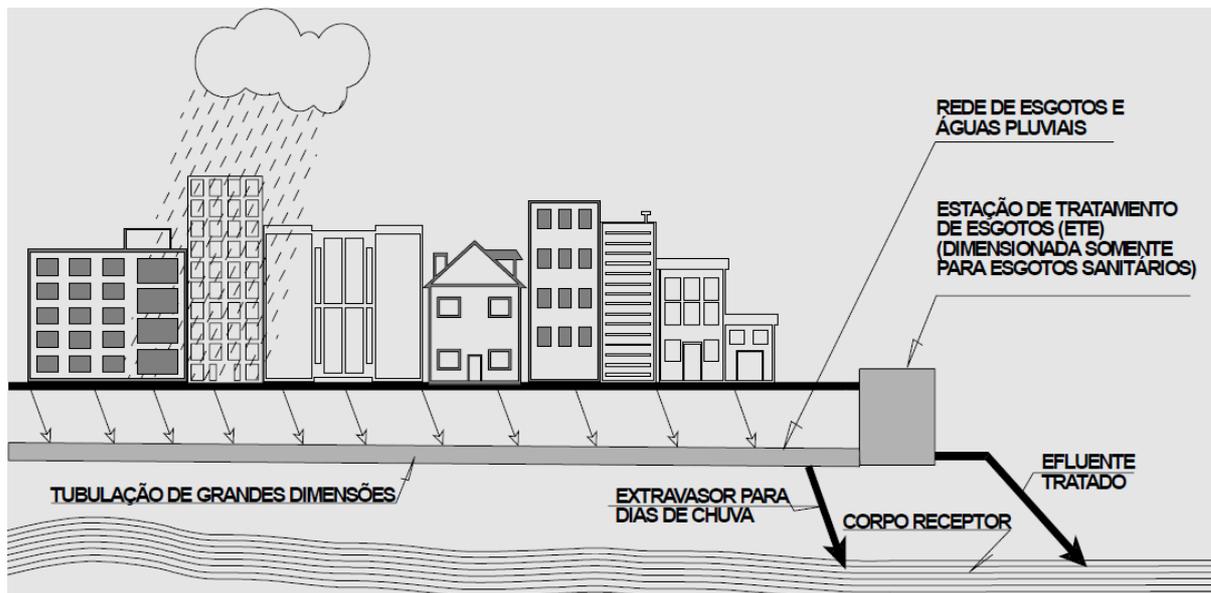


Figura 3.6 – Sistema unitário ou combinado.

Fonte: BARROS et al, 1995.

3.3.2.2. Sistema Separador

O sistema separador parcial consiste na coleta e condução dos esgotos sanitários em redes próprias, porém admitindo-se o lançamento das águas pluviais na mesma rede coletora de esgoto (FESTI, 2005).

Nesse sistema, uma parcela das águas de chuva, proveniente de telhados e pátios das economias são encaminhadas juntamente com as águas residuárias e águas de infiltração do subsolo para um único sistema de coleta e transporte de esgotos. Portanto, no sistema separador parcial o sistema de esgotos urbanos é, também, constituído de redes de esgoto e de galerias de águas pluviais (TSUTIYA E BUENO, 2005).

Conforme citado por Festi (2005), a Norma Técnica Brasileira (NBR 568/1989 da ABNT) recomenda que os sistemas de esgotamento sanitário adotado no Brasil seja o sistema separador absoluto. É o sistema em que as águas residuárias (domésticas e industriais), águas de infiltração lenta sejam coletadas e transportadas em um sistema independente, denominado sistema de esgoto sanitário. As águas pluviais são coletadas e transportadas em um sistema de drenagem pluvial totalmente independente.

Sistema de esgoto separador absoluto, segundo a norma brasileira NBR-9648 (ABNT, 1986) é o “conjunto de condutos, instalações e equipamentos destinados a coletar, transportar,

condicionar e encaminhar, somente esgoto sanitário, a uma disposição final conveniente, de modo contínuo e higienicamente seguro” (NUVUOLARI, 2003).

Segundo Von Sperling (1995), no Brasil, adota-se basicamente o sistema separador absoluto, devido às vantagens relacionadas a seguir:

- o afastamento das águas pluviais é facilitado, pois pode-se ter diversos lançamentos ao longo do curso d'água, sem necessidade de seu transporte a longas distâncias;
- menores dimensões das canalizações de coleta e afastamento das águas residuárias;
- possibilidade do emprego de diversos materiais para as tubulações de esgotos, tais como tubos cerâmicos, de concreto, PVC ou, em casos especiais, ferro fundido;
- redução dos custos e prazos de construção;
- possível planejamento de execução das obras por partes, considerando a importância para a comunidade e possibilidades de investimentos;
- melhoria das condições de tratamento dos esgotos sanitários;
- não ocorrência de extravasão dos esgotos nos períodos de chuva intensa, reduzindo-se a possibilidade da poluição dos corpos d'água.

No sistema separador absoluto as águas residuárias (domésticas e industriais) e as águas de infiltração (água do subsolo que penetra através das tubulações e órgãos acessórios), que constituem o esgoto sanitário, veiculam em um sistema independente, denominado sistema de esgoto sanitário. As águas pluviais são coletadas e transportadas em um sistema de drenagem pluvial totalmente independente (TSUTIYA E BUENO, 2005).

Por outro lado, para o sucesso do sistema de esgoto sanitário é necessário um eficiente controle para evitar que a água pluvial seja encaminhada, junto com as águas residuárias, para esse sistema de esgoto (TSUTIYA E BUENO, 2005).

Quando adotado o sistema “separador absoluto”, as águas pluviais são coletadas e conduzidas pelo seu próprio sistema, e por sua vez os esgotos sanitários devem ser conduzidos em redes separadas. Em hipótese alguma os efluentes de esgoto devem ser lançados na galeria de águas pluviais e evidentemente as águas de chuvas nunca devem ser lançadas nas redes coletoras de esgoto (FESTI, 2005).

Segundo Festi (2005), a rede coletora de esgotos, por força de disposições normativas, deve ser dimensionada para trabalhar com uma lâmina líquida máxima igual a 0,75 de seu diâmetro, visando garantir que o escoamento do efluente seja como conduto livre, ou seja, despressurizada ou em condições da pressão atmosférica.

Na Figura 3.7 está representado um esquema do sistema separador.

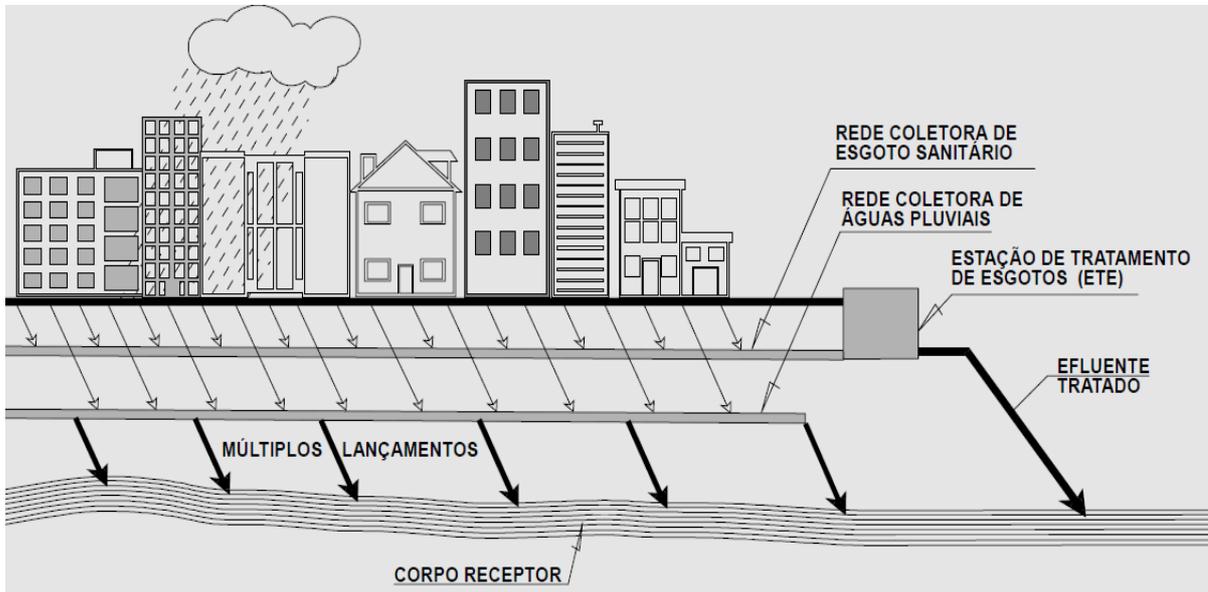


Figura 3.7 – Sistema separador.

Fonte: BARROS et al, 1995.

Os sistemas separadores podem ser subdivididos em sistema condominial e sistema convencional.

3.3.2.2.1. Sistema condominial

O sistema condominial de esgotos tem sido apresentado como uma alternativa a mais no elenco de opções disponíveis, ao alcance do projetista, para que o mesmo faça a escolha quando do desenvolvimento do projeto.

É, na realidade, uma nova forma de ver a relação entre a população e o poder público, tendo como características uma importante cessão de poder e a ampliação da participação popular. O sistema condominial representa, portanto, um novo enfoque na prestação de serviços públicos, que vem alterar a forma tradicional de atendimento à comunidade (VON SPERLING, 1995).

A Figura 3.8 apresenta um esquema do sistema condominial.

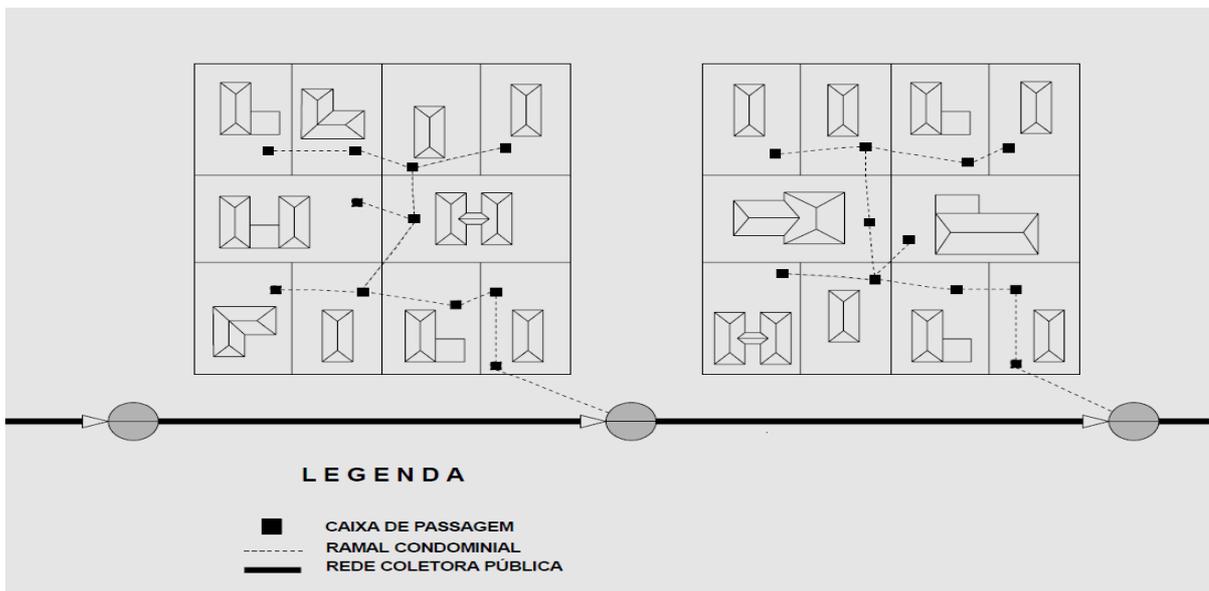


Figura 3.8 – Sistema condominial.

Fonte: VON SPERLING, 1995.

3.3.2.2.2. Sistema convencional

É o sistema de esgotamento sanitário normalmente adotado nos municípios brasileiros. Novolari (2003) define:

- Ligação predial: trecho do coletor predial compreendido entre o limite do terreno e o coletor de esgoto;
- Coletor de esgoto: tubulação da rede coletora que recebe contribuições de esgoto dos coletores prediais em qualquer ponto de seu comprimento;
- Interceptor: canalização situada nas partes mais baixas das bacias, em geral ao longo das margens de coleções de água, a fim de reunir e conduzir efluentes de coletores a um ponto de concentração, evitando descargas diretas nos corpos d' água;
- Emissário: tubulação que recebe as contribuições de esgoto exclusivamente na extremidade montante;
- Estações Elevatórias de Esgoto: instalações que se destinam ao transporte de esgoto do nível do poço de sucção das bombas ao nível de descarga na saída do recalque;
- Estações de Tratamento de Esgoto: instalações cuja finalidade é reduzir cargas poluidoras do esgoto sanitário e condicionamento da matéria residual resultante do tratamento;
- Corpo receptor: é qualquer coleção de água ou solo que recebe o lançamento de esgoto em estágio final.

A Figura 3.9 apresenta as partes constituintes de um sistema convencional.

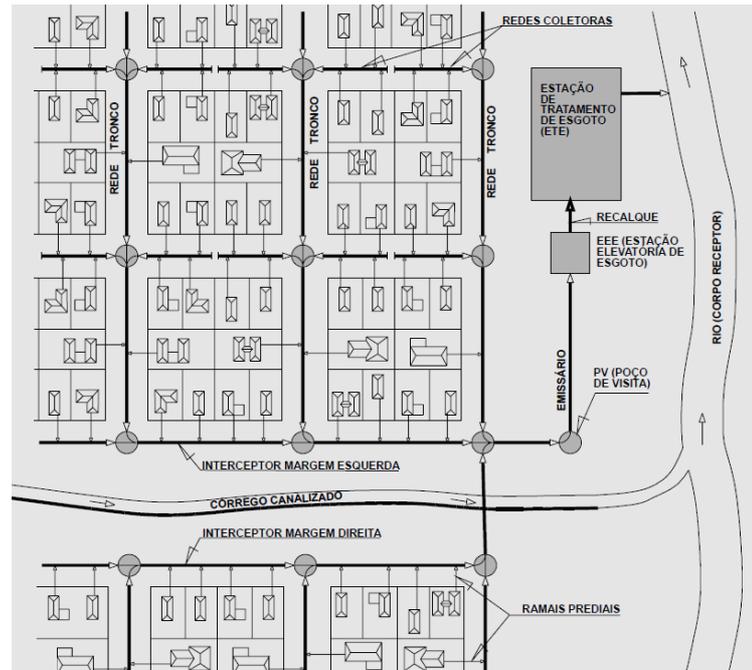


Figura 3.9 – Partes constituintes do sistema convencional.

Fonte: VON SPERLING, 1995.

Segundo Von Sperling (1995), ao se estudar as alternativas de esgotamento sanitário de uma localidade, é usual delimitar-se as bacias sanitárias a serem esgotadas. A bacia sanitária é a área a ser esgotada, contribuente por gravidade num mesmo ponto do interceptor.

Para a coleta, condução e destinação adequada dos esgotos sanitários gerados na área em estudo, deverão ser estudadas alternativas diferentes. As soluções de tratamento dos esgotos coletados, seja em estações localizadas em pontos diferentes ou mesmo uma única estação de tratamento para atendimento a toda a população, deverão ter concepções cuja solução mais adequada deverá ser selecionada após criterioso estudo técnico-econômico de alternativas possíveis para as diversas partes do sistema.

3.4. Situação dos sistemas de esgotamento no Brasil

De acordo com a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – PNSB (2008), entre 2000 e 2008, os serviços de manejo de águas pluviais (drenagem urbana), que existiam em 78,6% dos municípios em 2000, chegaram a 94,5% em 2008.

Nesses oito anos, o único serviço de saneamento que não chegou próximo à totalidade de municípios foi a coleta de esgoto por rede geral, que estava presente em 52,2% dos municípios em 2000 e passou a 55,2% em 2008. Foram considerados 5.564 municípios.

Entretanto, nos municípios em que o serviço existia, houve, no mesmo período, um aumento dos que registraram ampliação ou melhoria no sistema de esgotamento, de 58% para 79,9% do total, e dos domicílios atendidos, de 33,5% para 44%.

Em 2008, 68,8% do esgoto coletado era tratado – percentual bastante superior aos 35,3% de 2000, embora menos de um terço dos municípios (28,5%) fizessem o tratamento, com acentuadas diferenças regionais nesse percentual, que alcançou 78,4% dos municípios no estado de São Paulo e 1,4% no Maranhão.

Na Figura 3.10 estão apresentados os resultados da PNSB referentes ao esgotamento sanitário no Brasil.

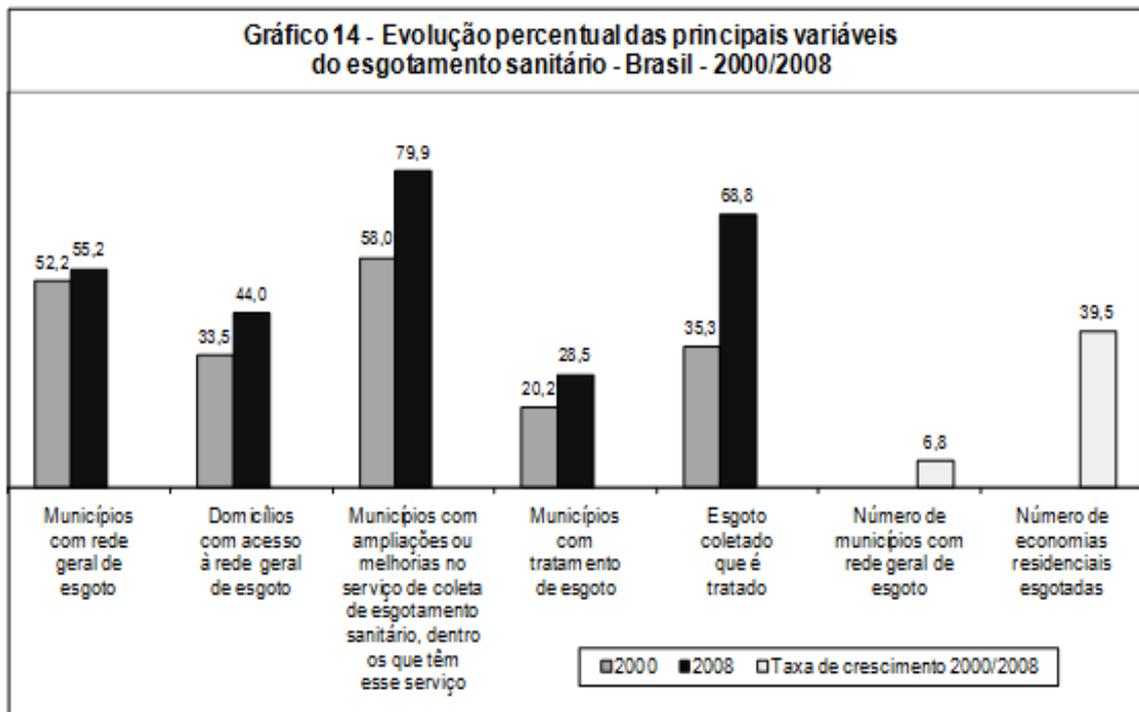


Figura 3.10 – Gráfico da evolução do esgotamento sanitário.

Fonte: IBGE (2008).

De acordo com a PNSB 2008, quando se tratava do serviço de coleta de esgoto: em 55,6 % dos municípios, as prefeituras executavam o serviço de forma exclusiva, e 41,6% tinham a execução sob a responsabilidade de outras entidades. O manejo de águas pluviais era executado quase que exclusivamente pelas prefeituras municipais (98,6%).

Quanto à existência de instrumentos legais reguladores dos serviços de saneamento básico, constatou-se que o abastecimento de água era regulado em 32,5% dos municípios, o esgotamento sanitário, em 18,4%, e o manejo de águas pluviais, em 18%.

Entre os municípios, pouco mais da metade (55,2%) tinha serviço de esgotamento sanitário por rede coletora. O serviço falta em 2.495 municípios pelo país, o que corresponde a 44,8% do total.

As únicas unidades da federação com mais da metade dos domicílios atendidos por rede coletora de esgoto foram Distrito Federal (86,3%), São Paulo (82,1%) e Minas Gerais (68,9%). As menores proporções ficaram com os estados do Amapá (3,5%), Pará (1,7%) e Rondônia (1,6%).

Em relação ao manejo pluvial, a pesquisa aponta, entre 2000 e 2008, o aumento de 21,5% na prestação do serviço de manejo de águas pluviais, com mais 929 municípios que passaram a realizar a drenagem urbana. Do total de municípios brasileiros, 94,5% contam com o serviço.

Esses são alguns dos destaques da PNSB 2008, que investiga os serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo de águas pluviais e manejo de resíduos sólidos, tendo como fonte de informação as entidades formais prestadoras desses serviços em todos os municípios brasileiros. A pesquisa foi realizada em convênio com o Ministério das Cidades e contou com a participação de pesquisadores da Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz) e de técnicos especialistas da área.

3.5. Sistema de drenagem urbana

Os sistemas de drenagem pluvial urbana ocupam um lugar de destaque entre as obras hidráulicas e sanitárias e são fundamentais no planejamento e saneamento das cidades.

Festi (2005) cita que um sistema de drenagem urbana compreende as principais estruturas hidráulicas no caminhamento do escoamento superficial, a seguir relacionada (AZEVEDO NETTO, 1988):

- a. Escoamento pelos telhados e quintais das residências;
- b. Ramais coletores internos;
- c. Escoamento pelas sarjetas;
- d. Bocas de Lobo;
- e. Ramais de ligação;
- f. Redes coletoras;
- g. Dissipadores;
- h. Tanques de retenção ou retardamento do escoamento;
- i. Lançamento final no corpo receptor.

4. MATERIAL E MÉTODOS

Visando avaliar a interferência das águas de chuva no sistema de esgotamento sanitário de Belo Horizonte, foram coletados dados de refluxos de esgotos em residências, de precipitações e de vazões afluentes à ETE-Arrudas entre maio de 2009 e dezembro de 2010.

4.1. Estação de tratamento de esgotos Arrudas

Localizada na região de Sabará, a ETE-Arrudas é uma das maiores e mais modernas do país, ocupando uma área de 63,84 hectares. A Figura 4.1 mostra uma vista aérea da ETE.



Figura 4.1 – Vista geral da ETE-Arrudas.

Fonte: COPASA, 2008.

A Tabela 4.1 apresenta as principais características da ETE-Arrudas.

Tabela 4.1 – Características da ETE-Arrudas

Tratamento	Secundário
Processo	Lodos Ativados Convencional
Capacidade instalada	2.250 L/s
População Atendida	1.600.000 habitantes
Corpo Receptor	Ribeirão Arrudas
Bacia	Rio das Velhas

Fonte: COPASA, 2011.

As vazões previstas vão de 2,25 m³/s (dois mil, duzentos e cinquenta litros de esgotos a cada segundo) no plano inicial (1ª etapa) para até 4,5 m³/s (quatro mil e quinhentos litros de esgotos a cada segundo) na fase final (2ª etapa).

O processo de tratamento instalado permite a redução de até 93% da carga de sólidos e da carga orgânica dos esgotos.

De acordo com informações da COPASA, referentes a maio de 2008, Belo Horizonte apresentava 3.928 km de redes coletoras e interceptoras e 486.000 ligações de esgoto.

A ETE-Arrudas recebe parte dos esgotos gerados em Belo Horizonte e Contagem, cerca de 60% das contribuições de Belo Horizonte e 40% das contribuições de Contagem, conforme mostram as Figuras 4.2 e 4.3.



Figura 4.2 – Localização da ETE-Arrudas e dos municípios de Belo Horizonte e Contagem, com a indicação das bacias do Arrudas e do Onça.

Fonte: COPASA, 2008.

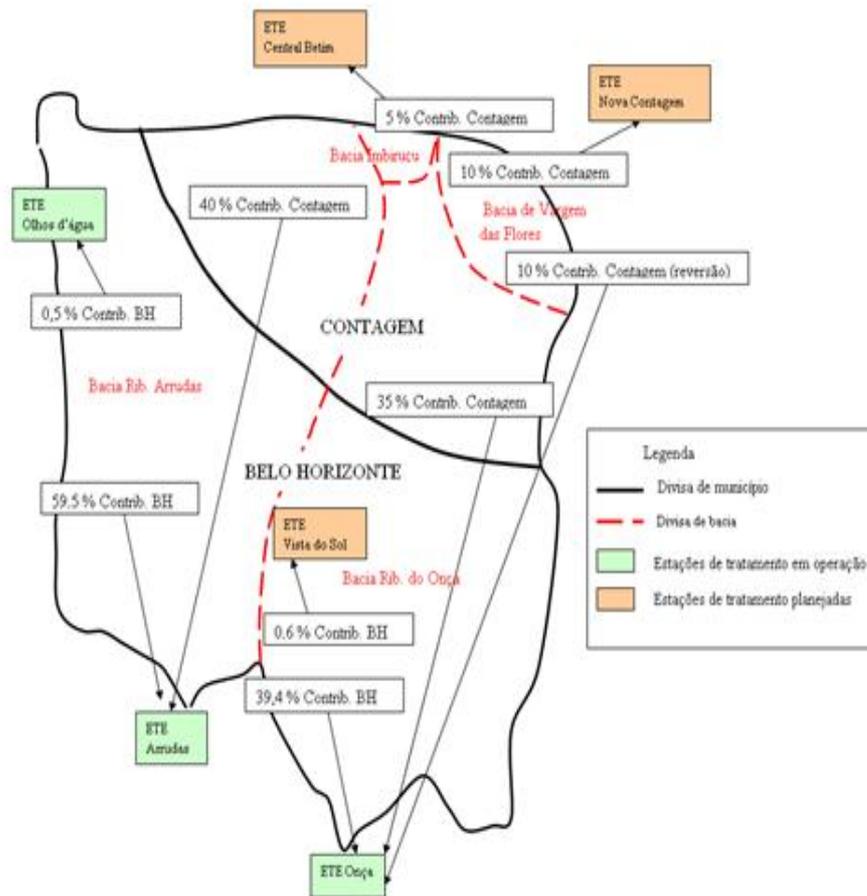


Figura 4.3 – Critério adotado para distribuição das vazões dos municípios de Belo Horizonte e Contagem para as Estações de Tratamento.

Fonte: COPASA, 2008.

4.2. Dados de refluxos de esgoto

O estudo desenvolvido neste trabalho foi baseado nas ocorrências de reclamações de refluxos de esgoto em residências de Belo Horizonte, no período compreendido entre maio de 2009 e dezembro de 2010, onde foram coletados também dados de precipitações no período.

Os dados de refluxos foram obtidos junto ao Setor de Perícias Técnicas de Engenharia da COPASA, responsável pelas vistorias, elaboração de Laudos quando da ocorrência de refluxos de esgotos e apropriação de custos para ressarcimento dos danos aos clientes provocados pelos refluxos.

As ocorrências de refluxos apresentadas neste trabalho são somente aquelas em que houve atuação do Setor de Perícias da COPASA, pois existem alguns casos de menor gravidade que os Distritos Operacionais da COPASA atuam e resolvem diretamente com o cliente, sem demandar a realização da vistoria pelo Setor de Perícias da COPASA.

4.3. Dados de precipitações

Os dados de precipitações diárias no período foram obtidos através do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e são referentes à Estação Convencional Meteorológica de Belo Horizonte, situada na Avenida do Contorno, nº 8.159 – Bairro Santo Agostinho. Eles estão apresentados no Apêndice A.

As chuvas diárias indicadas nos gráficos do INMET são referentes a um período de 24 horas, no intervalo entre 9:00h de um dia até 9:00h do dia subsequente. Como exemplo: a indicação de 75 mm para o dia 23/11/2010 representa as precipitações ocorridas entre 9:00h do dia 22/11 e 9:00h do dia 23/11.

Utilizamos também os dados do pluviômetro da COPASA instalado na região da Pampulha, o qual apresenta as precipitações ocorridas somente no dia da medição, para complementar os dados pluviométricos e comparar com as chuvas medidas na estação do INMET. Eles também estão no Apêndice A.

Os dados de precipitações foram utilizados com o intuito de relacionar as ocorrências de refluxos de esgoto em Belo Horizonte e os incrementos de vazões na ETE-Arrudas com as chuvas ocorridas.

4.4. Dados de vazões afluentes à ETE-Arrudas

Foram utilizados os dados fornecidos pela COPASA visando comparar as vazões em dias e meses secos e chuvosos, para avaliar a influência das águas de chuva no incremento da vazão afluente, os quais estão apresentados no Apêndice B.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Estudo dos refluxos de esgoto

A partir da verificação das datas das reclamações de refluxos de esgoto, foram analisadas as precipitações. A Tabela 5.1 apresenta as datas das solicitações dos clientes à COPASA cadastradas no Sistema Comercial da Companhia (SICOM), para a averiguação de refluxos de esgotos em imóveis, as quais são feitas através do telefone 115 (Central de Relacionamento com o Cliente). Nessa tabela também estão apresentadas as precipitações medidas na estação do INMET e no pluviômetro da COPASA.

Em relação às precipitações medidas na estação do INMET, nos dias chuvosos foram apresentados dois valores, pois os dados do INMET consideram as precipitações entre 9:00h de um dia e 9:00h do dia subsequente.

Exemplo: para a data de 23/11/2010, entre 9:00h do dia 22/11 e 9:00h do dia 23/11 a precipitação medida foi de 75 mm; e entre 9:00h do dia 23/11 e 9:00h do dia 24/11 a precipitação medida foi de 4 mm.

Em alguns dias da Tabela 5.1 foram apresentadas duas medidas de precipitações para o pluviômetro da COPASA, uma para o dia anterior e outra para o dia subsequente, pois nem sempre as solicitações dos clientes à COPASA para a verificação de refluxos são feitas no exato momento do acidente, principalmente quando os refluxos ocorrem no período noturno e de madrugada. Exemplo: para a data de 23/11/2010, foram apresentadas as chuvas medidas em 22/11 (80,4 mm) e em 23/11 (1,7 mm).

Considerando novamente o dia 23/11/2010, as reclamações dos clientes à COPASA cadastradas no SICOM ocorreram entre 7:00h e 8:00h, concluindo-se que estão relacionadas com a chuva ocorrida na noite do dia 22/11, cujas precipitações no dia foram de 75 mm (estação do INMET) e 80,4 mm (pluviômetro da COPASA).

As análises das outras precipitações e dos refluxos foram feitas seguindo a mesma metodologia empregada para os dias 22 e 23/11/2010.

Tabela 5.1 – Datas das ocorrências dos refluxos e precipitações medidas

Data da solicitação no Sistema Comercial COPASA	Precipitação (mm) Pluviômetro COPASA	Precipitação (mm) Estação INMET
30/05/2009	0	0
29/06/2009	0	0
10/07/2009	0	0
27/07/2009	0	0
15/09/2009	0	0
24/09/2009	12,1	0 -- 18
08/10/2009	36,0	70 -- 15
09/10/2009	15,6	15 -- 5
10/10/2009	15,6 (09/10) -- 0,3 (10/10)	5 -- 0
14/10/2009	0	10 -- 0
15/10/2009	19,5	0
15/10/2009	19,5	0
22/10/2009	34,1	78 -- 25
02/11/2009	15,9	18 -- 22
02/11/2009	15,9	18 -- 22
02/12/2009	30,1	2 -- 26
03/12/2009	10,4	26 -- 15
03/12/2009	10,4	26 -- 15
05/12/2009	70,4	50 -- 60
15/01/2010	36,1 (14/01) -- 2,0 (15/01)	62 -- 48
28/01/2010	0	0
09/02/2010	1,7	0 -- 7
01/03/2010	10,5 (28/02) -- 1,1 (01/03)	17 -- 3
03/03/2010	68,5	30 -- 65
03/03/2010	68,5	30 -- 65
05/03/2010	17,6	1 -- 5
22/03/2010	10,8	20 -- 25
22/03/2010	10,8	20 -- 25
22/03/2010	10,8	20 -- 25
04/04/2010	31,5	1 -- 36
05/04/2010	31,5 (04/04) -- 0,0 (05/04)	36 -- 0
12/04/2010	0	0 -- 1
19/04/2010	0	0
14/05/2010	0	0
16/05/2010	0	0
20/05/2010	14,7 (19/05) -- 0,0 (20/05)	7 -- 0
06/06/2010	0	0
08/06/2010	0	0
30/06/2010	0	0
09/07/2010	0	0
15/09/2010	0	0
21/09/2010	0	0
04/10/2010	39,3	0 -- 33
05/10/2010	39,9 (04/10) -- 0 (05/10)	33 -- 0
08/10/2010	22,5 (07/10) -- 0,0 (08/10)	0 -- 15
08/10/2010	22,5 (07/10) -- 0,0 (08/10)	15 -- 0
18/10/2010	31,4	28 -- 18
19/10/2010	2,2	18 -- 8
03/11/2010	0	0,0
06/11/2010	42,2	35 -- 42
06/11/2010	42,2	35 -- 42
11/11/2010	17,0	15 -- 40
11/11/2010	17,0	15 -- 40
23/11/2010	80,4 (22/11) -- 1,7 (23/11)	75 -- 4
23/11/2010	80,4 (22/11) -- 1,7 (23/11)	75 -- 4
23/11/2010	80,4 (22/11) -- 1,7 (23/11)	75 -- 4
04/12/2010	23,3	0 -- 23
06/12/2010	19,4	60 -- 7

A Tabela 5.2 apresenta um resumo das ocorrências de refluxos de esgoto no período estudado em 2009.

Tabela 5.2 – Resumo dos refluxos em 2009

Quantidade de refluxos	19
Refluxos em dias chuvosos	13
Refluxos em dias secos	6
Mês com mais refluxos	Outubro
Mês com menos refluxos	Agosto

Ocorreram treze refluxos em dias chuvosos e seis refluxos em dias secos, ou seja, 68% das ocorrências foram durante períodos de chuvas.

Outubro foi o mês onde ocorreram mais refluxos, totalizando sete acidentes, e a precipitação total do mês foi de 350 mm, segundo o INMET, e 373 mm, segundo a COPASA, sendo o segundo mês mais chuvoso do ano.

Dezembro foi o mês mais chuvoso e ocorreram quatro solicitações de refluxos, sendo as precipitações medidas de 560 mm (conforme o INMET) e 496,7 mm (conforme a COPASA).

Somente nesses dois meses foram onze solicitações de refluxos, o que representa 58% dos casos registrados entre maio e dezembro de 2009.

A Tabela 5.3 apresenta um resumo das ocorrências de refluxos de esgoto em 2010.

Tabela 5.3 – Resumo dos refluxos em 2010

Quantidade de refluxos	39
Refluxos em dias chuvosos	26
Refluxos em dias secos	13
Mês com mais refluxos	Novembro
Mês com menos refluxos	Agosto

Ocorreram vinte e seis refluxos em dias chuvosos e treze refluxos em dias secos, ou seja, 67% das ocorrências foram durante períodos de chuvas.

Novembro foi o mês mais chuvoso do ano e ocorreram mais refluxos, totalizando oito acidentes, sendo que as precipitações medidas foram de 400 mm (conforme o INMET) e 353,5 mm (conforme a COPASA).

Considerando somente os meses de março, outubro e novembro de 2010, cujas precipitações somadas totalizaram 870 mm (medidas pelo INMET) e 770,3 mm (medidas pela COPASA) foram vinte e uma ocorrências de refluxos, ou seja, 54% dos casos registrados no ano.

Na Tabela 5.4 observa-se que durante o período estudado, que abrangeu dezoito meses, somente nos cinco meses chuvosos listados na tabela foram trinta e duas reclamações de refluxos, que representam 55% dos casos de refluxos no período.

Tabela 5.4 – Meses com mais refluxos e precipitações

Meses com mais refluxos	Quantidade de refluxos	Precipitações (medidas pelo INMET)
Outubro/2009	7	350 mm
Dezembro/2009	4	560 mm
Março/2010	7	250 mm
Outubro/2010	6	220 mm
Novembro/2010	8	400 mm
TOTAL	32 (55% dos casos)	1780 mm

O estudo realizado confirmou a relação entre eventos chuvosos e ocorrências de reclamações de refluxos de esgotos em residências, pois entre maio de 2009 e dezembro de 2010, trinta e nove reclamações de refluxos ocorreram em dias chuvosos, o que representa 67% dos casos de refluxos.

Os resíduos sólidos lançados indevidamente nos ramais e redes de esgoto provocam inúmeros problemas operacionais, pois entopem a tubulação e impedem a passagem do esgoto. As águas de chuva interligadas indevidamente nos ramais internos dos imóveis e nas redes de esgoto provocam um aumento da vazão nas tubulações, as quais foram dimensionadas para operar despressurizadas, resultando em refluxos, extravasamentos e até rompimento de redes.

5.2. Estudo dos incrementos de vazões na ETE-Arrudas

O esgoto é gerado a partir da água de abastecimento, no qual o volume de esgoto varia conforme a quantidade de água consumida. A geração de esgoto de uma determinada localidade varia ao longo do dia (variações horárias), da semana (variações diárias) e ao longo do ano (variações sazonais) (VON SPERLING, 2005). O autor esquematiza um hidrograma típico da vazão afluente a uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), ao longo do dia, conforme mostra a Figura 5.1.



Figura 5.1 – Hidrograma típico da vazão afluyente de tratamento de esgotos.

Fonte: VON SPERLING, 2005.

Com os valores das vazões horárias medidas nos dias 06, 14 e 22 de novembro de 2010, apresentadas no Apêndice B, monta-se o gráfico que está representado na Figura 5.2. Foram comparadas as variações de vazões horárias num dia seco e em dois dias chuvosos.

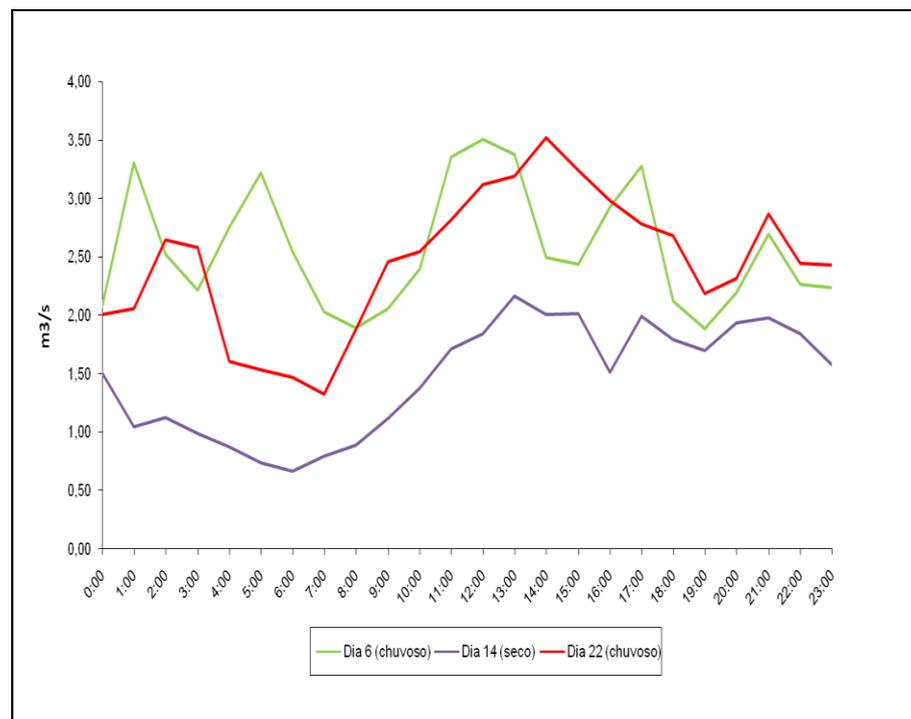


Figura 5.2 – Vazões horárias médias afluentes à ETE-Arrudas nos dias 06, 14 e 22 de novembro de 2010.

Pode-se observar que o hidrograma do dia seco (14/11) apresenta-se semelhante ao hidrograma típico apresentado na Figura 5.1 no período entre 00:00h e 06:00h, onde ocorreram as menores vazões na ETE. A partir das 06:00h houve um incremento das vazões atingindo o pico às 13:00h.

Depois das 13:00h houve uma redução da vazão, principalmente no final do dia. A diferença entre os hidrogramas das Figuras 5.1 e 5.2 é que não houve uma redução da vazão na ETE-Arrudas entre 10:00h e 12:00h nem uma diminuição tão significativa no final do dia.

O hidrograma do dia 06/11 (chuvoso) apresenta picos de vazão, indicando que ocorreram interferências das águas pluviais nas vazões afluentes. Nesse dia o pluviômetro da COPASA apresentou leitura de 42,2 mm e no dia anterior a leitura foi de 37,8 mm.

Esse hidrograma apresenta configuração diferente do hidrograma mostrada na Figura 5.1. devido às chuvas ocorridas que influenciaram os picos de vazões afluentes à ETE.

No hidrograma do dia 22/11 (chuvoso) também observamos picos de vazão que podem ser explicados pela interferência da água pluvial.

Podemos observar no gráfico da Figura 5.2 que as vazões horárias nos dias chuvosos foram maiores do que as do dia seco, confirmando a influência das águas pluviais. No dia seco a vazão horária média foi de 1,47 m³/s e no dia chuvoso (22/11) essa vazão foi igual a 2,45 m³/s.

Fazendo uma comparação entre essas vazões, teremos no dia 22/11 uma vazão média 67% mais alta quando comparada com a vazão do dia seco. Destacamos que o dia 22/11 foi o que apresentou o maior volume de chuvas no ano.

No mês de novembro a vazão horária média foi de 2,16 m³/s, ou seja, 47% superior à vazão do dia seco 06/11 e 13% inferior a vazão do dia mais chuvoso (22/11).

Utilizamos os dados da ETE-Arrudas num mês seco e em outro chuvoso. No mês de agosto de 2010 não choveu em Belo Horizonte, enquanto que no mês de novembro de 2010 foram registrados no pluviômetro da COPASA 353,5 mm de precipitações. A Figura 5.3 mostra as vazões horárias médias de agosto e novembro de 2010.

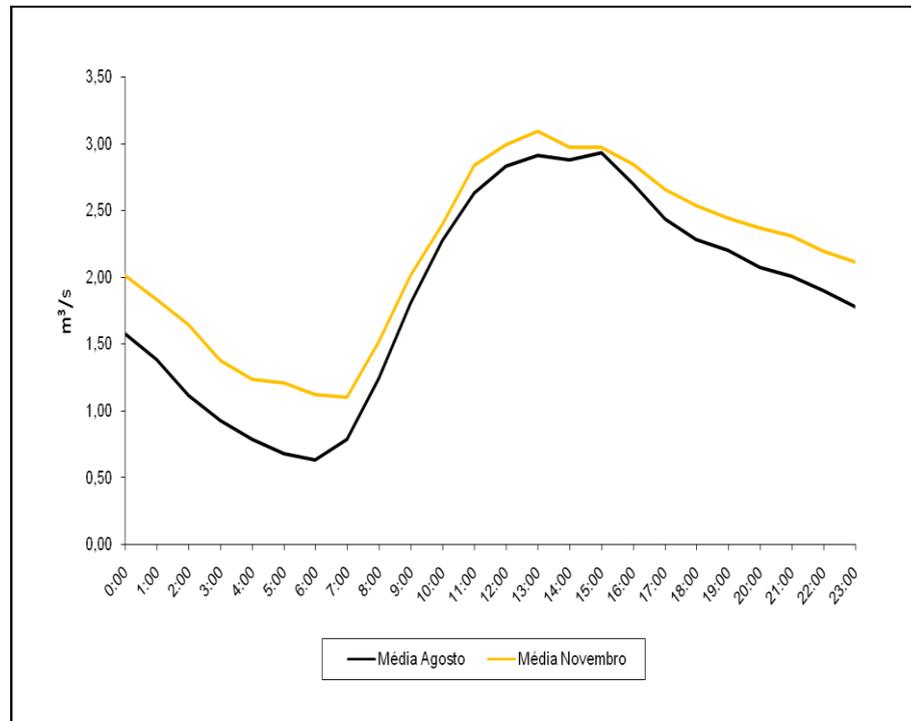


Figura 5.3 – Vazões horárias médias afluentes à ETE-Arrudas nos meses de agosto e novembro de 2010.

Pode-se observar que os hidrogramas das vazões horárias médias nesses meses possuem aspectos semelhantes ao hidrograma típico mostrado na Figura 5.1 no período entre 00:00h e 06:00h, onde ocorreram as menores vazões na ETE.

A partir das 06:00h houve um incremento das vazões atingindo picos às 13:00h, mantendo-se estável até as 15:00h e com uma redução gradativa até o final do dia.

Apesar de agosto ter sido um mês seco e novembro um mês chuvoso, as curvas dos gráficos mostradas na Figura 5.3 apresentam aspectos semelhantes, ou seja, reduções e aumentos de vazões nos mesmos horários do dia. Como novembro foi um mês chuvoso, o gráfico mostra que as vazões horárias médias desse mês foram superiores às de agosto.

Os valores das vazões diárias médias nos meses de agosto e novembro de 2010 também estão apresentados no Apêndice B. Considerando a média mensal, em agosto foi igual a 1,86 m³/s e em novembro foi igual a 2,16 m³/s, ou seja, a vazão média afluente no mês chuvoso (novembro) foi 16% maior do que no mês seco (agosto).

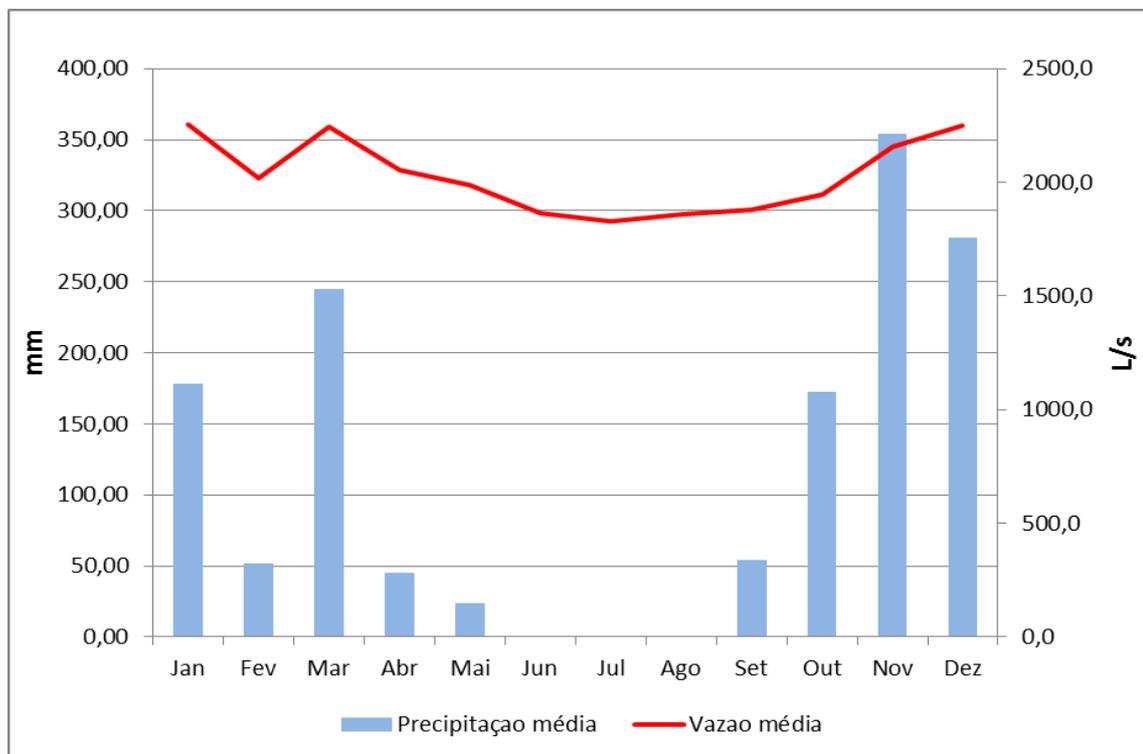
No Apêndice A os dados de precipitações dos anos de 2009 e 2010 mostram os períodos chuvosos entre janeiro e março e entre outubro e dezembro.

A Tabela 5.5 apresenta as vazões afluentes médias e as precipitações mensais do ano de 2010.

Tabela 5.5 – Vazões médias na ETE e precipitações mensais em 2010

Meses	Vazão média (L/s)	Precipitação mensal (mm)
Janeiro	2255	178
Fevereiro	2040	51
Março	2243	245
Abril	2052	44
Mai	1985	23
Junho	1863	0
Julho	1830	0
Agosto	1861	0
Setembro	1881	53
Outubro	1945	172
Novembro	2157	354
Dezembro	2247	281

Com os dados da Tabela 5.5 foram elaborados os gráficos da Figura 5.4, os quais mostram a relação entre as chuvas e os incrementos de vazões na ETE-Arrudas.

**Figura 5.4** – Vazões médias afluentes à ETE e precipitações mensais no ano de 2010.

A vazão afluente média em 2010 na ETE-Arrudas foi de 2,03 m³/s. No mês de novembro (mais chuvoso) a vazão média foi de 2,16 m³/s, um aumento de 6,4% com relação à média anual. O mês de dezembro apresentou a maior vazão média, 2,25 m³/s, que representa 11,1%

maior do que a vazão média anual. No mês de agosto (seco), a vazão média foi de 1,86 m³/s, uma redução de 9,1% quando comparada com a média.

A Figura 5.4 mostra que nos meses mais chuvosos de 2010 (janeiro, março, novembro e dezembro) a ETE-Arrudas apresentou as maiores vazões afluentes médias. Nos meses secos de junho, julho e agosto a ETE-Arrudas apresentou as menores vazões afluentes médias. Desta forma fica comprovada a interferência das águas pluviais no incremento das vazões afluentes à ETE-Arrudas.

Considerando somente o mês de novembro de 2010, maior volume precipitado do ano, foram elaborados a Tabela 5.6 e os gráficos da Figura 5.5.

Tabela 5.6 – Vazões afluentes à ETE e precipitações diárias de novembro de 2010

Dia	Vazão média (m³/s)	Precipitação diária (mm)
1	2,22	40,2
2	2,15	0,4
3	2,09	0,0
4	2,14	0,0
5	2,24	37,8
6	2,58	42,2
7	2,02	0,0
8	2,23	0,0
9	2,12	25,3
10	2,14	8,2
11	1,83	17,0
12	1,79	0,0
13	1,86	0,4
14	1,47	0,4
15	1,78	8,0
16	2,20	16,4
17	2,17	0,4
18	2,15	0,0
19	2,24	0,0
20	2,02	0,0
21	1,73	13,1
22	2,45	80,4
23	2,72	1,7
24	2,44	10,7
25	2,42	0,5
26	2,38	43,9
27	2,18	1,8
28	1,98	0,0
29	2,27	0,0
30	2,27	4,7

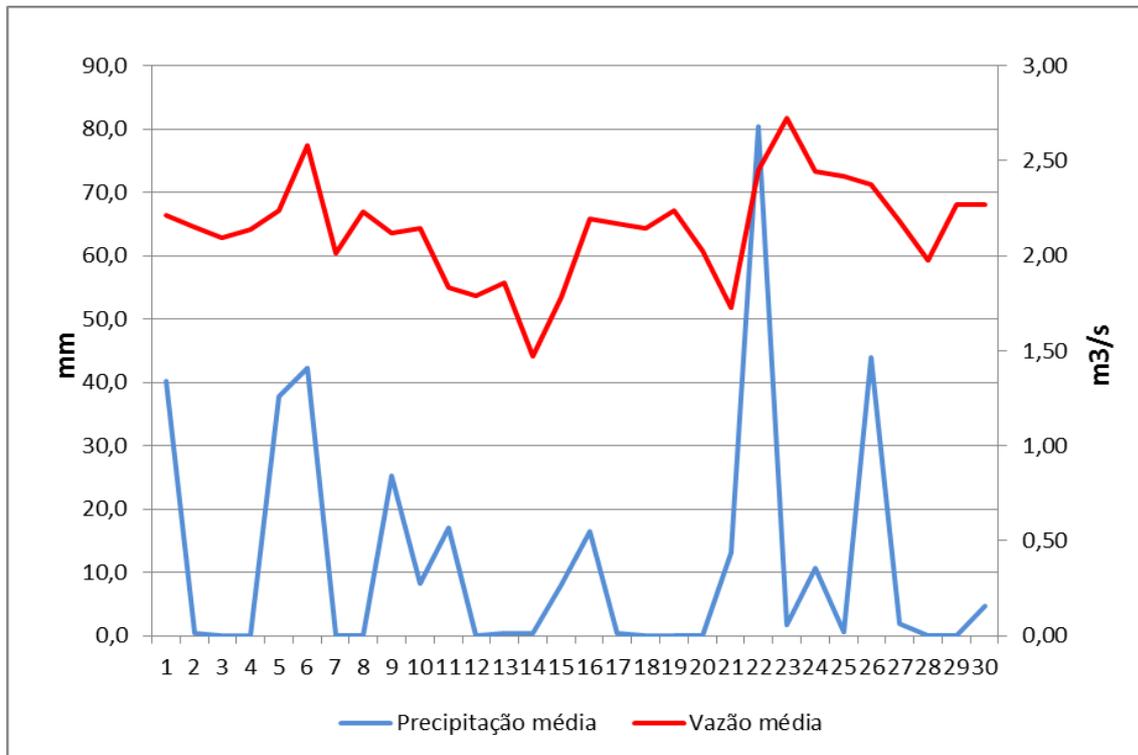


Figura 5.5 – Vazões afluentes à ETE e precipitações diárias médias de novembro de 2010.

De acordo com a Figura 5.5 ocorreram as maiores vazões afluente à ETE-Arrudas nos dias 06 e 23 de novembro, que foram períodos chuvosos. Os picos dos gráficos de precipitação e de vazão nestes dias mostram a relação entre as chuvas e os incrementos de vazões.

De acordo com o pluviômetro da COPASA a chuva medida em 22/11 foi de 80,4 mm, a qual interferiu na vazão afluente do dia 23/11 pois ocorreu durante a noite. De acordo com os dados do INMET ocorreram chuvas que totalizaram 75 mm entre 9:00h do dia 22/11 e 9:00h do dia 23/11.

Por este motivo na Tabela 5.7 foi considerado o dia 22/11 para efeito de comparação entre os cinco dias mais chuvosos do mês e as vazões afluentes à ETE.

Tabela 5.7 – Vazões afluentes à ETE e precipitações diárias

Dia	Vazão média (m³/s)	Precipitação diária (mm)
1	2,22	40,2
5	2,24	37,8
6	2,58	42,2
23	2,72	80,4 (referente a 22/11)
26	2,38	43,9
Média diária	2,43	48,9

Considerando somente os dias listados na Tabela 5.7, a vazão média afluente foi de 2,43 m³/s, ou seja, 12,5% superior à vazão média afluente do mês.

A Tabela 5.8 foi elaborada visando a comparação das vazões afluentes em um período chuvoso e em um período mais seco de cinco dias no mês de novembro de 2010.

Tabela 5.8 – Vazões afluentes à ETE em dois períodos

Dia	Vazão média (m³/s)	Dia	Vazão média (m³/s)
12	2,00	22	2,45
13	1,70	23	2,72
14	1,47	24	2,44
15	1,75	25	2,32
16	2,20	26	2,38
Média diária	1,82	Média diária	2,46

Entre os dias 12 e 16 de novembro a precipitação total foi de 25,2 mm e a vazão diária média afluente foi de 1,82 m³/s. No período mais chuvoso, de 22 a 26 de novembro, a precipitação total foi de 137,2 mm e a vazão diária média afluente foi de 2,46 m³/s, ou seja, 35% maior do que a vazão média afluente do período mais seco, comprovando a interferência das águas pluviais no incremento de vazões à ETE-Arrudas.

6. CONCLUSÕES

Após análise dos resultados, as principais conclusões deste trabalho são:

- Ocorreram mais casos de refluxos de esgoto em residências e incrementos de vazões na ETE-Arrudas nos dias chuvosos, demonstrando que ocorrem interferências entre os sistemas de drenagem pluvial e de esgotamento sanitário.
- No período estudado ocorreram trinta e nove refluxos em dias chuvosos e dezenove refluxos em dias secos, ou seja, 67% dos refluxos ocorreram em dias chuvosos, confirmando a relação entre eventos chuvosos e ocorrências de reclamações de refluxos de esgotos em residências.
- Considerando o mês mais chuvoso e um mês seco, em novembro (chuvoso) as vazões afluentes médias foram iguais a 2,16 m³/s e em agosto (seco) foram iguais a 1,86 m³/s, ou seja, a vazão média no mês mais chuvoso foi 16% maior quando comparada com um mês seco.
- Em 2010, a vazão afluyente média na ETE-Arrudas foi de 2,03 m³/s. No mês de novembro (mais chuvoso) a vazão média foi de 2,16 m³/s, um aumento de 6,4% com relação a média anual. O mês de dezembro apresentou a maior vazão média, 2,25 m³/s, que representa 11,1% maior do que a vazão média anual. A diferença entre a maior e a menor vazão média afluyente foi de 23%, ocorridas em dezembro e julho.
- Nos períodos analisados do mês de novembro de 2010 também foi verificada a relação entre precipitações e incrementos de vazões afluentes na ETE-Arrudas.
- Em intervalos de pesquisa menores (vazões horárias e diárias) ocorrem maiores variações ente os períodos secos e chuvosos. Em intervalos maiores (vazões mensais) as diferenças de vazões afluentes na ETE pesquisada apresentaram menores oscilações.
- Os dados do trabalho indicam que o sistema de esgotamento sanitário não funciona como separador absoluto, pois as interligações de águas pluviais nos ramais e redes de esgoto provocaram aumentos de vazões nas tubulações que conduzem os esgotos à ETE. Essa situação ocorre na maioria dos municípios brasileiros.

7. RECOMENDAÇÕES

A interferência dos lançamentos indevidos de águas de chuvas em ramais e redes de esgoto possui difícil resolução, pois a identificação das ligações clandestinas nos ramais internos, de responsabilidade dos usuários, depende da colaboração da sociedade.

Para amenizar esse problema, são recomendadas as seguintes medidas:

- Inspeção nos ramais internos de esgoto dos imóveis e fiscalização rigorosa quando da realização das ligações de esgoto em novas construções, visando verificar se existem pontos de interligação das águas de chuva com e os ramais de esgoto existentes dentro do lote;
- Conscientização da população sobre as consequências dos lançamentos indevidos de águas de chuva nos ramais internos de esgoto, através de campanhas educativas e distribuição de material informativo pelas concessionárias de água e esgoto;
- Instalação de válvulas de retenção nos ramais de ligação de esgoto dos imóveis situados nas partes mais baixas, para evitar os refluxos de esgoto no interior das edificações;
- Melhoria dos cadastros técnicos das redes de esgoto e de drenagem pluvial;
- Parceria entre as Prefeituras Municipais, responsáveis pelas estruturas de drenagem pluvial, e as concessionárias de esgoto, para identificar e eliminar lançamentos indevidos de águas pluviais em redes de esgoto e de esgotos em redes pluviais;
- Acompanhamento das vazões nas ETEs visando avaliar as oscilações de vazões em períodos secos e chuvosos, com o objetivo de definir estratégias e implementar programas para reduzir as interferências entre os sistemas de esgotamento e de drenagem pluvial.

O Programa Caça-Esgoto da COPASA implementado pela COPASA na RMBH é um exemplo de atuação para amenizar o problema. Seus objetivos são: identificar e eliminar os lançamentos de águas pluviais internas dos imóveis na rede coletora (via ligação predial), lançamentos de redes coletoras em pluviais, lançamentos de redes pluviais na rede coletora/interceptora e lançamentos diretos de redes coletoras/interceptoras de esgotos em

córregos; direcionar os esgotos gerados nas bacias dos ribeirões Arrudas e Onça para as respectivas ETEs e despoluir os córregos e ribeirões da RMBH.

Os resultados alcançados pelo Programa são: proteção dos cursos de água da RMBH, redução dos impactos ambientais, eliminação dos lançamentos de águas de chuva em redes da COPASA, interligação dos lançamentos indevidos de esgoto ao sistema de esgotamento sanitário e aumento da capacidade de atendimento da Companhia.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEM SOBRINHO, P.; TSUTIYA, M.T. *Coleta e transporte de esgoto sanitário*. 1. ed. São Paulo, Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1999. 547p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 9648: Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.

ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DE MINAS GERAIS. Disponível em <www.almg.gov.br> Acesso em 11/06/2011.

BARROS, R.T.V.; CHERNICHARO, C.A.L.; HELLER, L.; VON SPERLING, M. (Editores). *Manual de saneamento e proteção ambiental para municípios*. Belo Horizonte, Escola de Engenharia da UFMG, v. 2. 1995. 221p.

COPASA. Disponível em: <www.copasa.com.br>. Acesso em: 09/05/2011.

FERNANDES, C. *Esgotos Sanitários*. João Pessoa, Editora Universitária – UFPB, 1997. 435p.

FESTI, A.V. *Águas de chuva na rede de esgoto sanitário – suas origens, interferências e consequências*. 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Campo Grande, Mato Grosso do Sul. Setembro, 2005.

FUNASA. Disponível em: <www.funasa.gov.br>. Acesso em: 08/07/2011.

IBGE. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 16/05/2011.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Estação Meteorológica Convencional de Belo Horizonte. Disponível em: <www.inmet.gov.br>. Acesso em 20/04/2011.

NUVOLARI, A. *Esgoto Sanitário: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola*. São Paulo, e. Bluncher, 2003. 520p.

TSUTIYA, M.T.; BUENO, R.C.P. *Contribuição das águas pluviais em sistema de esgoto sanitário no estado de São Paulo*. 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Campo Grande, Mato Grosso do Sul. Setembro, 2005.

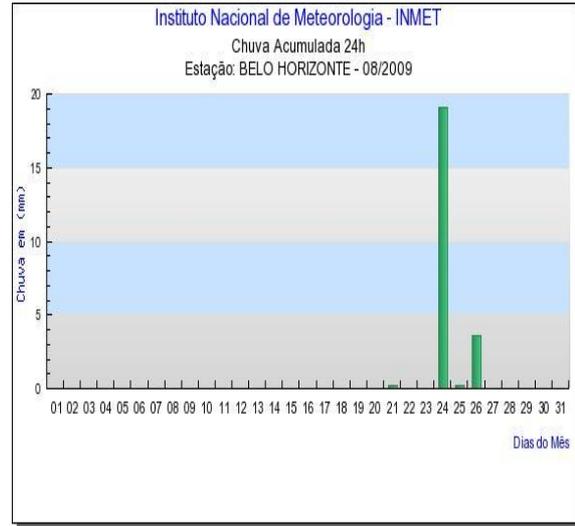
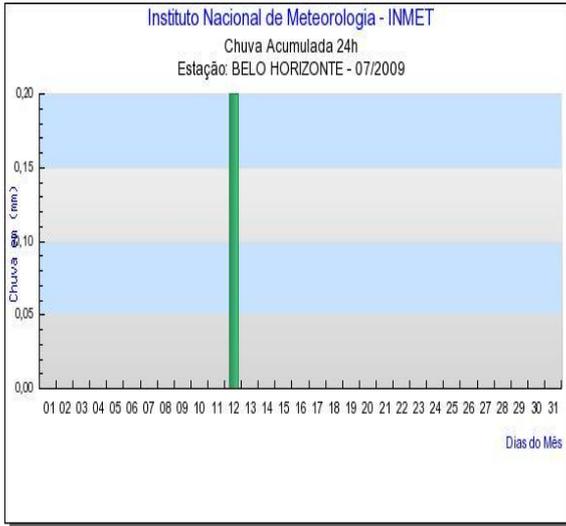
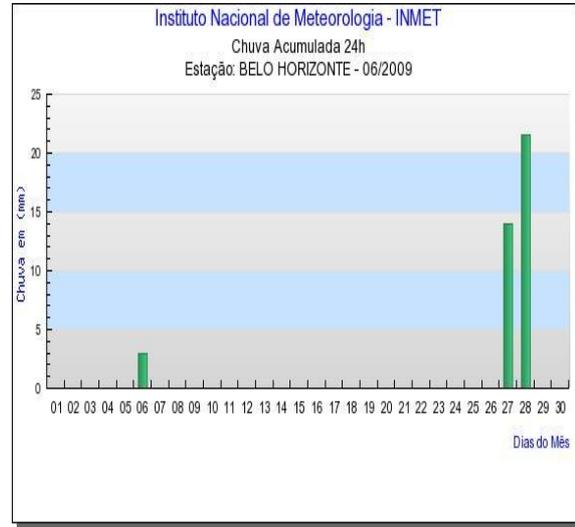
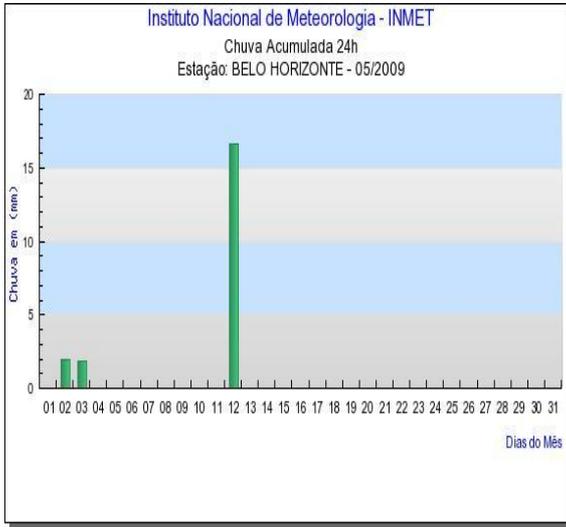
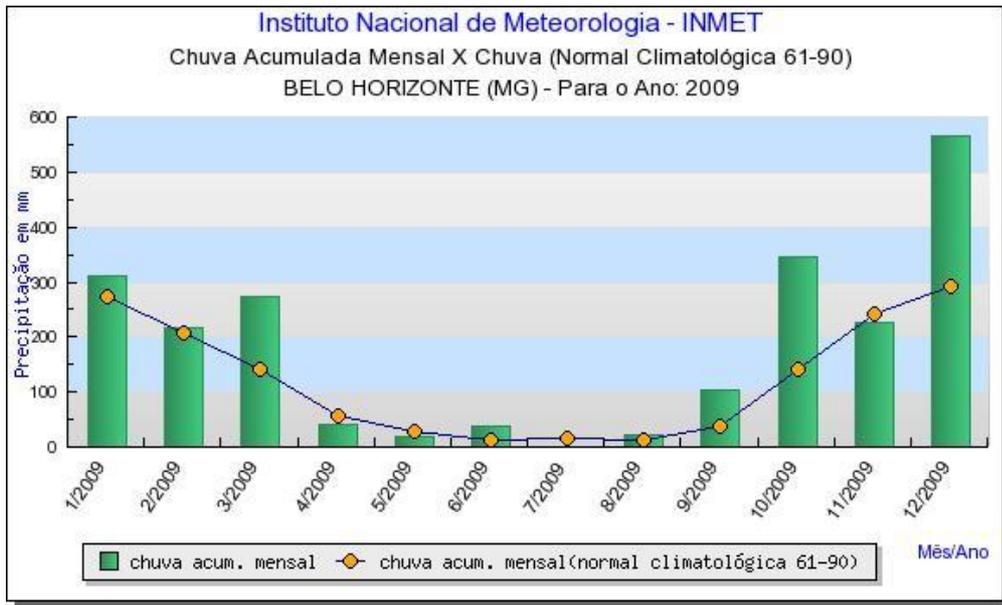
VON SPERLING, M. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. Belo Horizonte, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, v.1. 3 ed. 2005. 452p.

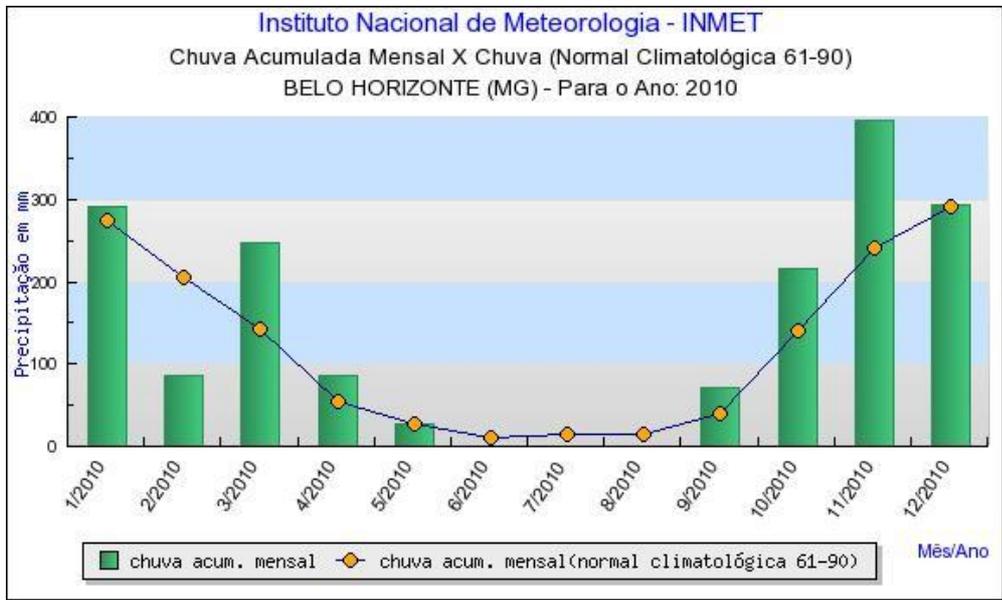
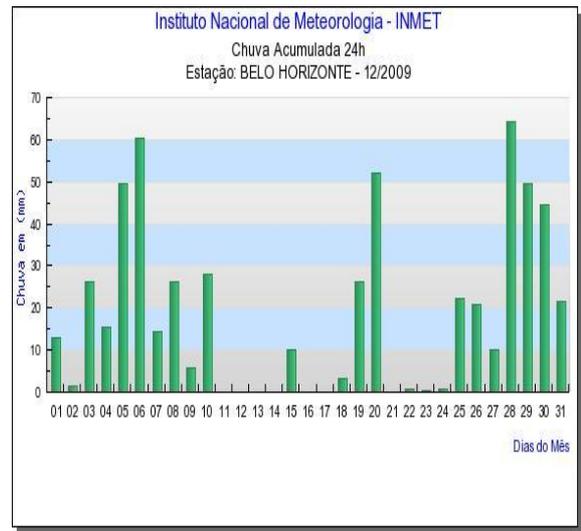
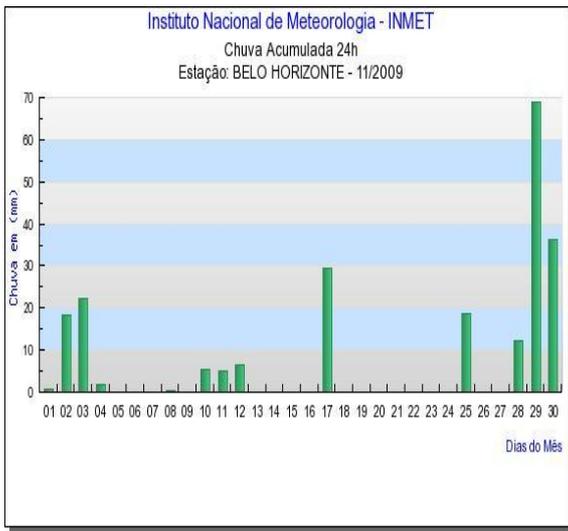
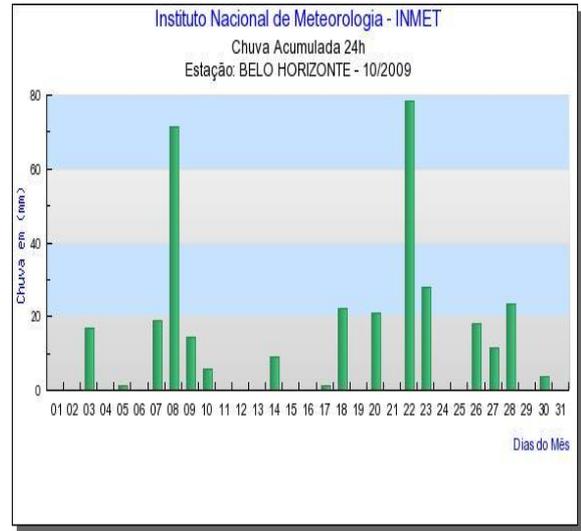
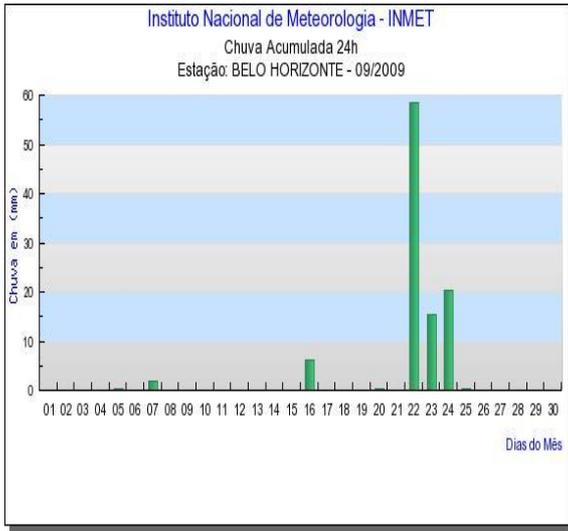
APÊNDICE

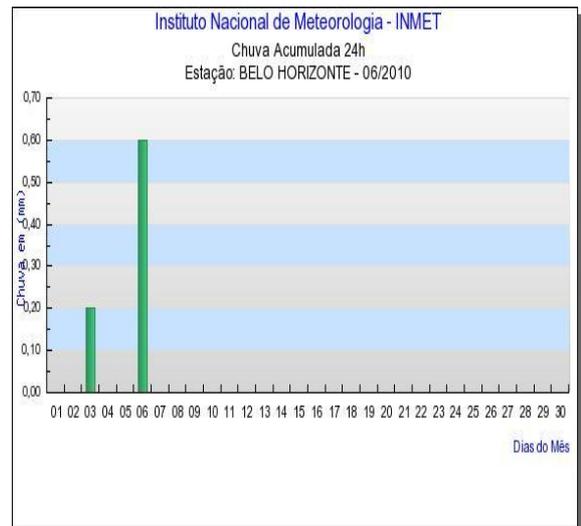
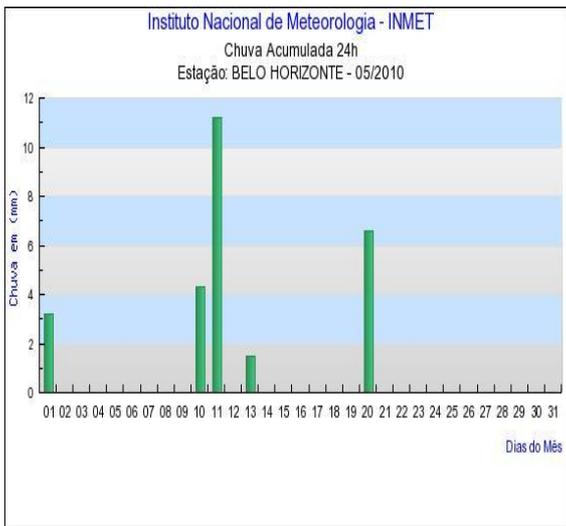
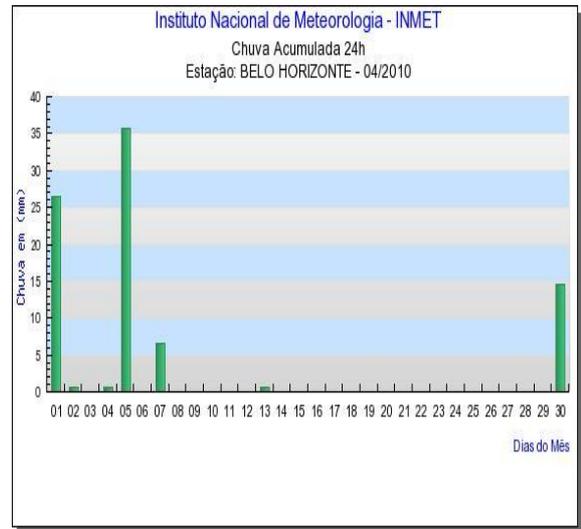
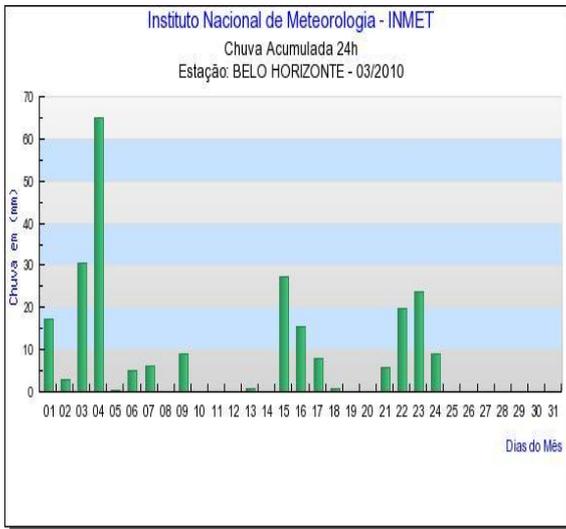
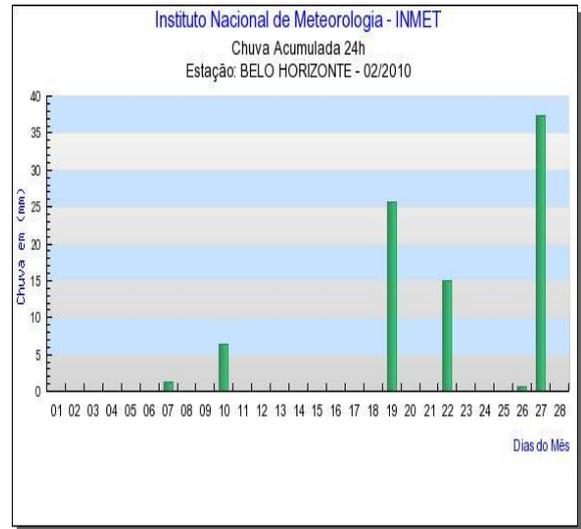
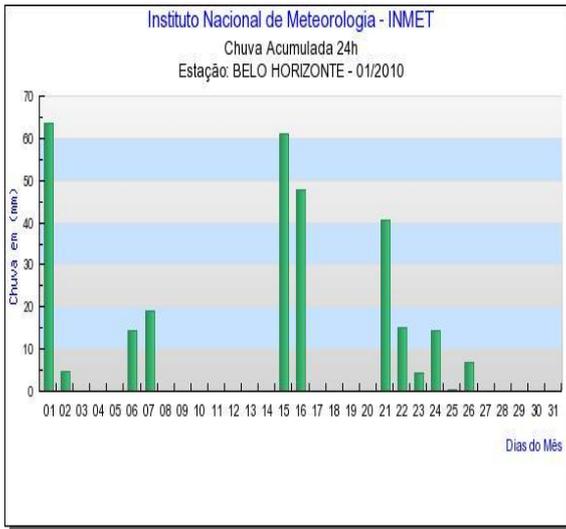
APÊNDICE A: DADOS DE PRECIPITAÇÕES

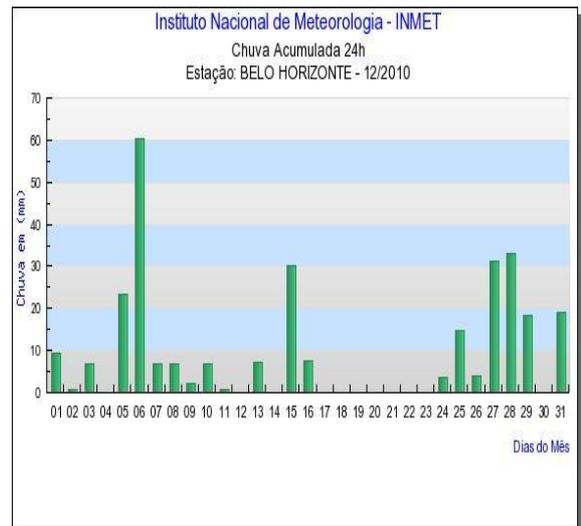
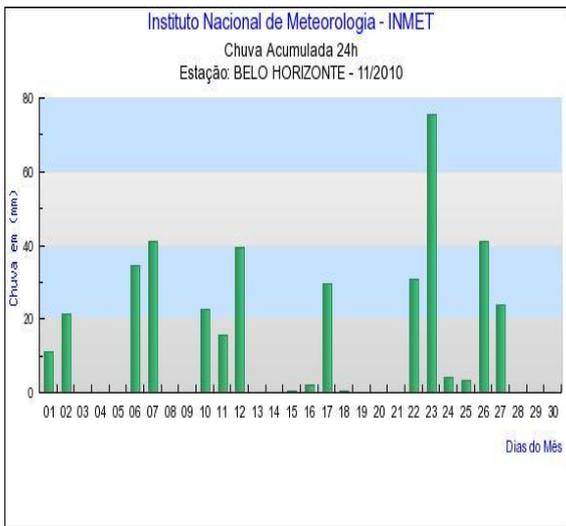
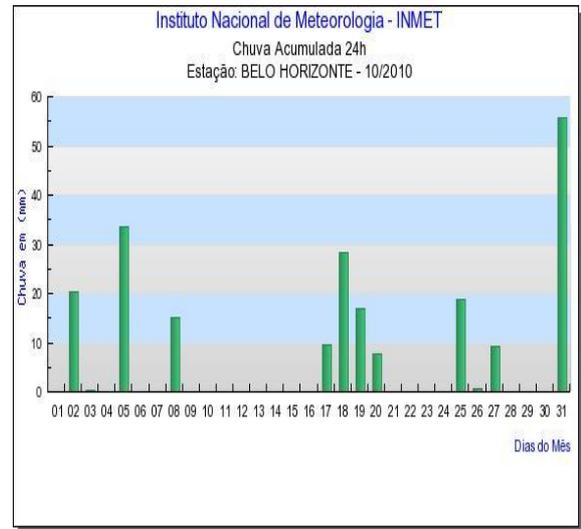
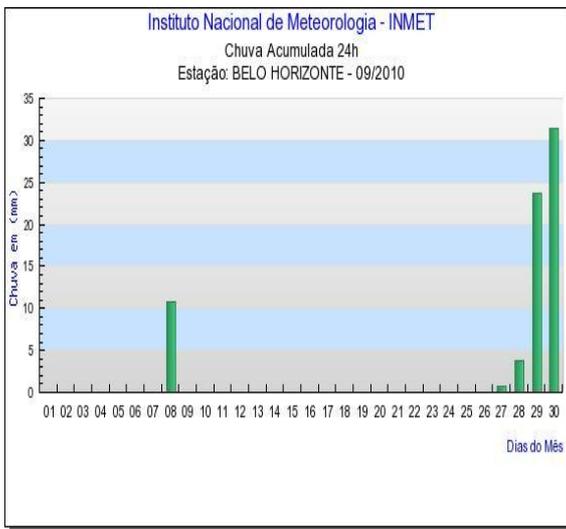
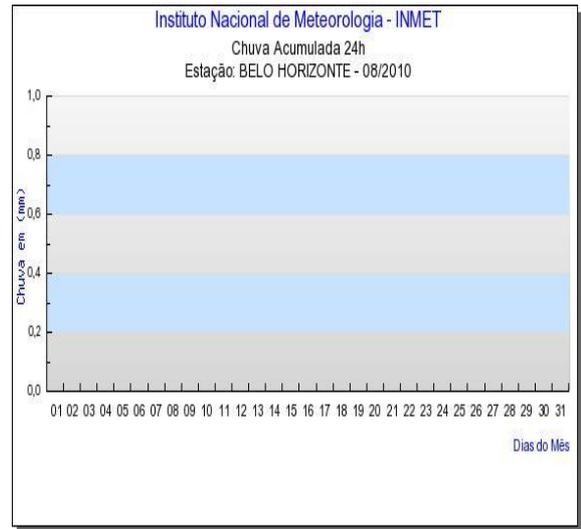
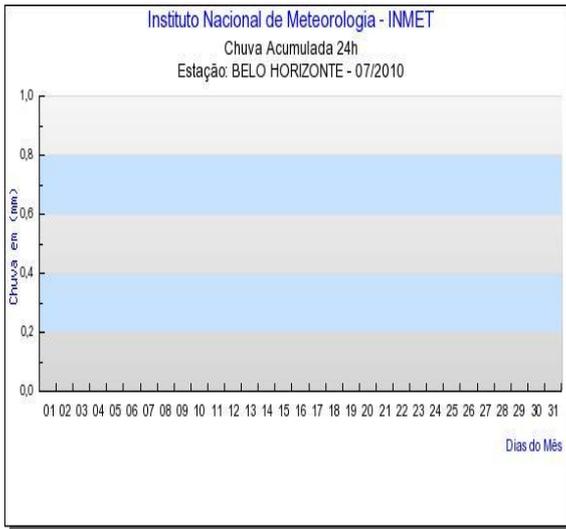
COPASA MG		SPAM/ DVHD		SISTEMA DE CONTROLE CLIMATOLÓGICO											
LEITURA DE PLUVIOSIDADE DIÁRIA												DATA : 13/04/2011 09:01:51			
RELATÓRIO PLUVIOMÉTRICO GERAL															
CODIGO:		060-000-25-05													
MUNICIPIOS:		BELO HORIZONTE													
LOCALIDADE:		SEDE													
ESTAÇÃO:		pluviômetro instalado na ete pampulha													
COORDENADAS:		Fuso:	E:	N:	ALTITUDE: 0		ANO: 2009								
DIA	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ			
01	0,2	10,07	0	1,8	13,8	0	0	0	0	0	0	26,2	0,7		
02	7	11	0	0	9	0	0	0	0	0	0	15,9	30,1		
03	17,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	0	10,4		
04	45,4	0	0,1	0	0	0	0	0	0,9	0	0	0	26,7		
05	32	0	1,1	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	70,4		
06	0,9	1,7	2	18,7	0	0	0	0	0	0,7	51,3	0	19,4		
07	0	1,2	2,7	1,4	0	0	0	0	0	1,2	21,7	0,5	20,6		
08	0	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0	36	0	12,4		
09	0	2,1	0	0	0	0	0	0	0	15,6	7,3	13,8			
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	0,7	0		
11	0	1,4	0	0	5,4	0	0	0	0	0	0	6,3	0		
12	0	47,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
13	0	20,08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
14	0,8	6,2	0	0,6	0	0	0	0	0	0	0	0	46,6		
15	1,5	0	0	0,3	0	0	0	0	0	0	19,5	0	0		
16	16,2	0	27,7	0	0	0	0	0	0	2	20	0	0		
17	10,8	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	16,1	0		
18	18,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0,9	0	39,8	0		
19	0,2	0	0	0	0	0	0	0	1,5	30,7	0	21,3	0		
20	42,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
21	28,7	0	0	0	0	0	0	0	42,2	32,8	0	0	0		
22	18,6	19,5	5,1	0	0	0	0	0	5,3	34,1	0	0,4	0		
23	0,1	0	3,6	2	0	0	0	16,1	15	0	0	0	0		
24	0	44,5	11	0	0	0	0	0	12,1	0	0	3,3	0		
25	4,4	0	15,2	0	0	0	0	5,3	0	41	0	4,5	0		
26	4,9	0	2,1	0	0	2,6	0	0	0	70	0	6,6	0		
27	6,5	0	2,5	0	0	18	0	0	0	2,8	0	33,7	0		
28	0,7	0	57,7	0	0	0	0	0	1,2	42,4	39,2	0	0		
29	0	--	8,3	0	0	0	0	0	0	2,8	16,8	49,5	0		
30	0	--	19,1	0	0	0	0	0	0	0	3,6	3,2	0		
31	0	--	0	--	0	--	0	0	--	0	--	28	0		
MAX:	45,4	47,1	57,7	18,7	13,8	18	0	16,1	42,2	70	42,4	70,4			
TOT:	255,3	165,7	158,2	24,8	28,2	20,7	0	21,4	78,9	373	139,7	496,7			
NDC:	20	12	14	6	3	3	0	2	8	18	10	22			
MÁXIMA ANUAL:	70			TOTAL DIAS OBS: 365											
TOTAL DIAS DE CHUVA:	118														
MÉDIA ANUAL:	4,8														
TOTAL ANUAL:	1762,55														

COPASA MG		SPAM/ DVHD		SISTEMA DE CONTROLE CLIMATOLÓGICO											
LEITURA DE PLUVIOSIDADE DIÁRIA												DATA : 13/04/2011 09:03:19			
RELATÓRIO PLUVIOMÉTRICO GERAL															
CODIGO:		060-000-25-05													
MUNICIPIOS:		BELO HORIZONTE													
LOCALIDADE:		SEDE													
ESTAÇÃO:		pluviômetro instalado na ete pampulha													
COORDENADAS:		Fuso:	E:	N:	ALTITUDE: 0		ANO: 2010								
DIA	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ			
01	8,7	0	1,1	0	0	0	0	0	0	22,7	40,2	11,6			
02	0	0	9,9	0	0	0	0	0	0	0	0,4	5,2			
03	0	0	68,5	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0			
04	8,9	0	12,1	31,5	0	0	0	0	0	39,3	0	24,3			
05	18,7	0	17,6	0	0	0	0	0	0	0	37,8	27,3			
06	48,5	0	8,2	0,8	0	0	0	0	0	0	42,2	5,5			
07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22,5	0	2,2			
08	0	0	23,3	0	0	0	0	0	0	0	0	1,6			
09	0	1,7	0	0	0,7	0	0	0	0	0	25,3	6,9			
10	0	0	0	0	7,9	0	0	0	0	0	8,2	13,8			
11	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	17			
12	0	0	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4			
14	36,1	0	35	0	0	0	0	0	0	0	0,4	10,9			
15	2	0	38	0	0	0	0	0	0	0	8	10,5			
16	0	0	3,7	0	0	0	0	0	0	8,1	16,4	0			
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12,3	0,4	0			
18	0	11,7	0	0	0	0	0	0	0	31,4	0	0			
19	0	0	0	0	14,7	0	0	0	0	2,2	0	0			
20	8,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
21	0,2	0	10,1	0	0	0	0	0	0	0	13,1	0			
22	2,3	0	10,8	0	0	0	0	0	0	0	80,4	0			
23	26,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,7	0,6			
24	17,3	0,6	0	0	0	0	0	0	0	2,1	10,7	23,3			
25	0,5	0,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	4,1			
26	0	25,8	0	0	0	0	0	0	0	1,3	43,9	11,7			
27	0	0	0	0	0	0	0	0	1,7	0	1,8	7,8			
28	0	10,5	0	0	0	0	0	0	25,5	0	0	58,9			
29	0	--	0	0,5	0	0	0	0	26,2	0	0	0,3			
30	0	--	0,3	11,4	0	0	0	0	0	30	4,7	14,7			
31	0	--	4,7	--	0	--	0	0	--	0,3	--	39,3			
MAX:	48,5	25,8	68,5	31,5	14,7	0	0	0	26,2	39,3	80,4	58,9			
TOT:	178,2	51,2	244,6	44,4	23,3	0	0	0	53,4	172,2	353,5	280,5			
NDC:	12	6	16	5	3	0	0	0	3	11	20	20			
MÁXIMA ANUAL:	80			TOTAL DIAS OBS: 365											
TOTAL DIAS DE CHUVA:	96														
MÉDIA ANUAL:	3,8														
TOTAL ANUAL:	1401,3														









APÊNDICE B: DADOS DE VAZÕES MÉDIAS AFLUENTES À ETE-ARRUDAS EM 2010

Dia	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out	Nov.	Dez.
1	2,47	2,22	2,46	2,09	1,92	1,99	1,93	1,53	1,91	2,06	2,22	2,28
2	2,20	2,18	2,21	1,63	1,64	1,97	1,90	2,00	1,96	1,99	2,15	2,23
3	2,00	2,23	1,94	1,75	2,05	1,59	1,74	1,94	2,03	1,56	2,09	2,32
4	2,47	2,25	1,76	1,88	2,11	1,81	1,53	1,78	1,67	1,98	2,14	2,14
5	2,45	2,25	2,49	2,32	2,08	1,63	1,94	1,99	1,44	2,44	2,24	1,97
6	2,60	2,01	2,16	2,24	2,12	1,50	1,98	1,96	1,73	2,05	2,58	2,69
7	2,58	1,76	2,13	2,18	2,16	1,94	1,97	1,76	1,59	2,02	2,02	2,58
8	2,38	2,14	2,35	2,08	1,86	1,99	1,98	1,59	2,06	2,37	2,23	2,37
9	2,15	2,26	2,41	2,16	1,74	2,01	2,00	2,03	1,89	1,79	2,12	2,46
10	1,87	2,12	2,43	1,91	2,10	2,02	1,79	1,99	2,00	1,45	2,14	2,47
11	2,30	2,18	2,39	1,70	2,09	2,03	1,56	1,93	1,69	1,69	2,16	2,12
12	2,30	2,19	2,44	2,07	2,26	1,74	2,03	1,89	1,55	1,47	2,00	1,76
13	2,25	1,75	2,18	2,11	2,03	1,51	2,01	2,06	1,94	1,75	1,70	2,43
14	2,26	1,44	2,00	2,09	1,97	1,96	1,90	1,79	1,93	1,96	1,47	2,39
15	2,77	1,58	2,33	2,08	1,81	1,85	2,02	1,54	1,97	2,02	1,75	2,77
16	2,08	1,52	2,39	2,20	1,64	1,96	2,01	1,89	2,02	1,90	2,20	2,53
17	1,82	1,87	2,31	1,97	2,13	1,78	1,77	1,81	2,02	1,74	2,28	2,39
18	2,28	2,25	2,33	1,70	2,07	2,13	1,49	1,82	1,84	2,05	2,15	2,08
19	2,22	2,30	2,28	2,22	2,22	1,78	1,85	1,84	1,55	2,07	2,24	1,93
20	2,17	1,99	2,16	2,11	2,19	1,45	1,82	2,00	1,95	2,00	2,02	2,28
21	2,64	1,80	2,04	1,89	2,17	2,26	1,70	1,84	2,00	2,09	1,73	2,24
22	2,49	2,09	2,55	2,18	1,82	2,04	1,90	1,58	2,01	2,02	2,45	2,28
23	2,07	2,09	2,52	2,27	1,67	2,01	1,92	1,95	1,96	1,88	2,72	2,23
24	2,16	2,15	2,32	2,00	2,10	2,04	1,65	1,97	2,01	1,55	2,44	1,78
25	2,26	2,26	2,31	1,75	2,03	1,96	1,43	1,94	1,81	2,03	2,42	1,62
26	2,20	2,31	2,37	2,15	2,06	1,59	1,80	1,97	1,69	2,23	2,38	1,93
27	2,21	2,05	2,05	2,15	2,04	1,54	1,81	2,03	2,00	2,06	2,18	2,14
28	2,24	1,91	1,85	2,10	2,03	1,91	1,83	1,80	2,11	2,03	1,98	2,43
29	2,20	-	2,22	2,20	1,83	2,00	1,88	1,61	1,99	2,07	2,27	2,31
30	2,01	-	2,24	2,36	1,62	1,91	1,89	1,96	2,11	1,90	2,27	2,20
31	1,80	-	1,93	-	1,97	-	1,70	1,93	-	2,09	-	2,32
Media	2,25	2,04	2,24	2,04	1,99	1,86	1,83	1,86	1,88	1,95	2,16	2,25

CONTROLE DE VAZÃO DA CALHA PARSHAL - m ³ /s																											
Agosto-2010																											
ETE ARRUDAS																											
HORÁRIO																							RESUMO				
DIA	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	Máx.	Min.	Média
1	1,49	1,30	1,09	0,95	0,84	0,71	0,66	0,65	0,87	1,19	1,52	1,85	2,14	2,19	2,22	2,09	1,98	2,01	2,01	1,94	1,89	1,76	1,72	1,66	2,22	0,65	1,53
2	1,50	1,28	1,04	0,89	0,75	0,67	0,64	0,90	1,47	2,27	2,30	2,78	3,20	3,58	3,18	3,52	3,32	-	2,68	2,30	1,86	2,09	1,97	1,90	3,58	0,64	2,00
3	1,54	1,39	1,10	0,90	0,75	0,77	0,65	0,71	1,29	2,08	2,41	2,77	3,15	3,17	3,08	3,14	2,62	2,71	2,25	2,26	2,01	2,00	1,87	1,91	3,17	0,65	1,94
4	1,66	1,44	1,11	0,90	0,78	0,67	0,63	0,76	1,36	2,06	2,54	-	-	-	2,82	3,12	2,84	2,41	2,34	2,19	2,15	1,94	1,83	1,80	3,12	0,63	1,78
5	1,66	1,40	1,09	0,90	0,76	0,65	0,61	0,84	1,35	2,07	2,47	2,97	3,23	2,97	3,16	3,20	3,02	2,73	2,70	2,07	2,24	1,96	1,85	1,94	3,23	0,61	1,99
6	1,65	1,41	1,15	0,93	0,80	0,68	0,64	0,75	1,41	2,07	2,48	2,89	2,94	2,99	3,20	2,91	2,94	2,53	2,20	2,40	2,16	2,06	2,07	1,74	3,20	0,64	1,96
7	1,41	1,48	1,20	1,02	0,80	0,77	0,69	0,69	0,95	1,49	2,07	2,57	2,56	2,62	2,69	2,60	2,25	2,38	2,20	2,20	2,14	2,03	1,79	1,68	2,69	0,69	1,76
8	1,65	1,33	1,12	0,98	0,86	0,72	0,67	0,70	0,85	1,18	1,53	1,96	2,30	2,48	2,24	2,23	2,32	1,93	2,13	1,82	1,84	1,80	1,77	1,70	2,48	0,67	1,59
9	1,56	1,32	1,06	0,86	0,72	0,65	0,63	0,73	1,17	1,34	3,01	3,20	3,43	3,29	3,54	3,48	3,01	2,62	2,47	2,41	2,08	2,06	2,12	1,88	3,54	0,63	2,03
10	1,80	1,53	1,18	0,98	0,83	0,72	0,65	0,89	1,41	2,06	2,46	2,69	3,01	2,87	3,02	3,04	3,00	2,53	2,43	2,47	2,02	2,14	2,15	1,96	3,04	0,65	1,99
11	1,72	1,46	1,15	0,98	0,85	0,69	0,68	0,76	1,29	2,12	2,33	2,79	2,59	2,84	3,11	3,08	2,61	2,40	2,13	2,32	2,30	2,40	1,89	1,86	3,11	0,68	1,93
12	1,66	1,40	1,14	0,93	0,77	0,67	0,62	0,73	1,34	1,94	2,11	2,72	2,87	2,79	3,14	2,81	2,57	2,50	2,51	2,25	1,96	2,16	1,94	1,74	3,14	0,62	1,89
13	1,70	1,37	1,10	0,86	0,74	0,65	0,58	1,08	1,80	2,11	2,90	3,07	3,28	3,01	3,02	3,08	3,12	2,86	2,43	2,50	2,10	2,20	2,07	1,81	3,28	0,58	2,06
14	1,63	1,43	1,18	0,99	0,85	0,72	0,65	0,90	1,13	1,41	1,95	2,49	2,54	2,51	2,63	2,80	2,72	2,24	2,35	2,20	2,04	2,03	1,97	1,69	2,80	0,65	1,79
15	1,46	1,40	1,21	1,04	0,93	0,78	0,72	0,71	0,80	1,08	1,40	1,88	2,12	2,37	2,32	2,30	2,00	1,83	1,80	1,81	1,72	1,83	1,75	1,64	2,37	0,71	1,54
16	1,20	1,19	1,02	0,81	0,71	0,62	0,58	0,65	1,13	1,74	2,26	2,76	2,79	3,26	3,18	3,32	3,07	2,78	2,30	2,26	2,17	1,91	1,79	1,75	3,32	0,58	1,89
17	1,59	1,31	1,00	0,79	0,72	0,63	0,60	0,66	1,51	1,81	2,21	2,41	2,91	2,77	2,80	3,03	2,85	2,25	1,99	2,06	1,87	2,03	1,82	1,78	3,03	0,60	1,81
18	1,54	1,36	1,01	0,83	0,71	0,62	0,59	0,80	1,27	1,82	2,51	2,63	2,55	2,63	2,92	2,72	2,89	2,59	2,19	2,08	2,03	1,83	1,77	1,67	2,92	0,59	1,82
19	1,49	1,27	1,00	0,89	0,67	0,57	0,54	0,69	1,22	1,84	2,38	2,57	2,95	2,99	2,80	2,89	2,72	2,69	2,21	2,24	1,98	2,04	1,82	1,77	2,99	0,54	1,84
20	1,56	1,37	1,08	0,82	0,73	0,62	0,59	0,68	1,22	1,89	2,51	2,88	3,05	3,28	3,23	3,37	3,16	2,57	2,30	2,48	2,54	2,09	2,02	1,85	3,37	0,59	2,00
21	1,49	1,37	1,16	0,99	0,85	0,71	-	-	-	1,42	1,96	2,41	2,46	2,62	2,52	2,70	2,34	2,05	2,10	1,99	2,05	1,88	1,89	1,67	2,70	0,71	1,84
22	1,43	1,34	1,13	0,94	0,87	0,72	0,64	-	-	-	-	-	-	-	2,43	2,32	1,98	1,89	2,07	1,87	1,87	1,97	1,72	1,58	2,43	0,64	1,58
23	1,35	1,20	0,94	0,83	0,74	0,61	0,61	0,69	1,23	1,87	2,51	2,68	3,09	3,45	3,34	3,26	2,91	2,54	2,45	2,35	2,15	1,95	2,09	1,84	3,45	0,61	1,95
24	1,61	1,42	1,14	0,92	0,79	0,66	0,62	0,75	1,31	2,26	2,47	2,68	3,06	3,18	3,21	3,15	2,82	2,64	2,21	2,25	2,17	2,12	1,93	1,92	3,21	0,62	1,97
25	1,69	1,47	1,17	0,89	0,77	0,66	0,61	1,13	1,56	2,10	2,40	2,74	3,01	3,13	2,80	3,08	2,43	2,47	2,16	2,13	2,27	1,97	2,02	1,89	3,13	0,61	1,94
26	1,77	1,44	1,15	0,90	0,79	0,67	0,62	0,73	1,41	2,18	2,34	2,98	2,80	3,12	3,20	2,96	2,87	2,55	2,37	2,39	2,30	2,15	1,74	1,86	3,20	0,62	1,97
27	1,63	1,50	1,16	0,94	0,80	0,65	0,64	0,86	1,30	2,11	2,80	2,89	3,11	2,98	3,10	3,39	3,03	2,54	2,67	2,40	2,26	2,06	2,02	1,86	3,39	0,64	2,03
28	1,68	1,46	1,24	1,03	0,89	0,76	0,69	0,71	0,99	1,50	2,28	2,38	2,50	2,62	2,49	2,85	2,50	2,47	2,33	2,26	1,96	2,06	1,88	1,69	2,85	0,69	1,80
29	1,51	1,42	1,39	1,25	0,89	0,75	0,70	0,71	0,81	1,15	1,55	2,10	2,26	2,22	2,43	2,24	2,31	1,97	1,82	1,92	1,83	1,89	1,78	1,65	2,43	0,70	1,61
30	1,50	1,29	1,04	0,96	0,72	0,65	0,61	1,18	1,28	1,97	2,39	2,66	3,09	3,35	3,04	3,36	2,75	2,79	2,45	2,10	2,28	1,94	1,94	1,74	3,36	0,61	1,96
31	1,71	1,47	1,12	0,92	0,78	0,68	0,61	0,74	1,40	2,09	2,29	2,88	3,12	3,17	2,44	2,90	2,66	2,66	2,42	2,37	2,11	1,94	1,90	1,82	3,17	0,61	1,93
Máx	1,80	1,53	1,39	1,25	0,93	0,78	0,72	1,18	1,80	2,27	3,01	3,20	3,43	3,58	3,54	3,52	3,32	2,86	2,70	2,50	2,54	2,40	2,15	1,96	3,58	0,71	2,06
Mín	1,20	1,19	0,94	0,79	0,67	0,57	0,54	0,65	0,80	1,08	1,40	1,85	2,12	2,19	2,22	2,09	1,98	1,83	1,80	1,81	1,72	1,76	1,72	1,58	2,22	0,54	1,53
Média	1,58	1,38	1,12	0,93	0,79	0,68	0,63	0,79	1,25	1,81	2,28	2,63	2,83	2,91	2,88	2,93	2,70	2,44	2,28	2,20	2,08	2,01	1,90	1,78	3,03	0,63	1,86

CONTROLE DE VAZÃO DA CALHA PARSHAL - m ³ /s																											
Novembro-2010																											
ETE ARRUDAS																											
HORÁRIO																							RESUMO				
DIA	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	Máx.	Min.	Média
1	1,64	1,59	1,31	1,11	0,95	0,88	0,75	1,10	1,85	1,94	3,33	3,80	3,66	3,37	3,42	3,25	2,88	2,82	2,71	2,27	2,19	2,27	1,86	-	3,80	0,75	2,22
2	2,24	2,43	3,37	1,75	2,00	1,74	2,46	1,67	1,57	1,57	1,77	2,28	2,59	2,65	2,41	2,48	2,52	2,00	2,16	2,11	2,08	1,96	1,95	1,80	3,37	1,57	2,15
3	1,68	1,53	1,23	1,06	0,92	0,85	0,93	0,92	1,47	2,07	2,41	3,06	2,95	3,48	3,25	3,44	3,19	2,76	2,22	2,23	2,24	2,20	2,12	2,00	3,48	0,85	2,09
4	2,05	1,60	1,38	1,10	0,95	0,80	0,78	0,90	1,45	2,10	2,49	2,77	3,32	3,30	2,98	3,33	3,21	3,02	2,80	2,48	2,07	2,11	2,10	2,18	3,33	0,78	2,14
5	1,94	1,82	1,40	1,12	0,98	0,85	0,78	0,90	1,64	2,30	2,64	3,41	3,04	3,05	2,12	3,36	3,58	1,91	3,20	3,32	3,34	2,46	2,44	2,15	3,58	0,78	2,24
6	2,08	3,31	2,53	2,22	2,76	3,22	2,55	2,03	1,90	2,06	2,40	3,36	3,51	3,38	2,50	2,44	2,93	3,28	2,13	1,89	2,20	2,70	2,27	2,24	3,51	1,89	2,58
7	2,46	2,40	2,39	2,12	1,92	2,10	1,50	1,15	1,20	1,41	1,77	2,13	2,45	2,44	2,42	2,78	2,15	2,24	2,08	1,88	1,90	1,90	1,80	1,80	2,78	1,15	2,02
8	1,89	1,63	1,48	1,21	1,03	0,80	0,78	0,75	1,55	1,72	2,21	3,09	3,40	3,70	3,58	3,44	3,22	3,06	2,91	2,87	2,38	2,16	2,60	2,09	3,70	0,75	2,23
9	1,99	1,83	1,44	1,19	1,05	0,95	0,86	0,88	1,00	2,22	2,73	2,87	3,38	3,51	2,53	2,70	1,76	3,20	2,77	2,75	2,64	2,41	2,09	2,04	3,51	0,86	2,12
10	2,08	1,74	1,42	1,25	1,10	0,97	0,91	0,98	1,50	2,22	2,40	3,09	2,91	2,93	3,14	3,30	2,69	2,70	2,30	2,46	2,45	2,59	2,13	2,15	3,30	0,91	2,14
11	1,89	1,88	1,76	1,20	1,07	0,90	0,87	0,97	1,64	2,17	2,36	2,91	2,75	3,26	2,78	2,67	3,64	2,97	2,51	2,88	2,48	2,07	2,11	2,05	3,64	0,87	2,16
12	1,76	1,56	1,28	1,20	0,93	0,92	0,75	0,86	1,40	1,98	2,28	2,51	2,73	3,08	3,06	3,05	2,77	2,70	2,50	2,44	2,19	1,90	2,14	2,02	3,08	0,75	2,00
13	1,79	1,51	1,31	1,12	0,94	0,84	0,75	0,76	0,98	1,49	1,94	2,28	2,54	2,29	2,55	2,15	2,17	2,15	2,60	2,20	2,00	1,91	1,73	1,61	2,55	0,75	1,70
14	1,51	1,05	1,13	0,99	0,88	0,74	0,67	0,80	0,89	1,12	1,38	1,72	1,85	2,17	2,01	2,02	1,52	2,00	1,80	1,70	1,94	1,98	1,85	1,58	2,17	0,67	1,47
15	1,43	1,34	1,15	0,97	0,91	0,83	1,20	1,21	1,25	1,36	1,73	2,12	2,44	2,37	2,69	2,12	2,33	1,89	2,00	2,10	2,16	2,24	2,28	1,99	2,69	0,83	1,75
16	1,66	1,48	1,20	1,05	0,94	0,84	0,77	0,90	1,40	2,02	2,77	3,03	2,84	3,08	3,07	3,16	3,13	2,88	2,28	2,42	3,52	2,49	2,89	2,90	3,52	0,77	2,20
17	3,50	2,19	1,82	1,54	1,27	1,14	1,04	1,12	1,58	2,25	2,73	3,00	3,30	-	3,03	3,28	2,88	2,61	2,68	2,53	2,23	2,46	2,31	2,03	3,50	1,04	2,28
18	1,88	1,72	1,35	1,15	1,02	0,89	0,84	0,93	1,47	2,19	2,68	2,88	3,20	3,53	2,89	3,29	3,20	2,85	2,32	2,23	2,43	2,48	1,98	2,10	3,53	0,84	2,15
19	1,94	1,76	1,41	1,12	0,92	0,88	0,82	0,92	1,44	2,35	2,65	3,15	3,50	3,67	3,68	3,57	3,25	2,66	2,94	2,61	2,13	2,47	2,02	1,88	3,68	0,82	2,24
20	2,04	1,62	1,49	1,20	1,09	0,94	0,85	0,87	1,12	1,80	2,15	2,48	3,07	3,03	3,13	2,78	2,32	2,71	2,60	2,52	2,36	2,28	2,06	2,08	3,13	0,85	2,02
21	1,82	1,59	1,43	1,23	1,09	0,95	0,88	0,88	1,00	1,23	1,57	2,26	2,24	2,30	2,31	2,58	2,26	1,93	2,16	1,97	2,07	2,03	1,80	1,82	2,58	0,88	1,73
22	2,01	2,06	2,65	2,58	1,61	1,54	1,47	1,33	1,88	2,46	2,55	2,82	3,12	3,19	3,52	3,24	2,98	2,78	2,68	2,19	2,32	2,87	2,45	2,43	3,52	1,33	2,45
23	2,06	1,87	2,38	2,32	2,40	3,98	2,73	2,14	2,31	2,61	2,97	2,72	3,08	2,79	2,77	2,98	3,69	3,20	3,02	2,97	2,76	2,71	2,47	2,41	3,98	1,87	2,72
24	2,40	1,93	1,56	1,39	1,25	1,16	1,23	1,38	2,09	2,45	2,97	3,30	3,60	3,55	3,67	3,46	2,95	3,06	2,87	2,59	2,51	2,57	2,35	2,37	3,67	1,16	2,44
25	2,27	1,95	1,55	1,35	1,15	1,03	1,00	1,08	1,74	2,39	2,76	3,31	3,68	4,06	3,75	3,71	3,75	3,10	2,54	2,68	2,51	2,25	2,40	2,07	4,06	1,00	2,42
26	1,94	1,87	1,49	1,28	1,14	1,02	0,98	1,10	2,07	2,70	2,66	3,68	2,61	3,03	3,18	3,04	2,75	2,68	3,35	3,03	2,98	2,83	2,84	2,77	3,68	0,98	2,38
27	2,49	2,10	1,81	1,58	1,41	1,23	1,22	1,23	1,48	1,83	2,14	2,52	2,74	3,11	2,97	2,73	2,90	2,46	2,68	2,59	2,43	2,41	2,24	2,10	3,11	1,22	2,18
28	2,05	1,98	1,66	1,44	1,26	1,27	1,29	1,15	1,19	1,49	1,85	2,30	2,34	2,47	2,84	2,87	2,62	2,26	2,36	2,19	2,08	2,04	2,23	2,18	2,87	1,15	1,98
29	1,85	1,71	1,51	1,26	1,09	0,98	0,96	1,05	1,77	2,28	2,87	3,05	3,68	3,87	3,81	2,84	3,02	3,01	2,67	2,40	2,19	2,12	2,24	2,26	3,87	0,96	2,27
30	2,07	1,87	1,50	1,22	1,06	0,94	0,90	1,05	1,74	2,74	2,85	3,32	3,34	3,12	3,10	3,26	3,21	2,87	2,42	2,82	2,24	2,50	2,16	2,17	3,34	0,90	2,27
Máx.	3,50	3,31	3,37	2,58	2,76	3,98	2,73	2,14	2,31	2,74	3,33	3,80	3,68	4,06	3,81	3,71	3,75	3,28	3,35	3,32	3,52	2,87	2,89	2,90	4,06	0,67	2,72
Mín	1,43	1,05	1,13	0,97	0,88	0,74	0,67	0,75	0,89	1,12	1,38	1,72	1,85	2,17	2,01	2,02	1,52	1,89	1,80	1,70	1,90	1,90	1,73	1,58	2,17	0,67	1,47
Média	2,01	1,83	1,65	1,38	1,24	1,21	1,12	1,10	1,52	2,02	2,40	2,84	3,00	3,10	2,97	2,98	2,85	2,66	2,54	2,44	2,37	2,31	2,20	2,11	3,35	1,00	2,16