



UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA
LEILA DE ANDRADE
TATIANE APARECIDA DE ABREU

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE TUBOS DE CONCRETO E TUBOS PEAD
PARA DRENAGEM PLUVIAL**

Palhoça
2017

**LEILA DE ANDRADE
TATIANE APARECIDA DE ABREU**

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE TUBOS DE CONCRETO E TUBOS PEAD
PARA DRENAGEM PLUVIAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade do Sul de Santa Catarina como requisito parcial à obtenção do título de Engenheira Civil.

Orientador: Prof. Carlos Roberto Bavaresco, MSc.

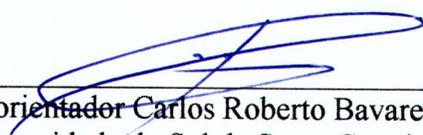
Palhoça
2017

**LEILA DE ANDRADE
TATIANE APARECIDA DE ABREU**

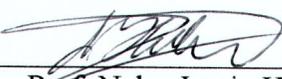
**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE TUBOS DE CONCRETO E TUBOS PEAD
PARA DRENAGEM PLUVIAL**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado à obtenção do Título de Engenharia Civil e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Civil da Universidade do Sul de Santa Catarina.

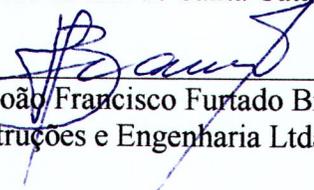
Palhoça, 28 de junho de 2017.



Professor e orientador Carlos Roberto Bavaresco, MSc.
Universidade do Sul de Santa Catarina



Prof. Nelso Lucio Huber, MSc.
Universidade do Sul de Santa Catarina



Eng. Civil João Francisco Furtado Branco
Satélite Construções e Engenharia Ltda. EPP.

Dedicamos esta conquista a Deus, por ter nos dado força para superar as dificuldades e nos permitir chegar até aqui.

AGRADECIMENTOS

Nossos agradecimentos são primeiramente a Deus, alicerce das nossas vidas.

Aos nossos familiares, por todo carinho e compreensão, nos apoiando nos momentos de dificuldades e focando nos objetivos junto conosco. Todos são peças fundamentais e fazem parte dessa conquista.

Ao nosso orientador, professor Carlos Roberto Bavaresco, por ter aceitado nossa proposta de tema, por sua dedicação, confiança e paciência para nos orientar e prestar seus esclarecimentos que foram fundamentais para o desenvolvimento deste Trabalho.

Aos professores, pelo compartilhamento de seus valiosos conhecimentos durante todos estes anos de curso.

A empresa Jota's Empreendimentos Imobiliários e a Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (CASAN) pelas contribuições pertinentes ao tema deste Trabalho.

Enfim, a todos aqueles que de alguma forma participaram da nossa formação.

Fica o nosso Muito Obrigada.

RESUMO

Com o crescimento das cidades, surgem impactos significativos na população e no meio ambiente, tornando-se extremamente necessário o desenvolvimento das infraestruturas urbanas. Uma das atividades essenciais que fazem parte do saneamento básico de um município é a drenagem pluvial urbana. Este trabalho de conclusão de curso apresenta uma tecnologia de tubos para drenagem pluvial ingressante no mercado brasileiro, os tubos flexíveis de polietileno de alta densidade (PEAD), comparando-a com a tecnologia convencional de tubos rígidos de concreto, diante de aspectos técnicos e econômicos. A metodologia baseia-se em pesquisas bibliográficas que envolvem a evolução da drenagem urbana, os elementos constituintes de um adequado sistema de drenagem, apresentando também as características dos tubos de concreto e as características da tecnologia dos tubos PEAD. Posteriormente, é apresentado um estudo de caso, fazendo-se um comparativo dos custos de execução de uma obra de drenagem de águas pluviais utilizando-se os dois sistemas e apresentando as vantagens e desvantagens da utilização de cada um.

Palavras-chave: Drenagem pluvial. Tubos. Concreto. PEAD. Custos.

ABSTRACT

With the growth of cities, there are significant impacts on the population and the environment, making the development of urban infrastructures extremely necessary. One of the essential activities that are part of the basic sanitation of a municipality is urban stormwater drainage. This work of course completion presents a technology of pipes for stormwater drainage entering the Brazilian market, high density polyethylene hoses (HDPE), comparing it with the conventional technology of rigid concrete pipes, in the technical aspects and And economic development. The methodology is based on bibliographical research that involves the evolution of urban drainage, the constituent elements of an adequate drainage system, also presenting the characteristics of the concrete pipes and the characteristics of the technology of the HDPE pipes. Subsequently, a case study is presented comparing the cost of executing a rainwater drainage project using the two systems and presenting the advantages and disadvantages of using each one.

Keywords: Rainwater drainage. Tubes. Concrete. HDPE. Costs.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Sarjeta	19
Figura 2 - Sarjetão	19
Figura 3 - Boca de lobo ou boca coletora.....	20
Figura 4 – Galeria pluvial.....	21
Figura 5 - Poço de visita.....	22
Figura 6 - Caixa de ligação.....	22
Figura 7 - Escadaria hidráulica com colchão de água	23
Figura 8 - Sarjeta triangular.....	28
Figura 9 - Semi-corte de tubos encaixe ponta e bolsa e macho fêmea.....	30
Figura 10 - Abertura de vala.....	35
Figura 11 - Assentamento de tubos de concreto junta rígida	37
Figura 12 - Tubos junta rígida com manta geotêxtil	38
Figura 13 – Compactação de reaterro de vala com equipamento mecânico	39
Figura 14 - Detalhes de uma vala de drenagem.....	39
Figura 15 – Tubo PEAD.....	41
Figura 16 - Armazenagem tubo PEAD	43
Figura 17 - Instalação tubos PEAD	44
Figura 18 - Método de instalação alavanca e barra de ferro.....	44
Figura 19 - Método de instalação com escavadeira.....	44
Figura 20 - Método de instalação com escavadeira e cinta	45
Figura 21 - Junta de tubulação em PEAD	45
Figura 22 - Seção da vala para tubos PEAD	46
Figura 23 - Loteamento Lisboa III - Primeira etapa.....	48
Figura 24 - Vazão Q (Equivalência de diâmetro).....	52
Figura 25 - Velocidade do fluido (Equivalência de diâmetro).....	52

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Coeficiente C de acordo com a natureza da bacia.....	25
Quadro 2 - Valores de α no fator de probabilidade	26
Quadro 3 - Valores de β no fator de probabilidade	26
Quadro 4 - Período de retorno para diferentes ocupações da área	27
Quadro 5 - Fator de redução da capacidade de escoamento das sarjetas	29
Quadro 6 - Dimensões dos tubos de concreto para águas pluviais.....	31
Quadro 7 - Classe de resistência e diâmetros para tubos simples, não armados	32
Quadro 8 - Classes de resistência e diâmetros para tubos armados.....	32
Quadro 9 - Largura da vala para obras de drenagem pluvial	36
Quadro 10 - Recobrimento mínimo para tubos de concreto.....	39
Quadro 11 - Tabela de Especificação Técnica da Tubulação Tigre-ADS DrenPro e Ponta e Bolsa, Aplicação Drenagem Pluvial.....	41
Quadro 12 - Larguras mínimas da vala recomendadas para maioria das instalações padrão...	46
Quadro 13 - Vantagens da linha DREPRO TIGRE-ADS	47
Quadro 14 – Dimensionamento rede de drenagem com tubo de concreto.....	50
Quadro 15 - Dimensionamento da rede de drenagem com tubo PEAD.....	53
Quadro 16 - Resumo volume escavação.....	55
Quadro 17 - Comprimento da rede	56
Quadro 18 - Resumo volume lastro de brita.....	56
Quadro 19 - Resumo volume de bota-fora	57
Quadro 20 - Resumo volume de reaterro.....	57
Quadro 21 - Custos tubos de concreto.....	58
Quadro 22 - Custos tubos PEAD.....	59
Quadro 23 - Resumo comparativo de custos	59

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AASHTO – Association of State Highway and Transportation Officials

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABTC – Associação Brasileira dos Fabricantes de Tubos de Concreto

ASTM – American Society for Testing and Materials

CASAN – Companhia Catarinense de Água e Saneamento

cm – Centímetros

cm/s – Centímetros por segundos

l/s – Litro por segundo

km² – Quilômetros quadrados

m – Metros

m³/s – Metros cúbicos por segundo

mm – Milímetro

mm/h – Milímetros por hora

NBR – Norma Brasileira Regulamentadora

PEAD – Polietileno de Alta Densidade

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	12
1.2 OBJETIVOS	13
1.2.1 Objetivo geral	13
1.2.2 Objetivos específicos	13
1.3 JUSTIFICATIVA	13
1.4 METODOLOGIA DE PESQUISA.....	14
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1 DRENAGEM – CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA.....	15
2.2 DRENAGEM URBANA	16
2.2.1 Sistemas de Drenagem	17
2.2.2 Elementos constituintes de um adequado sistema de drenagem urbana	18
2.2.3 Projeto de drenagem pluvial	23
2.2.3.1 Estimativa de Vazões de Projetos.....	24
2.2.3.2 Coeficiente de Escoamento Superficial (Runoff).....	24
2.2.3.3 Intensidade de precipitação	25
2.2.3.4 Capacidade Admissível das Sarjetas	27
2.3 TUBOS PARA DRENAGEM PLUVIAL	29
2.3.1 Tubo de Concreto	30
2.3.1.1 Produção dos tubos de concreto	33
2.3.1.2 Execução de obras de drenagem de águas pluviais com tubos de concreto	34
2.3.1.2.1 Escavação da vala	35
2.3.1.2.2 Preparo do fundo da vala	37
2.3.1.2.3 Escoramento	37
2.3.1.2.4 Assentamento dos tubos	37
2.3.1.2.5 Reaterro da vala	38
2.3.2 Tubo de PEAD	40
2.3.2.1 Produção dos tubos PEAD	42
2.3.2.2 Armazenagem dos tubos PEAD	42
2.3.2.3 Instalação dos tubos PEAD	43
2.3.2.4 Quadro Comparativo tubos PEAD Tigre-ADS e outras tecnologias	46

3 ESTUDO DE CASO – COMPARATIVO DE CUSTO ENTRE TUBOS DE CONCRETO E TUBOS PEAD PARA DRENAGEM PLUVIAL	48
3.1 DIMENSIONAMENTO DA REDE COM TUBO DE CONCRETO.....	49
3.2 DIMENSIONAMENTO DA REDE COM TUBO PEAD	52
3.3 MONTAGEM DO QUADRO COMPARATIVO DE CUSTOS.....	55
3.3.1 Cálculo das quantidades dos serviços.....	55
3.3.1.1 Escavação	55
3.3.1.2 Assentamento	56
3.3.1.3 Lastro de brita.....	56
3.3.1.4 Bota-Fora.....	57
3.3.1.5 Reaterro das Valas.....	57
3.3.2 Preços dos materiais e serviços	58
3.3.3 Quadro Comparativo de Custos	58
3.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS	59
3.4.1 Custo.....	59
3.4.2 Equipamento	60
3.4.3 Número de juntas	60
3.4.4 Velocidade da obra.....	60
3.4.5 Manutenção.....	61
3.4.6 Normalização	61
4 SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS	62
5 CONCLUSÃO.....	63
REFERÊNCIAS	64
APÊNDICES	67
APÊNDICE A - Quantidades de serviços para concreto	68
APÊNDICE B – Quantidades de serviços para PEAD	70

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

De um modo geral, nas cidades brasileiras, a infraestrutura pública em relação a drenagem, apresenta-se como insuficiente.

Segundo Braga (1994, apud CANHOLI, 2005, p. 23):

A maioria dos países em desenvolvimento, incluindo o Brasil, experimentou nas últimas décadas uma expansão urbana com precária infraestrutura de drenagem, advindo os problemas de inundação principalmente da rápida expansão da população urbana, do baixo nível de conscientização do problema, da inexistência de planos de longo prazo, da utilização precária de medidas não estruturais e da manutenção inadequada dos sistemas de controles de cheias.

O sistema de drenagem é um elemento fundamental no processo de urbanização, entretanto, por vezes é comprovada a sua ineficiência imediatamente após as precipitações significativas, trazendo transtornos à população. A drenagem urbana está ligada diretamente a questões sanitárias, visando principalmente desobstruir cursos d'água, canalizar e drenar as precipitações, evitando as enchentes, a propagação de doenças e evitando danos materiais às famílias locais.

Um dos principais elementos de um sistema de drenagem são as canalizações utilizadas para se fazer a coleta e transporte das águas coletadas. É importante que se utilize canalizações adequadas, dentro das normas, que ajudem a tornar o sistema mais eficiente.

Hoje, no Brasil, para a execução das redes de drenagem pluvial são utilizados com mais frequência os tubos de concreto, por serem de fácil obtenção, possuírem variados diâmetros, durabilidade, resistência mecânica e preço acessível. Porém, há alguns anos, várias técnicas inovadoras têm sido utilizadas e os tubos de polietileno de alta densidade (PEAD) vêm sendo apresentados como uma opção em substituição aos tubos de concreto. Assim, o foco deste trabalho é fazer uma análise comparativa entre estes dois tipos de tubos (tubo rígido de concreto e tubo flexível PEAD).

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Apresentar um estudo bibliográfico sobre drenagem urbana, fazendo um comparativo entre a utilização de tubos de concreto e tubos PEAD para redes de drenagem pluvial.

1.2.2 Objetivos específicos

- Apresentar a evolução da drenagem pluvial;
- Descrever os sistemas de drenagem pluvial;
- Apresentar os elementos constituintes de um adequado sistema de drenagem pluvial;
- Apresentar os critérios para dimensionamento de um sistema de drenagem pluvial;
- Apresentar as características dos tubos de Concreto;
- Apresentar as características dos tubos de PEAD;
- Comparar os custos para execução de uma rede de drenagem pluvial utilizando tubos de concreto e tubos PEAD; e
- Apresentar as vantagens e as desvantagens da utilização de tubos de concreto e tubos PEAD.

1.3 JUSTIFICATIVA

A construção civil está em constante processo de mudança. A cada dia novas tecnologias e novos materiais surgem para solucionar com mais eficiência as questões que se apresentam nos canteiros de obra, buscando melhores condições de trabalho, materiais mais seguros, mais resistentes, mais duráveis, dentre outras propriedades.

No intuito de analisar uma tecnologia relativamente recente, este trabalho apresenta uma alternativa de tubos para serem utilizados em redes de drenagem pluvial, conhecidos como tubos de polietileno de alta densidade (PEAD), buscando verificar a viabilidade para substituição dos tubos de concreto já utilizados a tantos anos no Brasil, por esta nova tecnologia.

O tubo de concreto é utilizado há muitos anos, tendo uma tradição e confiança no seu uso para o escoamento de águas pluviais. É de fácil obtenção, visto que o mercado tem grande disponibilidade e seu preço é acessível, mostrando-se assim mais vantajoso aos olhos da maioria dos construtores e engenheiros.

O tubo de PEAD vem sendo apresentado como uma nova técnica para facilitar o processo de execução de obras de escoamento de águas e por consequência diminuir prazos e custos.

Hoje, na construção civil e obras de infraestrutura, é crescente a substituição de tubulações de aço e concreto por polietileno, por conta de suas boas propriedades mecânicas e químicas, além de serem fáceis de manuseio e instalação, mais leves e flexíveis que os tubos comuns de concreto e possuem longa vida útil. (CORSINI, 2011).

Atualmente, as informações sobre os tubos de PEAD são muito limitadas. Há poucos trabalhos sobre o assunto e as principais características são informadas nos manuais dos fabricantes, ao contrário dos tubos de concreto, que encontram-se informações facilmente nas literaturas.

1.4 METODOLOGIA DE PESQUISA

A metodologia aplicada para a realização deste trabalho de conclusão de curso se fez por levantamento bibliográfico e um estudo de caso.

O levantamento bibliográfico foi realizado através de diversas pesquisas em materiais como livros, artigos, revistas, manuais de fabricantes, teses, dissertações e também em sites. O estudo de caso foi realizado através de materiais e informações fornecidos pela empresa Jota's Empreendimentos Imobiliários, pela CASAN e por empresas fabricantes de tubos de concreto e tubos PEAD. Também foram realizadas algumas visitas na obra em estudo.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

1. Introdução;
2. Revisão bibliográfica;
3. Estudo de caso;
4. Sugestões para pesquisas futuras; e
5. Conclusão.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 DRENAGEM – CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA

No início, a drenagem era basicamente um complemento da irrigação, mas depois evoluiu para uma técnica com objetivos bem definidos, como recuperar grandes extensões de terrenos inundados, regular a umidade do solo em pequenas áreas de cultivo agrícola e desviar as águas do subsolo em terrenos destinados à construção. (FERNANDES, 2002).

Pode-se dizer que a arte da drenagem de águas superficiais e subterrâneas é tão antiga quanto à origem das civilizações. Segundo Poletto (2011), sistemas de drenagem de águas pluviais são encontrados em cidades ou ruínas de cidades muito antigas. Redes de drenagem implantadas pelos romanos podem ser observadas ainda hoje, com pequenos trechos ainda em funcionamento.

Segundo Silveira (2002 apud POLETO, 2011), devido às verificações ocorridas na Itália antes do século XIX, sobre a contribuição das áreas alagadiças para a morte de pessoas e animais, surgiu a preocupação pela eliminação destas áreas, iniciando-se o aterro de fossas receptoras de esgotos cloacais e a substituição destes por canalizações subterrâneas. Este processo foi adotado em inúmeras cidades europeias como preservação da saúde pública.

Nessa perspectiva, Poletto (2011) destaca que a drenagem pluvial como ação pública não evoluiu em decorrência da modernização de práticas de engenharia em busca do conforto, mas sim de uma recomendação de profilaxia médica. Coube aos engenheiros e urbanistas a tarefa de materializá-la em obras e integrá-la ao espaço urbano, mas, infelizmente, isso só teve um impulso maior com a ocorrência de epidemias de cólera em grandes cidades do mundo no século XIX, destacando-se, na Europa, as epidemias dos anos 1832 e 1849.

O Brasil foi atingido pela epidemia de cólera no ano de 1855, em meio ao fluxo de pessoas proporcionado pelas constantes viagens marítimas. A gravidade da epidemia foi tão grande que o governo, então, em 1856, implantou o primeiro sistema de drenagem unitário no país, na cidade do Rio de Janeiro, sendo que a maior parte das outras cidades brasileiras também providenciou, aos poucos, seus sistemas de drenagem, principalmente após a Proclamação da República, ocorrida em 1889. (POLETO, 2011).

Fernandes (2002) relata que em 1912, com a adoção no Brasil do sistema separador absoluto, onde os sistemas de esgotos sanitários passaram a ser obrigatoriamente

projetados e construídos independentemente dos sistemas de drenagem pluvial, a drenagem tornou-se um elemento obrigatório dos projetos de urbanização.

A execução de obras de drenagem é um método eficaz para manter a salubridade de áreas urbanas ou a urbanizar, fazendo parte do Saneamento Básico e do conjunto de obras de infraestrutura necessária à garantia da integridade física e das propriedades urbanas. (FERNANDES, 2002).

2.2 DRENAGEM URBANA

O termo drenagem urbana é entendido como o conjunto de medidas que tenham por objetivo minimizar os riscos relacionados às enchentes, bem como diminuir os prejuízos causados por elas e possibilitar o desenvolvimento urbano de forma harmônica, articulada e sustentável. (TUCCI e outros, 2007).

A drenagem urbana das grandes metrópoles sempre foi abordada de maneira acessória, dentro do contexto do parcelamento do solo para usos urbanos, não sendo considerada como um fator preponderante no planejamento da expansão das cidades. (CANHOLI, 2005).

Para Fernandes (2002), os problemas de drenagem agravam-se em função da urbanização desordenada. Quando um sistema de drenagem não é considerado desde o início da formação do planejamento urbano, é bastante provável que esse sistema, ao ser projetado, revele-se, ao mesmo tempo, de alto custo e deficiente.

Righetto e outros (2009, apud TASCIA, 2012), citam que o desmatamento, a substituição da cobertura vegetal natural, a instalação de redes de drenagem artificial, a ocupação das áreas de inundação, a impermeabilização das superfícies, a redução do tempo de concentração e o aumento dos deflúvios superficiais, refletem-se diretamente sobre o processo hidrológico urbano, com alterações drásticas de funcionamento dos sistemas de drenagem.

Outro fator agravante no sistema de drenagem se dá em relação a má disposição e destinação dos resíduos sólidos, que durante as chuvas são transportados e acabam em rios, bueiros, entupindo galerias e saturando as tubulações condutoras, reduzindo assim, a eficiência da drenagem no local e até ocasionando alagamentos. (HANSMANN, 2013).

Neste sentido, Fernandes (2002), ressalta que todo plano urbanístico de expansão deve conter em seu bojo um plano de drenagem urbana, visando delimitar as áreas mais baixas potencialmente inundáveis a fim de diagnosticar a viabilidade ou não da ocupação destas áreas de ponto de vista de expansão dos serviços públicos.

Hoje no Brasil, quanto a sua extensão, não se dispõe de dados confiáveis em relação à drenagem urbana, porém, se sabe que o planejamento, a elaboração de projetos, bem como a execução de obras em macro e microdrenagem das áreas urbanas e adjacentes, têm sido seriamente comprometidas devido à falta sistemática de recursos e escassez de mão de obra qualificada em todos os níveis, para a realização de uma infraestrutura necessária a evitar a perda de bens e vidas humanas. (FERNANDES, 2002).

2.2.1 Sistemas de Drenagem

Os sistemas de drenagem urbana englobam dois subsistemas principais característicos, a microdrenagem e a macrodrenagem. Por microdrenagem pode-se entender o sistema de condutos construídos destinados a receber e conduzir as águas das chuvas, vindas das construções, lotes, ruas, praças, etc. Em uma área urbana, a microdrenagem é essencialmente definida pelo traçado das ruas. Já a macrodrenagem corresponde à rede de drenagem natural, pré-existente à urbanização, constituída por rios e córregos, localizados nos talwegues dos vales, e que pode receber obras que a modificam e complementam, tais como canalizações, barragens, diques e outras.

Fernandes (2002) define microdrenagem como sistemas iniciais de drenagem, incluindo a coleta e afastamento das águas superficiais ou subterrâneas através de pequenas e médias galerias, fazendo ainda parte do sistema todos os componentes do projeto para que tal ocorra. Já a macrodrenagem inclui, além da microdrenagem, as galerias de grande porte e os corpos receptores tais como canais e rios canalizados.

O sistema da microdrenagem, segundo Fernandes (2002), faz-se necessário para criar condições razoáveis de circulação de veículos e pedestres numa área urbana, por ocasião de ocorrência de chuvas frequentes, sendo conveniente verificar-se o comportamento do sistema para chuvas mais intensas, considerando-se os possíveis danos às propriedades e os riscos de perdas humanas por ocasião de temporais mais fortes.

No Brasil, a infraestrutura de microdrenagem é reconhecida como de competência dos governos municipais, ampliando-se esta competência em direção aos governos estaduais, na medida em que crescem de relevância as questões de macrodrenagem, cuja referência fundamental para o planejamento são as bacias hidrográficas. Isto é, deve ser de competência da Administração Municipal, ou seja, da Prefeitura, os serviços de infraestrutura urbana básica relativos à microdrenagem e serviços correlatos. (FERNANDES, 2002).

2.2.2 Elementos constituintes de um adequado sistema de drenagem urbana

Nas cidades temos um grande número de áreas que são cobertas em concreto ou asfalto, dificultando assim a infiltração da água decorrente das chuvas no solo e aumentando o volume escoado para os pontos mais baixos da cidade. A fim de evitarmos esses alagamentos, prevenindo também enchentes e deslizamentos, temos o sistema de drenagem dessas águas, que tem como objetivo principal escoar esses líquidos direcionando para grandes receptores como rios, lagos ou córregos.

O sistema de drenagem pluvial dificilmente é notado pela população, pois fica enterrado no solo, porém em períodos de chuvas tem papel fundamental para funcionamento das cidades, essa água tende sempre a seguir para os pontos mais baixos da bacia, sendo essas direcionadas para um sistema de drenagem.

Para que a água possa chegar ao seu destino final é necessário um conjunto de obras, equipamentos, estudos, cálculos, definir percursos e inclinações apropriadas para cada localidade, fazendo com que essas obras sejam mais viáveis economicamente e funcionalmente. Segundo Botelho (1985), ao se projetar uma cidade, devemos dar liberdade ao escoamento superficial, ou seja, as águas de chuva devem poder escoar sem encontrar obstáculos ao longo do percurso.

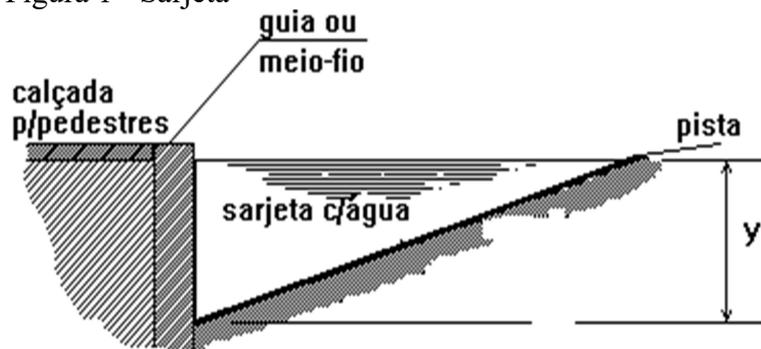
Para o bom funcionamento de um sistema de drenagem pluvial, vários fatores devem ser levados em consideração, dando início desde a captação das águas até o seu destino final. Para garantir este funcionamento, temos como elementos iniciais as guias, sarjetas, sarjetões e rasgos, todos são elementos necessários para o funcionamento da calha viária.

As guias têm como função delimitar o passeio e o pavimento da estrada. Também chamadas de meio fio, são executadas geralmente em concreto simples ou pré-moldadas e são fabricadas em várias dimensões. São colocadas entre o passeio e a via pública, com sua face superior no mesmo nível do passeio, ficando paralelamente ao eixo da via.

As sarjetas também conhecidas como valetas são canais longitudinais situados entre a guia e a estrada, tendo como objetivo captar as águas pluviais que escorrerem das vias devido a declividade transversal, conduzindo assim aos pontos de coleta. Geralmente são triangulares e devem sempre estar num nível mais baixo que o leito da estrada.

Em ruas com paralelepípedos, as sarjetas podem ser também desse mesmo material, porém deve ser aplicada argamassa de areia e cimento, tornando assim sarjeta de pedra argamassada. A figura 1 apresenta um corte esquemático de uma sarjeta triangular formada pelo meio fio e a pista.

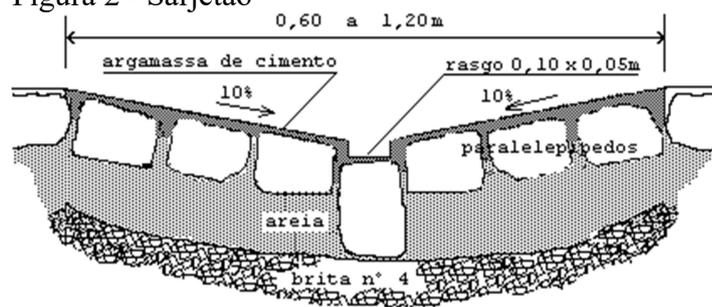
Figura 1 - Sarjeta



Fonte: Fernandes (2002).

Os sarjetões ou rasgos são implantados geralmente em vias que possuem pontos baixos, conforme mostra a figura 2; se situam próximos a outros pontos baixos, porém descontínuos. Devem ser construídos preferencialmente transversais a rua de menor fluxo.

Figura 2 - Sarjetão



Fonte: Fernandes (2002).

Outro elemento importante no sistema de drenagem pluvial é a boca de lobo, ilustrada na figura 3. Localizadas sob o passeio ou sarjeta, as bocas coletoras ou bocas de lobo são estruturas hidráulicas destinadas a interceptar as águas pluviais que escoam pelas sarjetas, sarjetões ou canalizações subterrâneas. Sendo a mais comum entre as captações, ela recebe água das sarjetas através de uma entrada horizontal, exigindo assim um rebaixamento na mesma para facilitar a descida de água e entrar na estrutura hidráulica.

As dimensões e tipos de boca de lobo são determinados de acordo com a análise do período de chuvas de maior intensidade, verificando assim a vazão estimada para definição do projeto de cálculo.

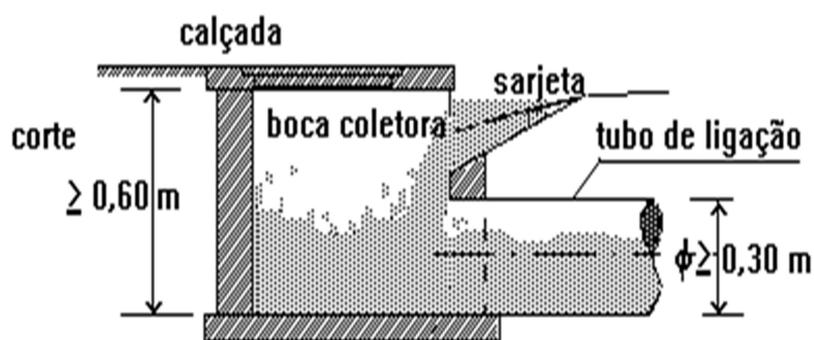
Além da boca de lobo com captação horizontal existe também a boca de leão; esta possui também captação de água na vertical por meio de uma caixa no leito da via e grelha para impedir a entrada de materiais grosseiros que não deveriam estar na rede pluvial. Devido

à essas sujeiras arrastadas pelas águas, devem-se fazer limpezas periódicas para um bom funcionamento do sistema.

Conforme Botelho (1998), a capacidade de engolimento da boca de lobo quando bem construída e limpa não supera 60 l/s, nesse ponto de vista o tubo de conexão ou ligação não precisaria ser superior a 200 mm de diâmetro. Na prática os diâmetros adotados ficam em torno de 400 mm ou até mais, prevenindo assim entupimentos e facilitando a limpeza.

As bocas de lobo podem ainda ser simples, múltiplas e equipadas com grelhas pré-moldadas de concreto ou de ferro fundido dúctil, mantendo um sistema de captação de água e escoamento.

Figura 3 - Boca de lobo ou boca coletora

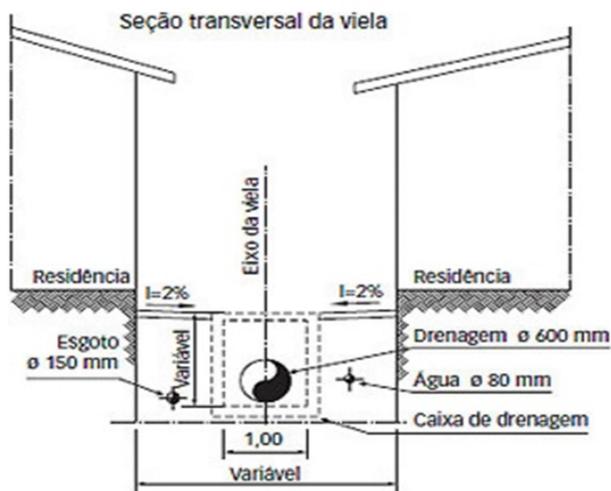


Fonte: Fernandes (2002).

As galerias são canalizações utilizadas para conduzir as águas pluviais que chegam até as bocas de lobo ou de ligações privadas, até um corpo receptor.

As galerias devem ser calculadas e projetadas a fim de suportar um volume estimado para atender a população daquela localidade, garantindo um bom funcionamento quanto à vazão de projeto, e a velocidade máxima admissível em função da rugosidade do material dos tubos empregados na rede. Como exemplo, para tubos de concreto a velocidade máxima admissível é de 5,0 m/s e a velocidade mínima 0,60 m/s. A figura 4 representa uma galeria de seção circular.

Figura 4 – Galeria pluvial



Fonte: Revista Infraestrutura Urbana (2011).

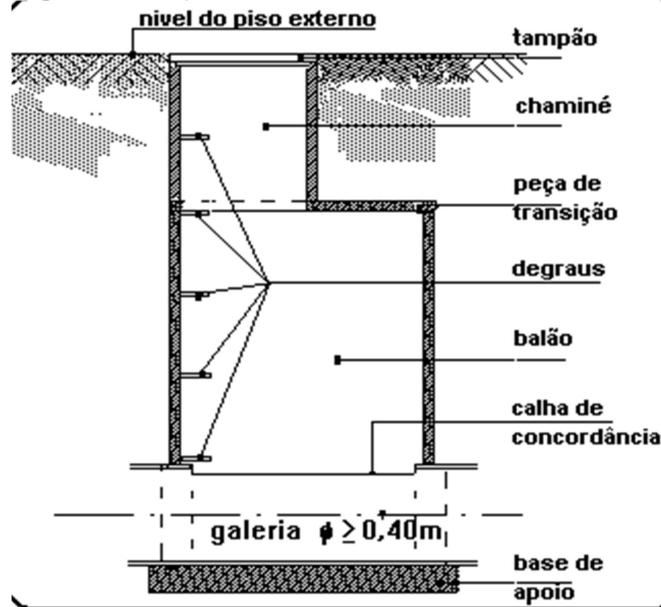
O dimensionamento das galerias se dá através da equação de Chézy, Manning e/ou outras expressões. Considerando um escoamento permanente e uniforme a seção plena, com velocidade não inferior a 76 cm/s, a principal dificuldade é a determinação das declividades e as medidas mais econômicas. A fim de evitar entupimento, as seções devem manter um diâmetro mínimo de 30 cm, mantendo uma seção sempre com o mesmo diâmetro ou aumentando, porém, nunca diminuindo, pois, os mesmos podem receber resíduos que deverão ser encaminhados até a descarga final.

A impermeabilização dos solos junto às galerias deve ser bem estudada, pois devido ao grande volume de chuvas que se concentram num determinado local, o solo tende a sofrer corrosão, e quando asfalto, rapidamente haverá a deterioração. Além da deformação do solo em volta da galeria, outro fator importante são as ligações clandestinas de esgoto, essas muitas vezes passam despercebidas da fiscalização comprometendo assim o meio ambiente.

Os condutos de ligação também conhecidos como tubulações de ligação, são responsáveis pelo transporte da água captada nas bocas coletoras até as galerias pluviais.

Os poços de visita, vide figura 5, são componentes hidráulicos localizados em pontos estratégicos destinados a fazer manutenções e limpezas nos condutos subterrâneos.

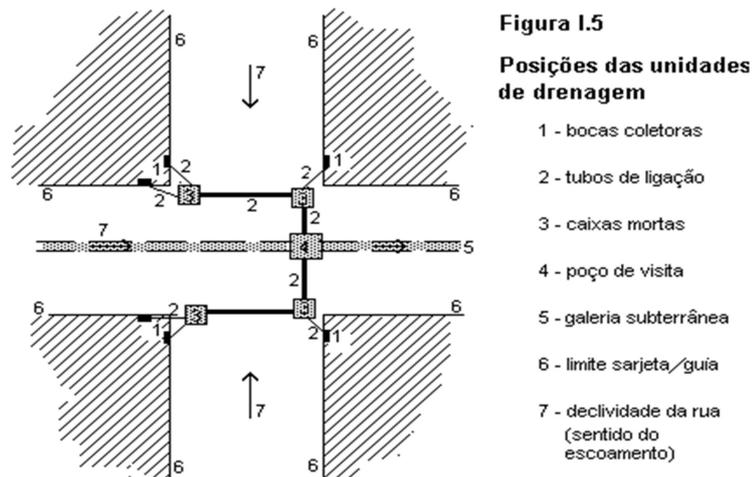
Figura 5 - Poço de visita



Fonte: Fernandes (2002).

As caixas de ligação são dispositivos hidráulicos não visitáveis que tem como objetivos unir os condutos de ligação entre si, ou estes a galeria. Na figura 6 temos uma representação das posições das caixas de ligação.

Figura 6 - Caixa de ligação

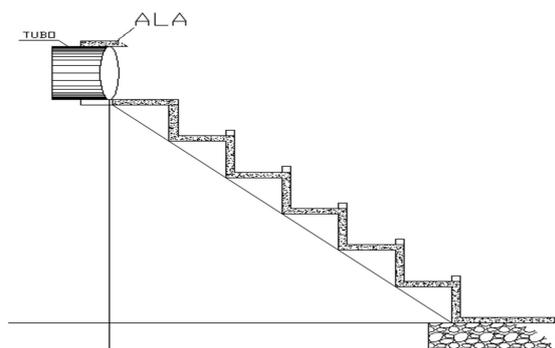


Fonte: Fernandes (2002).

As rampas e escadarias hidráulicas também tem papel importantíssimo no sistema de drenagem pluvial. Conforme BOTELHO (1998), as rampas são canais usados para conduzir águas de níveis mais altos para níveis mais baixos, porém somente em pequena extensão. As escadas hidráulicas são recomendadas para descidas descontínuas, usando ao invés de rampas os degraus.

Para uso das escadarias hidráulicas existem dois tipos básicos, com colchão de água e sem colchão de água. As escadarias hidráulicas sem colchão de água são simples e construídas de forma prática. Já as escadarias hidráulicas com colchão de água têm função de diminuir a erosão do piso dos pavimentos, a água vai caindo não sobre o piso, mas sobre um colchão de água, diminuindo a erosão e aumentando a durabilidade da escadaria. Na figura 7 temos uma representação de uma escadaria hidráulica com colchão de água.

Figura 7 - Escadaria hidráulica com colchão de água



Fonte: Jotas Empreendimentos Imobiliários (2016).

2.2.3 Projeto de drenagem pluvial

O sistema de drenagem pluvial está dentro das melhorias necessárias para a população nos centros urbanos. Através da drenagem pluvial é feito todo o escoamento das chuvas trazendo assim benefícios à população, pois independente desse sistema de drenagem existir ou não, às chuvas sempre ocorrem. Dessa forma podemos dizer que os projetos de drenagem pluvial podem sim trazer melhorias para os centros urbanos.

“Para desenvolver um bom projeto de drenagem, o projetista deve ter conhecimento do relevo da área de implantação, onde a melhor forma de representação em meio digital, são as curvas de nível [...]”. (ROCHA; BACK, 2008, p.87).

O projeto de drenagem pluvial tem por base estudar a hidrologia, estimando as vazões de acordo com os escoamentos superficiais e estimativas das descargas em picos. As bacias geralmente são pequenas, com superfícies pavimentadas e/ou parcialmente impermeabilizadas, deixando o escoamento por responsabilidade dos elementos do sistema hidráulico, como galerias, canais e bueiros.

2.2.3.1 Estimativa de Vazões de Projetos

A vazão expressa à capacidade de transporte da água, e representa o escoamento por uma unidade de tempo, normalmente expressa por metros cúbicos por segundo (m^3/s) ou em litros por segundo (l/s).

Para avaliação da vazão de escoamento superficial temos a seguinte expressão através do método racional:

$$Q = (C \cdot i \cdot A) / 3,6$$

Onde:

Q = vazão (m^3/s)

C = coeficiente de escoamento superficial da bacia;

i = intensidade média da chuva de projeto (mm/h)

A = área da bacia que contribui para a seção (km^2)

Esta equação é recomendada para áreas menores que $10 km^2$.

2.2.3.2 Coeficiente de Escoamento Superficial (Runoff)

O escoamento superficial da água das chuvas se dá pela intensidade e duração de precipitação, quanto maior a intensidade das chuvas, mais rápido o solo atingirá a sua capacidade máxima de infiltração e assim facilitando o escoamento.

Analisando o volume de água que cai numa bacia, podemos admitir que apenas uma parcela da quantidade total será transportada através das galerias ou bueiros, pois parte das águas das chuvas são infiltradas pelo solo, parte podem ser retiradas, ou evaporadas. Essa relação de água precipitadas pela bacia e admitida pelas galerias ou bueiros se dá através do coeficiente de escoamento superficial ou coeficiente de deflúvio.

Podemos dizer então que o Coeficiente C é a relação entre o volume total da precipitação e o volume total escoado superficialmente. Através do quadro 1 podemos analisar alguns aspectos subjetivos que representam os valores de C conforme as características do solo.

Quadro 1 - Coeficiente C de acordo com a natureza da bacia

Característica da Superfície	C
	Intervalo
Área Comercial	
• Central	0,70-0,95
• Bairros	0,50-0,70
Área Residencial	
• Residenciais Isoladas	0,30-0,50
• Unidades múltiplas (separadas)	0,40-0,60
• Unidades múltiplas (conjugadas)	0,60-0,75
• Subúrbio	0,25-0,40
• Área com prédio de apartamentos	0,50-0,70
Área Industrial	
• Industrias leves	0,50-0,80
• Industrias pesadas	0,60-0,90
Parques, cemitérios	0,10-0,25
"Playgrounds"	0,20-0,35
Pátios de estrada de ferro	0,20-0,40
Áreas sem melhoramento	0,10-0,30
Ruas	
• Pavimento asfáltica	0,70-0,95
• Pavimento de concreto	0,80-0,95
• Blocos	0,70-0,85
Passeios	0,75-0,85
Telhados	0,75-0,95
Terrenos relvados (solo arenoso)	
• Pequena declividade (2%)	0,05-0,10
• Declividade média (2 a 7%)	0,10-0,15
• Forte declividade (>7%)	0,15-0,20
Terrenos relvados (solos argilosos)	
• Pequena declividade (2%)	0,15-0,20
• Declividade média (2 a 7%)	0,20-0,25
• Declividade alta (7%)	0,25-0,30

Fonte: Bavaresco (2016).

Em casos que ocorrer mais de um coeficiente de escoamento, é necessário fazer uma estimativa de valor médio do coeficiente a ser atribuído de acordo com a área. Assim o Coeficiente médio será calculado de acordo com a média ponderada de porcentagem que cada área representa. A seguir temos a fórmula para cálculo da média do coeficiente de escoamento.

$$C \text{ médio} = \frac{A1.C1}{At} + \frac{A2.C2}{At} + \dots + \frac{An.Cn}{At}$$

2.2.3.3 Intensidade de precipitação

A intensidade média de chuvas é obtida através de curvas de intensidades de acordo com uma determinada duração no período analisado, assim, essas curvas de intensidade são denominadas curvas intensidades-duração-frequência, denominadas através de análises dos pluviogramas.

Em locais sem sistemas de medição de precipitações por pluviógrafos, é comum o uso de pluviômetros, com leituras diárias da precipitação de chuva.

Também é possível determinar a intensidade média das chuvas pela equação de Otto Pfafstetter, através de posto analisado para Santa Catarina nos municípios de Blumenau, Florianópolis e São Francisco do Sul.

$$P = T^{\alpha + \frac{\beta}{T^\gamma}} (at + b \log(1 + ct))$$

Onde:

P = precipitação máxima (mm)

T = tempo de recorrência em anos

t = duração da chuva em horas

α , β = valores que dependem da duração da precipitação

γ , a, b, c = constantes para cada posto

Quadro 2 - Valores de α no fator de probabilidade

Duração	5 min	15 min	30 min	1 h	2 h	4 h	8 h	14 h	24 h	48 h	3 d	4 d	6 d
α	0,108	0,122	0,138	0,156	0,166	0,174	0,176	0,174	0,170	0,166	0,160	0,156	0,152

Fonte: Bavaresco (2016).

Quadro 3 - Valores de β no fator de probabilidade

Postos	Duração			
	5 min	15 min	30 min	1 h a 6 h
Blumenau	-0,08	0,08	0,08	0,08
Florianópolis	-0,04	0,12	0,20	0,2
São Francisco do Sul	0,00	0,08	0,138	0,156

Fonte: Bavaresco (2016).

Valores de γ para todos os postos = 0,25

Valores de a, b, c para cada posto para T = 1 ano

- Blumenau = 0,2 t + 24 log (1 + 20 t)

- Florianópolis = 0,3 t + 33 log (1 + 10 t)

- São Francisco do Sul = 0,3 t + 37 log (1 + 10 t)

Outra hipótese de encontrar a intensidade das chuvas é através da equação de C.A. Pompêo.

$$i = \frac{145.T^{0,25}}{(t-3)^{0,34}} \text{ para } t \leq 60 \text{ minutos}$$

$$i = \frac{597.T^{0,32}}{(t-3)^{0,73}} \text{ para } t \geq 60 \text{ minutos}$$

Onde:

i = intensidade duração da chuva em mm/h

T = período de retorno em anos

t = duração da chuva em minutos

Quadro 4 - Período de retorno para diferentes ocupações da área

Tipo de Obra	Tipo de ocupação da área	T (anos)
Microdrenagem	Residencial	2
	Comercial	5
	Área com edifícios de serviços públicos	5
	Aeroportos	2 - 5
	Áreas comerciais e artérias de tráfego	5 - 10
Macro-drenagem	Áreas comerciais e residenciais	50 - 100
	Áreas de importância específicas	500

Fonte: Bavaresco (2016).

2.2.3.4 Capacidade Admissível das Sarjetas

Um sistema inicial de drenagem pluvial em áreas urbanas é composto de ruas, sarjetas, bocas de lobo, galerias e pequenos canais. As bocas de lobo são responsáveis por coletar as águas que escorrem pelas sarjetas, encaminhando essas águas pelos tubos de ligação, posteriormente para os poços de visitas e galerias, que por fim transportam as águas pluviais até o canal principal.

As sarjetas tem papel fundamental para análise de cálculos do sistema de drenagem pluvial das cidades, pois permite a definição estratégica dos pontos para captação de água que escoam ao longo das ruas.

Para dimensionamento do sistema de drenagem pluvial devem ser consideradas as mesmas fórmulas utilizadas para canais, tendo como base um escoamento em conduto livre, as equações de Manning são as mais utilizadas para esse tipo de dimensionamento.

$$Q = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot I^{0,5} \cdot A$$

Para cálculo de sarjeta, é preciso desconsiderar a altura de meio-fio, diminuindo assim a altura da lâmina de água e evitando um transbordamento. Uma vez que já se tenha os dados como declividade, rugosidade e comprimento de sarjeta é possível calcular a vazão máxima que ela pode suportar.

Para seu cálculo então foi realizada uma adaptação na equação de Manning, passando a chamar formula de Izzard, esta ficando apropriada para sarjetas triangulares (figura 8).

$$Q_0 = 0,375 \cdot \gamma_0^{8/3} \cdot \left(\frac{z}{n}\right) \cdot I^{1/2}$$

Onde:

Q_0 = vazão de descarga em (m³/s)

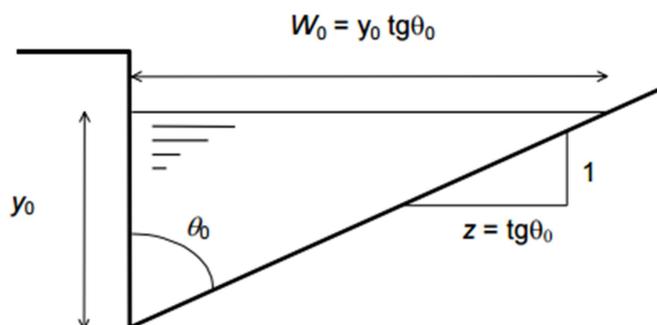
Y_0 = lâmina d' água em (m/m)

I = declividade do trecho em (m/m)

n = coeficiente de rugosidade de Manning

z = tangente do ângulo entre a sarjeta e a guia

Figura 8 - Sarjeta triangular



Fonte: Bavaresco (2016).

Para cálculo de área, velocidade e tempo de percurso da sarjeta temos:

Área da sarjeta:

$$A = (W \cdot y_o) \text{ onde: } W = y_o \cdot z$$

Velocidade:

$$V_p = 0,958 \cdot \frac{1}{z^{1/4}} \cdot \left(\frac{I^{1/2}}{n}\right)^{3/4} \cdot Q_o^{1/4}$$

Tempo de Percurso:

$$T_p = \frac{L}{(60 \cdot V_o)} \text{ min}$$

Deve ser utilizada uma capacidade admissível para capacidade das sarjetas, tendo em vista futuros problemas funcionais que podem reduzir o seu poder de escoamento ou provocar danos materiais com velocidades excessivas. Essa margem de segurança é considerada pelo emprego do fator de redução (FR) da capacidade teórica que considera a possibilidade de obstrução do escoamento. Ver quadro 5.

Quadro 5 - Fator de redução da capacidade de escoamento das sarjetas

Declividade da sarjeta (%)	Fator de Redução (FR)
0,4	0,50
1 - 3	0,80
5	0,50
6	0,40
8	0,27
10	0,20

Fonte: Bavaresco (2016).

2.3 TUBOS PARA DRENAGEM PLUVIAL

Os diferentes tipos de tubos podem ser classificados em três categorias de acordo com sua capacidade mecânica de resistir a deflexões pré-estabelecidas da seção transversal, sem sofrer danos permanentes quando submetidos à compressão diametral. São elas: tubos rígidos, semi-rígidos e flexíveis. Neste trabalho, serão apresentados os tubos rígidos de concreto e os tubos flexíveis de PEAD.

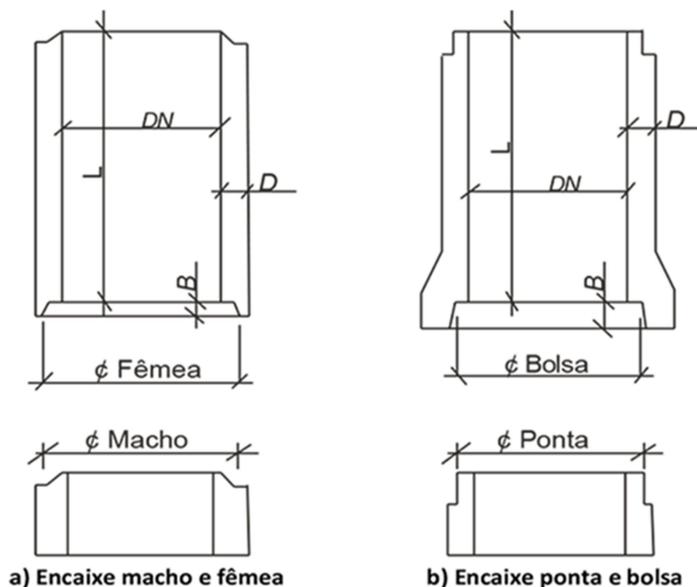
Tubos rígidos são aqueles que, quando submetidos à compressão diametral, podem sofrer deformações de até 0,1% no diâmetro, medidas no sentido de aplicação da carga, sem que apresentem fissuras prejudiciais. Já, os tubos flexíveis, são aqueles que quando submetidos à compressão diametral, podem sofrer deformações superiores a 3% no diâmetro, medidas no sentido da aplicação da carga, sem que apresentem fissuras prejudiciais. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS FABRICANTES DE TUBOS DE CONCRETO, 2003).

2.3.1 Tubo de Concreto

O tubo feito de concreto é notoriamente hoje o mais empregado em obras de drenagem pluvial, principalmente devido a sua resistência mecânica e a sua disponibilidade de fornecimento. (LIMA; NASCIMENTO; BITTENCOURT, 2010).

A Associação Brasileira dos Fabricantes de Tubos de Concreto (ABTC), entidade que reúne a nível nacional as principais e mais importantes empresas fabricantes de tubos e aduelas de concreto, destinados à captação de águas pluviais, esgoto sanitário e efluentes industriais, define os tubos de concreto como “peças circulares pré-moldadas em concreto, com encaixe tipo macho-fêmea ou ponta-bolsa [...]”, conforme demonstra a figuras 9. Segundo esta entidade os tubos de concreto são a melhor solução para drenagem de águas pluviais, pela sua confiabilidade, normalização, qualidade, funcionalidade, desempenho, manutenção e limpeza.

Figura 9 - Semi-corte de tubos encaixe ponta e bolsa e macho fêmea



Fonte: Bio Pré Moldados de Concreto (2017).

A normalização dos tubos de concreto está a cargo da NBR 8890 (ABNT, 2007) intitulada “Tubo de Concreto de Seção Circular para Águas Pluviais e Esgotos Sanitários - Requisitos e métodos de ensaios”, a qual indica que os tubos de concreto com destino as águas pluviais, podem ser fabricados, armado ou não armado, em diversos diâmetros, conforme quadro 6, e com categorias de resistências variadas para combinar com cada tipo de aplicação do elemento.

O tubo de concreto armado é reforçado estruturalmente com barras ou telas de aço soldadas e o tubo de concreto simples é sem reforço estrutural. Assim, os tubos para águas pluviais possuem as seguintes nomenclaturas:

- Com armação: PA1, PA2, PA3 e PA4;
- Sem armação: PS1 e PS2.

A Associação Brasileira dos Fabricantes de Tubos de Concreto (2017) especifica que as peças em concreto armado devem ser dimensionadas de acordo com a necessidade de vazão, especificidade (condução de água pluvial) e resistência mecânica necessária (de acordo com a carga que atuará sobre a peça). Também define as nomenclaturas dos tubos de concreto de acordo com a sua respectiva classe de resistência que corresponde a valores mínimos de fissuração e rompimento da peça, conforme apresentado nos quadros 7 e 8 abaixo.

Quadro 6 - Dimensões dos tubos de concreto para águas pluviais

Diâmetro nominal DN	Dimensões em milímetros						
	Comprimento útil mínimo do tubo L		Comprimento mínimo da bolsa ou da fêmea B		Folga máxima do encaixe C	Espessura mínima de parede D*	
	Ponta e Bolsa	Macho e Fêmea	Ponta e Bolsa	Macho e Fêmea		Simplex	Armado
200	1 000	950	50	20	30	30	-
300	1 000	950	60	20	30	30	45
400	1 000	950	65	20	30	40	45
500	1 000	950	70	20	40	50	50
600	1 000	950	75	20	40	55	60
700	1 000	950	80	35	40	-	66
800	1 000	950	80	35	40	-	72
900	1 000	950	80	35	40	-	75
1 000	1 000	950	80	35	40	-	80
1 100	1 000	950	80	35	50	-	90
1 200	1 000	950	90	35	50	-	96
1 300	1 000	950	90	35	50	-	105
1 500	1 000	950	90	35	60	-	120
1 750	1 000	950	100	35	60	-	140
2 000	1 000	950	100	35	60	-	180
Onde:							
C é a diferença entre o diâmetro interno mínimo da bolsa (ou fêmea) do tubo e o diâmetro externo da ponta (ou macho) do tubo.							
NOTA 1							
O atendimento às dimensões estabelecidas nesta Tabela não elimina a necessidade de verificação dos requisitos de resistência à diametral e demais requisitos estabelecidos nesta Norma.							
NOTA 2							
As espessuras mínimas definidas nesta Tabela são válidas para a menor classe de resistência prevista nesta Norma (PSI ou PA1). Para resistências superiores, deve ser apresentado projeto específico.							

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas (2007, p. 13).

Quadro 7 - Classe de resistência e diâmetros para tubos simples, não armados

DN	Água pluvial	
	Carga mínima de ruptura kN/m	
Classe	PS1	PS2
200	16	24
300	16	24
400	16	24
500	20	30
600	24	36
Carga diametral de ruptura kN/m		
Qd	40	60

Fonte: Associação Brasileira dos Fabricantes de Tubos de Concreto (2017).

Quadro 8 - Classes de resistência e diâmetros para tubos armados

DN	Carga mínima de fissura (tubos armados) ou carga isenta de danos (tubos reforçados com fibras) kN/m				Carga mínima de ruptura kN/m			
	PA1	PA2	PA3	PA4	PA1	PA2	PA3	PA4
300	12	18	27	36	18	27	41	54
400	16	24	36	48	24	36	54	72
500	20	30	45	60	30	45	68	90
600	24	36	54	72	36	54	81	108
700	28	42	63	84	42	63	95	126
800	32	48	72	96	48	72	108	144
900	36	54	81	108	54	81	122	162
1 000	40	60	90	120	60	90	135	180
1 100	44	66	99	132	66	99	149	198
1 200	48	72	108	144	72	108	162	216
1 500	60	90	135	180	90	135	203	270
1 750	70	105	158	210	105	158	237	315
2 000	80	120	180	240	120	180	270	360
Carga diametral de fissura/ruptura kN/m								
Qd	40	60	90	120	60	90	135	180

(1)Carga diametral de fissura (trinca) ou ruptura é a relação entre a carga de fissura (trinca) ou ruptura e o diâmetro nominal do tubo.

(2)Outras classes podem ser admitidas mediante acordo entre fabricante e comprador, devendo ser satisfeitas as condições estabelecidas nesta Norma para tubos de classe normal. Para tubos armados, a carga mínima de ruptura deve corresponder a 1,5 da carga mínima de fissura (trinca).

Fonte: Associação Brasileira dos Fabricantes de Tubos de Concreto (2017).

Para Birkhahn e Oliveira (2014, p. 9) “a utilização de tubos de concreto, com variados diâmetros, é de grande importância na concepção de projetos de drenagem urbana, tanto no ponto de vista técnico como econômico.”

Vale destacar que, nas literaturas que falam sobre o concreto, verifica-se que, desde a antiguidade, ele foi o primeiro substituto natural da pedra e que, muitas obras executadas no início do século passado encontram-se em operação até hoje com desempenho adequado. Nesse contexto, a Associação Brasileira dos Fabricantes de Tubos de Concreto (2003), ressalta que, o concreto é um material totalmente reciclável, não tóxico e não contaminante do meio ambiente, adequando-se desta maneira a todas as exigências do ponto de vista ambiental e propiciando uma melhor qualidade de vida.

2.3.1.1 Produção dos tubos de concreto

A Norma NBR 8890 (ABNT, 2007), estabelece um conjunto de requisitos para fabricação e aceitação dos tubos de concreto, bem como as características dos materiais a serem utilizados na produção do tubo de concreto de seção circular para águas pluviais e sanitárias. A Norma abrange aspectos relativos ao concreto, definindo a máxima relação água/cimento, discriminando qual o tipo de cimento que deve ser empregado em cada caso de utilização e, também, os cobrimentos mínimos das armaduras, tolerância de espaçamento nos tamanhos e ensaios a serem realizados.

A NBR 8890 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007) determina que a relação água/cimento, expressa em litros de água por quilograma de cimento, deve ser no máximo de 0,50 para tubos destinados a águas pluviais. O cobrimento interno das armaduras deve ser no mínimo de 20 mm e o cobrimento externo no mínimo de 15 mm, para os tubos de diâmetro nominal até 600 mm. Para os tubos com diâmetros nominais maiores que 600 mm, o cobrimento interno das armaduras deve ser no mínimo de 30 mm e o cobrimento externo no mínimo de 20 mm.

O cimento para a fabricação de tubos de concreto para águas pluviais pode ser de qualquer tipo Portland que atendam os requisitos das normas. Quando se quer uma maior rapidez na produção de peças de concreto, utilizam-se cimentos com alta resistência inicial. “Mas, ressalta-se que a velocidade de endurecimento não é sinônima de velocidade de pega; o cimento Portland comum e o de alta resistência inicial expressam tempos parecidos”. (NEVILLE; GIAMUSSO, 1997 apud BIRKHAHN; OLIVEIRA, 2014, p. 18).

De acordo com Lima e outros (2010, apud LIBERATO, 2015), o processo de fabricação dos tubos de concreto é simples, iniciando com a montagem da armação, fixação da forma circular e concretagem.

A cura é a última operação para a obtenção do concreto e tem como objetivo evitar a retração hidráulica por perda de água nas primeiras idades, evitando as fissuras no concreto que ainda não tem resistência suficiente para aguentar tais tensões. Uma cura satisfatória é fundamental para que o concreto cumpra sua função. Com a cura haverá a redução de poros, resultando em uma maior durabilidade e qualidade de elementos do concreto.

Segundo Fernandes (2008) o procedimento na cura de concreto pré-moldado pode ser realizado por métodos simples como envolver com uma lona plástica, cura em câmara úmida e cura a vapor, podendo ser aplicado em tubos de concreto. Porém, os métodos mais apropriados são o de cura úmida, por aspersão de água, e a cura a vapor em recinto saturado.

Neville (1997, apud BIRKHAHN; OLIVEIRA, 2014) ressalta que é importante a realização da cura, mas nem sempre é especificada e raramente executada. Várias patologias da durabilidade do concreto e, principalmente no concreto armado, estão relacionadas com o processo da cura.

2.3.1.2 Execução de obras de drenagem de águas pluviais com tubos de concreto

Obras de drenagem urbana exigem fiscalização minuciosa, a encargo de um engenheiro qualificado. É importante que a obra seja bem sinalizada, garantindo a segurança de trabalhadores, pedestres e veículos. É necessário conferir se os ensaios de compressão e tração em laboratório, fornecidos pela fabricante dos tubos, atendem às especificações do projeto. Os tubos de concreto devem ser conferidos visualmente, para garantir que não sofram rachaduras no trajeto entre a fábrica e o canteiro. Um ponto crítico da execução é o encaixe adequado das juntas dos tubos, que podem ser revestidas com material impermeabilizante, evitando a infiltração de material nos tubos, o que com o tempo avaria a tubulação. (PESCARINI, 2011).

A NBR 15645 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008) estabelece os requisitos exigíveis para execução de obras de drenagem de águas pluviais com tubos pré-fabricados de concreto. Segundo esta Norma, antes de se iniciar as obras de redes de águas pluviais, é necessária a locação das coordenadas de projeto através de equipamentos apropriados, por equipe de topografia. Posteriormente, inicia-se a execução da obra, seguindo as etapas de execução descritas a seguir.

2.3.1.2.1 Escavação da vala

As valas devem ser escavadas segundo a linha de eixo, sendo respeitados os alinhamentos e as cotas indicadas no projeto e devem ser abertas no sentido de jusante para montante, a partir dos pontos de lançamento.

Figura 10 - Abertura de vala



Fonte: Jota's Empreendimentos Imobiliários (2017).

O quadro 9 apresenta as larguras de valas conforme NBR 12266 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1992).

Quadro 9 - Largura da vala para obras de drenagem pluvial

Diâmetro nominal	Cota de corte (m)	Largura da vala em função do tipo de escoramento e cota de corte			
		Pontaletes (m)	Contínuo e descontinuo (m)	Especial (m)	Metálico-madeira (m)
100 e 150	0-2	0,65	0,65	0,75	*
	2-4	0,75	0,85	1,05	*
	4-6	0,85	1,05	1,35	*
	6-8	0,95	1,25	1,65	*
200	0-2	0,70	0,70	0,80	*
	2-4	0,80	0,90	1,10	1,75
	4-6	0,90	1,10	1,40	1,90
	6-8	1,00	1,30	1,70	2,05
250 e 300	0-2	0,80	0,80	0,90	*
	2-4	0,90	1,00	1,20	1,85
	4-6	1,00	1,20	1,50	2,00
	6-8	1,10	1,40	1,80	2,15
350 e 400	0-2	0,90	1,10	1,20	*
	2-4	1,00	1,30	1,50	2,15
	4-6	1,10	1,50	1,80	2,30
	6-8	1,20	1,70	2,10	2,45
450	0-2	1,00	1,15	1,25	*
	2-4	1,10	1,35	1,55	2,25
	4-6	1,20	1,55	1,85	2,40
	6-8	1,30	1,75	2,15	2,55
500	0-2	1,10	1,30	1,40	*
	2-4	1,20	1,50	1,70	2,35
	4-6	1,30	1,70	2,00	2,50
	6-8	1,40	1,90	2,30	2,65
600	0-2	1,20	1,40	1,50	*
	2-4	1,30	1,60	1,80	2,45
	4-6	1,40	1,80	2,10	2,60
	6-8	1,50	2,00	2,40	2,75
700	0-2	1,30	1,50	1,60	*
	2-4	1,40	1,70	1,90	2,55
	4-6	1,50	1,90	2,20	2,70
	6-8	1,60	2,10	2,50	2,85
800	0-2	1,40	1,60	1,70	*
	2-4	1,50	1,80	2,00	2,65
	4-6	1,60	2,00	2,30	2,80
	6-8	1,70	2,20	2,60	2,90
900	0-2	1,50	1,70	1,80	*
	2-4	1,60	1,90	2,10	2,75
	4-6	1,70	2,10	2,40	2,90
	6-8	1,80	2,30	2,70	3,05
1000	0-2	1,60	1,80	1,90	*
	2-4	1,70	2,00	2,10	2,85
	4-6	1,80	2,20	2,50	3,00
	6-8	1,90	2,40	2,80	3,15

Nota: As características das valas devem ser estudadas individualmente, no caso da necessidade de utilização de tubulações com diâmetros diversos dos descritos na Tabela.

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas (1992).

2.3.1.2.2 *Preparo do fundo da vala*

O fundo da vala deve ser regular e uniforme. Na maioria dos casos, deve-se fazer um lastro com areia ou brita para melhorar as condições de assentamento.

2.3.1.2.3 *Escoramento*

Segundo a NBR 15645 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008), o escoramento da vala é obrigatório somente quando a profundidade da vala for superior a 1,25 metros, com intuito de manter estáveis os taludes das escavações.

2.3.1.2.4 *Assentamento dos tubos*

Na fase de assentamento, vide figura 11, que ocorre após a escavação, regularização e preparo do fundo da vala, devem-se descer os tubos cuidadosamente, manualmente ou com equipamentos mecânicos. Os tubos devem estar limpos internamente e sem defeitos. Após o acoplamento, costuma-se isolar as juntas com argamassa de cimento e areia ou com manta geotêxtil, conforme demonstrado na figura 12, para impedir que o solo ou outros elementos infiltrem na tubulação.

Figura 11 - Assentamento de tubos de concreto junta rígida



Fonte: Jota's Empreendimentos Imobiliários (2017).

Figura 12 - Tubos junta rígida com manta geotêxtil



Fonte: Jota's Empreendimentos Imobiliários (2017).

2.3.1.2.5 Reaterro da vala

O reaterro da vala deverá ser feito com material compatível e com o nível de compactação adequado, sempre tomando cuidado com as laterais da vala que são de difícil acesso. O reaterro é parte importante não só para a tubulação, mas também para o pavimento acima da tubulação de drenagem, visto a possibilidade de adensamento do solo quando a compactação é inadequada.

Por recomendação da NBR 15645 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008), utilizar preferencialmente, o mesmo solo escavado, desde que apresentem as propriedades adequadas, devendo ser executado inicialmente o enchimento lateral da vala, em camadas de espessura 20 cm, observando a umidade ótima do solo, atingindo altura mínima de 60 cm sobre a geratriz superior do tubo. Em seguida, o reaterro deve ser feito em camadas de 20 cm, compactado com equipamento manual ou mecânico, conforme ilustrado da figura 13.

O quadro 10 abaixo apresenta o recobrimento mínimo para tubos em concreto.

Quadro 10 - Recobrimento mínimo para tubos de concreto

Diâmetro (mm)	Recobrimento mínimo (m)
400 a 600	0,60
700	0,70
800	1,00
1000	1,00
1200	1,20
1500	1,20

Fonte: Autores (2017).

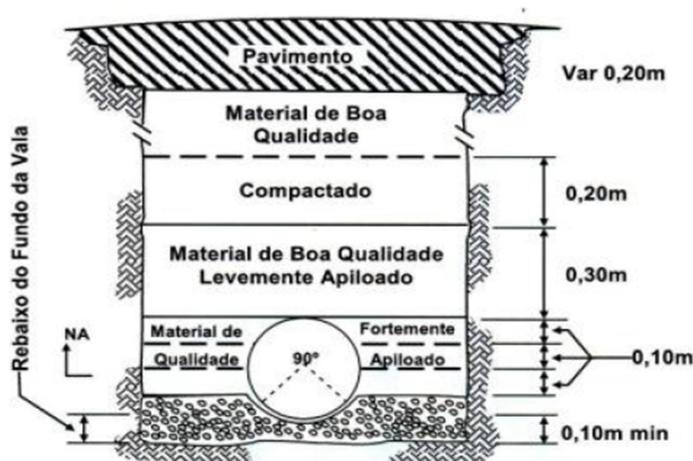
Figura 13 – Compactação de reaterro de vala com equipamento mecânico



Fonte: Relvas e outros (2004).

A figura 14 apresenta os detalhes da vala de drenagem após todas as etapas de execução.

Figura 14 - Detalhes de uma vala de drenagem



Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas (2008).

2.3.2 Tubo de PEAD

Em 1950 iniciou-se a utilização dos tubos de drenagem de Polietileno de Alta Densidade, que consiste em um tubo de polietileno de alta resistência, durável, mais leve, com expectativa de vida útil superando 50 anos. Desde então, o PEAD tem sido objeto de testes de laboratório obtendo recordes de rendimento e eficiência.

Segundo a Tigre-ADS (2017), uma qualidade do material que chama a atenção dos profissionais da construção civil é a maior eficiência hidráulica, facilidade de manuseio e instalação da tubulação, pois são 30 vezes mais leves que outras tecnologias tradicionais e possuem um exclusivo sistema de encaixe que permite conectar as peças utilizando apenas uma barra de ferro ou retroescavadeira, sem a necessidade da presença de muitas pessoas dentro da vala, reduzindo assim, o esforço da equipe e o risco de acidentes. Os tubos em PEAD são muito resistentes à corrosão e imunes a muitas reações químicas e eletromecânicas, com durabilidade comprovada em testes realizados nos Estados Unidos com resultados de durabilidade de 75 anos.

Por serem altamente resistentes ao peso, os tubos PEAD podem ser implantados sob estradas com grande fluxo de veículos, em rodovias, estradas de ferro ou mesmo portos e aeroportos. Se instalados de acordo com as instruções do fabricante, suportam tráfego pesado de caminhões, aeronaves e até mesmo composição ferroviárias de cargas, sem provocar rachaduras ou deformações. (TIGRE-ADS, 2017).

Os tubos PEAD permitem índices de vazão superiores a 5 m/s, isso economiza na profundidade da vala a ser escavada, uma vez que não necessita de declividade tão acentuada para garantir a velocidade ideal de escoamento dos fluidos. A resistência à compressão é outra vantagem da vala menor, pois sua compactação é mais simples, não requer escoramentos e nem que operários entrem nela para trabalhar. O resultado é maior durabilidade e resistência mecânica ao tubo instalado. (BARBOZA, 2016).

Em seu Catálogo de Tubulações Corrugadas, a Tigre-ADS (2017), justifica que os tubos em PEAD são vendidos em trechos de 6 metros para que seu manuseio seja padronizado e esteja de acordo com as medidas de transporte, implicando também em menos juntas e altos rendimentos de instalação.

A figura 15 abaixo apresenta uma peça de tubo PEAD e o Quadro 11 apresenta as especificações técnicas da tubulação PEAD Tigre-ADS para aplicação em drenagem pluvial.

Figura 15 – Tubo PEAD



Fonte: Revista Infraestrutura Urbana (2016).

Quadro 11 - Tabela de Especificação Técnica da Tubulação Tigre-ADS DrenPro e Ponta e Bolsa, Aplicação Drenagem Pluvial

NORMA		Diâmetro	Diâmetro Nominal Interno	Diâmetro Médio Externo	Rigidez de Tubo com 5% Deflexão
DNIT 094/ 2014-EM	AASHTO M252	100 mm	103 mm	121 mm	345 kN/m ²
		150 mm	152 mm	177 mm	345 kN/m ²
		200 mm	203 mm	240 mm	345 kN/m ²
		250 mm	254 mm	304 mm	345 kN/m ²
	AASHTO M294	300 mm	303 mm	359 mm	345 kN/m ²
		375 mm	375 mm	448 mm	290 kN/m ²
		450 mm	451 mm	545 mm	275 kN/m ²
		600 mm	603 mm	717 mm	235 kN/m ²
		750 mm	772 mm	901 mm	195 kN/m ²
	ASTM F2306/ F2648	900 mm	908 mm	1.054 mm	150 kN/m ²
		1.050 mm	1.063 mm	1.216 mm	140 kN/m ²
		1.200 mm	1.218 mm	1.374 mm	125 kN/m ²
1.500 mm		1.521 mm	1.699 mm	95 kN/m ²	

Fonte: Tigre-ADS (2017).

2.3.2.1 Produção dos tubos PEAD

O PEAD é um polímero muito utilizado em diversas aplicações em todo o mundo, empregado principalmente em embalagens e geomembrana, servindo como barreira em sistemas de controles e desvio de fluxo em obras geotécnicas como proteção ambiental e aterros sanitários.

O polímero que forma o PEAD é feito através da polimerização do etileno, tornando um material plástico com ótima qualidade, alta durabilidade, densidade elevada e resistência bastante considerável em relação a água, sem segurar o oxigênio ou o gás carbônico.

Assim, o PEAD vem sendo uma alternativa mais leve, estanque e inerte ao concreto, com alta densidade ele promete reduzir perdas nas redes de drenagem. Sua produção também pode ser feita através do polietileno de alta densidade reciclado ou virgem, através de um processo de extrusão por enrolamento.

2.3.2.2 Armazenagem dos tubos PEAD

O fabricante Tigre-ADS, em seu Catálogo de Tubulações Corrugadas, apresenta as seguintes orientações para armazenagem dos tubos PEAD:

- Os tubos podem ser empilhados temporariamente em uma área descoberta, plana e sem riscos de inundações;
- Ancorar os tubos com blocos de madeira;
- Colocar os blocos dos dois lados da pilha e a 2 m de ambos extremos dos tubos;
- Acomodar os tubos em pirâmides de larguras de até 6 m e comprimento de até 1,8 m;
- Alternar ponta e bolsa;
- As bolsas devem estar livres para fora da pilha de armazenagem;
- Evite golpear as pontas dos tubos para evitar danos;
- Não arrastar os tubos.

A figura 16 ilustra a armazenagem de tubos PEAD.

Figura 16 - Armazenagem tubo PEAD



Fonte: Revista Infraestrutura Urbana (2011).

2.3.2.3 Instalação dos tubos PEAD

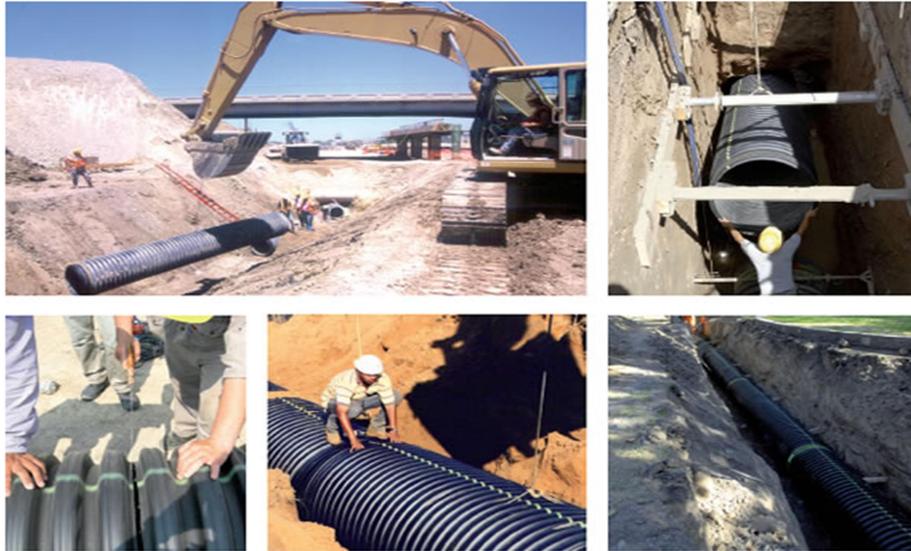
As tubulações em PEAD são muito fáceis de instalar e devido ao seu baixo peso, o rendimento de instalação é muito alto comparativamente com outros materiais.

Em seu Catálogo de Tubulações Corrugadas, o fabricante Tigre-ADS, apresenta as seguintes orientações e métodos para instalação dos tubos PEAD:

- Inspeccionar a bolsa para tirar qualquer material estranho que possa obstruir a passagem de água;
- Limpar e lubrificar o interior da bolsa;
- Retirar a envoltura protetora que se encontra nos anéis de borracha;
- Limpar a ponta do extremo do outro tubo e retirar todo o material estranho;
- Lubrificar o anel de borracha utilizando pano limpo e cuidar para que o mesmo não entre em contato com a terra ou o recobrimento;
- Baixar o tubo para a vala manualmente ou utilizando bandas de náilon de 3” de largura e retroescavadeira, não deixando o tubo cair no interior da vala;
- Sempre empurrar a ponta do tubo para dentro da bolsa, nunca a bolsa para dentro da ponta.

A figura 17 apresenta ilustrações de instalação dos tubos PEAD.

Figura 17 - Instalação tubos PEAD

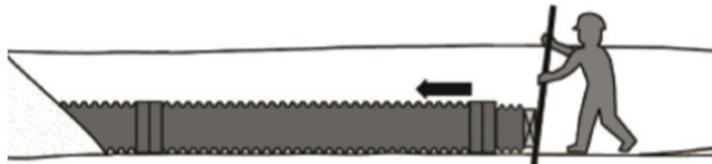


Fonte: Revista Infraestrutura Urbana (2011).

De acordo com os diâmetros existem três métodos recomendados para instalação das tubulações em PEAD:

Método de Instalação de Alavanca e Barra de Ferro, conforme figura 18, recomendado para instalação de tubulações de até 450 mm (18”).

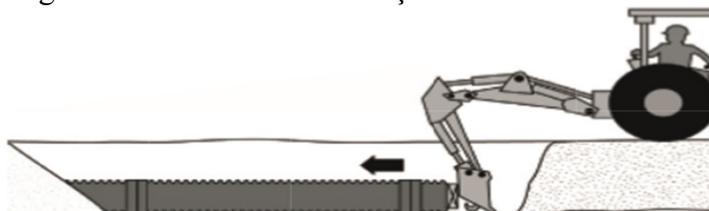
Figura 18 - Método de instalação alavanca e barra de ferro



Fonte: Tigre - ADS (2017).

Método de Instalação com Escavadeira, conforme figura 19, recomendado para instalação de tubulações desde 600 mm (24”).

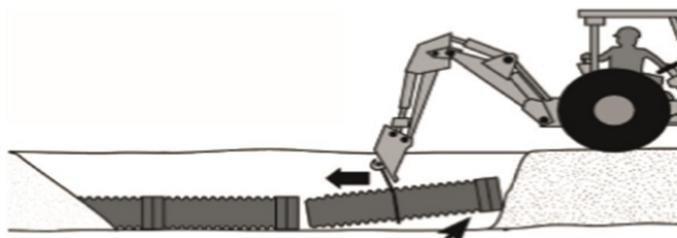
Figura 19 - Método de instalação com escavadeira



Fonte: Tigre - ADS (2017).

Método de Instalação com Escavadeira e Cinta, conforme figura 20, recomendado para instalação de tubulações desde 600 mm (24”).

Figura 20 - Método de instalação com escavadeira e cinta



Fonte: Tigre - ADS (2017).

Para ter-se um perfeito encaixe entre os tubos utilizando qualquer um dos métodos antes mencionados, deve ser observada se a ponta do tubo foi totalmente inserida dentro da bolsa, pois na borda da mesma deve coincidir com a palavra ASSENTADO ou uma linha, sempre presente em uma das corrugas próximo do extremo do tubo conforme apresentado na figura 21.

Figura 21 - Junta de tubulação em PEAD



Fonte: Tigre - ADS (2017).

As informações sobre larguras mínimas da vala recomendadas para a maioria das instalações padrão, pela empresa Tigre-ADS, seguem conforme Quadro 12.

Quadro 12 - Larguras mínimas da vala recomendadas para maioria das instalações padrão

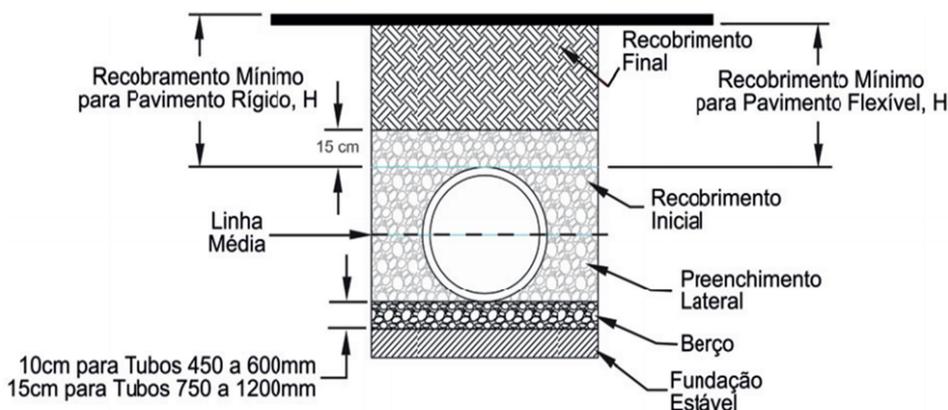
Diâmetro Nominal (mm)	100	150	200	250	300	375	450	600	750	900	1050	1200	1500
Largura Mínima da Vala (mm)	520	576	632	690	767	856	981	1196	1425	1605	1815	2009	2400

Fonte: Tigre-ADS (2017).

Quanto ao recobrimento, as tubulações TIGRE-ADS até 1.200 mm estão desenhadas para suportar cargas vivas tipo AASHTO H-25 (até 19 toneladas por eixo) com um recobrimento mínimo de 30 cm. Para as tubulações TIGRE-ADS de 1.500mm o recobrimento mínimo para cargas H-25 é de 60 cm. As zonas expostas ao tráfego de veículos de construção pesados entre 30 e 60 toneladas precisam de pelo menos 90 cm de recobrimento sobre o tubo.

A figura 22 apresenta a Seção da Vala segundo ASTM D2321 e Seção 30 da AASHTO.

Figura 22 - Seção da vala para tubos PEAD



Fonte: Tigre-ADS (2017).

2.3.2.4 Quadro Comparativo tubos PEAD Tigre-ADS e outras tecnologias

A Tigre-ADS (2017), apresenta as vantagens da sua linha de tubos PEAD para drenagem pluvial, conforme quadro 13 abaixo, mostrando o comparativo com outras tecnologias.

Quadro 13 - Vantagens da linha DREPRO TIGRE-ADS

Comparação	Tigre-ADS PEAD	Outras Tecnologias
Quimicamente inerte	Variação de pH de 1,5 a 14	Variação de pH de 3 a 12
Eficiência hidráulica	Manning – 0,009 a 0,012	Manning – 0,013 a 0,017
Vida útil	75 anos	30 anos
Peso	1200 mm = 40 kg/m	1200 mm = 1360 kg/m
Instalação	1200 mm = 24 tubos	1200 mm = 144 tubos
Comprimento dos tubos	Barras de 6 metros	Tubos de 1 metro
Quantidade de emendas	144 m = 23 pontos de junção/emendas	144 m = 143 pontos de junção
Tempo de instalação	50% mais rápido	

Fonte: Tigre-ADS (2017).

3 ESTUDO DE CASO – COMPARATIVO DE CUSTO ENTRE TUBOS DE CONCRETO E TUBOS PEAD PARA DRENAGEM PLUVIAL

São vários os argumentos de defesa pela utilização dos dois tipos de tubos estudados neste trabalho de conclusão de curso. Assim, de forma mais objetiva, este capítulo apresenta o comparativo de custo entre a tecnologia de tubos PEAD e tubo de concreto para drenagem pluvial. O principal intuito é apresentar os custos gerados para a implantação desta rede de drenagem e comparar com os custos caso fossem utilizados tubos em PEAD. Para cada método será apresentado os serviços necessários com suas quantidades, os valores dos tubos, os equipamentos e a mão de obra necessária para realização dos serviços.

A obra em estudo é a primeira etapa do Loteamento Lisboa III, da empresa Jota's Empreendimentos Imobiliários, localizado no bairro Forquilhas, cidade de São José/SC, ilustrado na figura 23 abaixo, onde está sendo utilizado tubo de concreto na execução da rede de drenagem pluvial.

Figura 23 - Loteamento Lisboa III - Primeira etapa



Fonte: Jotas Empreendimentos Imobiliários (2017).

3.1 DIMENSIONAMENTO DA REDE COM TUBO DE CONCRETO

O dimensionamento da rede pluvial com tubos de concreto está apresentado no quadro 14, fornecido pela empresa Jotas Empreendimentos Imobiliários. Foi adotado um coeficiente de rugosidade de Manning de 0,013 considerando uma boa condição de escoamento. Para os tubos em concreto foi adotado um diâmetro mínimo de 400 mm.

Quadro 14 – Dimensionamento rede de drenagem com tubo de concreto

DRENAGEM URBANA - GALERIAS											
						Coef. N	0,013	novembro de 2013			
TRECHO	PONTO	L	ÁREA	tc	i	C	Qp	Qadm	I	D	DN
		(m)	(m ²)	(min)	(mm/h)		(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m/m)	(mm)	(mm)
Rua T-1	1	65,00	2433	6,00	192,96	0,90	0,12	0,011	0,0050	0,368	400
Rua L-2	2	58,00	1024	6,00	192,96	0,90	0,17	0,011	0,0110	0,362	400
Rua T-2	3	69,00	2147	6,00	192,96	0,90	0,27	0,011	0,0160	0,404	400
Rua T-3	4	52,00	2144	6,00	192,96	0,90	0,10	0,011	0,0175	0,277	400
Rua L-3	5	40,00	1021	6,00	192,96	0,90	0,15	0,011	0,0230	0,305	400
Rua T-4	6	64,00	2124	6,00	192,96	0,90	0,10	0,014	0,0065	0,333	400
Rua L-4	7	48,00	1017	6,00	192,96	0,90	0,30	0,011	0,0100	0,462	500
Rua T-5	8	111,00	2187	6,00	192,96	0,90	0,41	0,011	0,0050	0,588	600
R. Albertina Clasen	9	87,00	2955	6,00	192,96	0,90	0,14	0,032	0,0330	0,278	400
R. Albertina Clasen	10	67,00	1080	6,00	192,96	0,90	0,05	0,020	0,1165	0,150	400
Rua T-3	11	60,00	2761	6,00	192,96	0,90	0,19	0,029	0,0058	0,424	500
Rua T-4	12	68,00	2448	6,00	192,96	0,90	0,12	0,022	0,0084	0,334	400
Rua L-5	13	110,00	2711	6,00	192,96	0,90	0,25	0,025	0,0168	0,388	400
Rua L-7	14	257,00	7476	6,00	192,96	0,90	0,61	0,029	0,0101	0,598	600
Rua T-5	15	65,00	2098	6,00	192,96	0,90	0,10	0,015	0,0101	0,305	400
Rua T-7	16	93,00	2128	6,00	192,96	0,90	0,10	0,017	0,0072	0,327	400
Rua T-6	18	67,00	1789	6,00	192,96	0,90	0,09	0,017	0,0050	0,328	400
Rua L-6	19	62,00	660	6,00	192,96	0,90	0,12	0,017	0,0050	0,369	400
Rua T-7	20	40,00	2073	6,00	192,96	0,90	0,10	0,017	0,0050	0,346	400

DRENAGEM URBANA - GALERIAS											
						Coef. N	0,013	novembro de 2013			
TRECHO	PONTO	L	ÁREA	tc	i	C	Qp	Qadm	I	D	DN
		(m)	(m ²)	(min)	(mm/h)		(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m/m)	(mm)	(mm)
Rua T-8	21	36,00	2306	6,00	192,96	0,90	0,11	0,017	0,0050	0,360	400
Rua L-9	22	62,00	1061	6,00	192,96	0,90	0,16	0,017	0,0066	0,395	400
Rua T-9	23	122,00	1061	6,00	192,96	0,90	0,05	0,021	0,0050	0,269	400
Rua T-6	24	77,00	3000	6,00	192,96	0,90	0,14	0,017	0,0065	0,379	400
Rua T-7	25	63,00	1510	6,00	192,96	0,90	0,07	0,017	0,0050	0,308	400
Rua T-8	26	63,00	2822	6,00	192,96	0,90	0,14	0,017	0,0050	0,389	400
Rua T-9	27	85,00	1311	6,00	192,96	0,90	0,06	0,017	0,0085	0,264	400
Rua L-8	28	68,00	3390	6,00	192,96	0,90	0,16	0,019	0,0117	0,355	400
Rua T-7	29	109,00	1510	6,00	192,96	0,90	0,14	0,017	0,0070	0,365	400
Rua L-10	30	34,00	5116	6,00	192,96	0,90	0,47	0,029	0,0095	0,550	600
Rua T-8	31	113,00	2821	6,00	192,96	0,90	0,14	0,017	0,0050	0,389	400
Rua L-10	32	51,00	2371	6,00	192,96	0,90	0,25	0,017	0,0050	0,489	500
Rua T-8	34	113,00	2362	6,00	192,96	0,90	0,23	0,021	0,0060	0,456	500
Rua L-11	35	103,00	1298	6,00	192,96	0,90	0,18	0,031	0,0050	0,429	500
Rua T-9	36	41,00	1000	6,00	192,96	0,90	0,05	0,021	0,0050	0,264	400
Rua L-1	Q. 1-2	58,00	4.870,000	6,00	155,09	0,85	2,537	0,029	0,025	0,861	1000
Rua L-1	Q. 2-4	48,000	4.700,000	6,00	155,09	0,85	2,709	0,029	0,035	0,829	1000
Rua L-1	Q. 2-4-5-7	104,000	8.100,000	6,00	155,09	0,85	3,006	0,029	0,030	0,890	1000
Rua L-1	Q. 7-8-9-11	100,000	9.050,000	6,00	155,09	0,85	3,337	0,029	0,030	0,925	1000
Rua L-1	Q. 12-13-14-15	118,000	7.000,000	6,00	155,09	0,85	3,594	0,029	0,020	1,023	1200
Rua L-1	Q. 18-19-22-24	119,000	7.700,000	6,00	155,09	0,85	3,876	0,029	0,005	1,365	1500

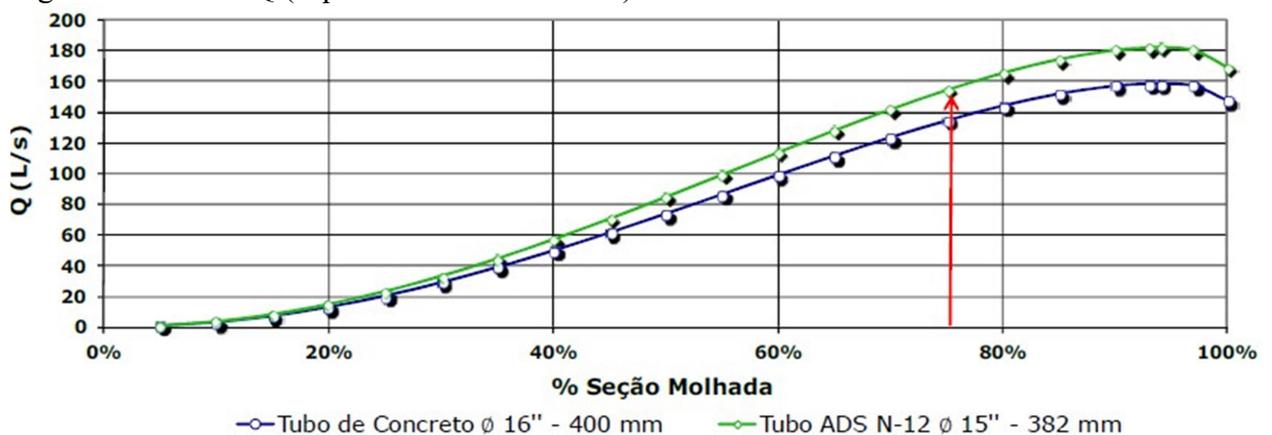
Fonte: Autores (2017).

3.2 DIMENSIONAMENTO DA REDE COM TUBO PEAD

Para o dimensionamento da rede com tubo de PEAD, foi utilizada a mesma planilha fornecida pela empresa Jotas Empreendimentos Imobiliários, com cálculo para concreto, porém, substituindo-se o coeficiente de rugosidade de Manning, neste caso 0,010 e adotando-se um diâmetro mínimo de 375 mm, conforme demonstra o quadro 15.

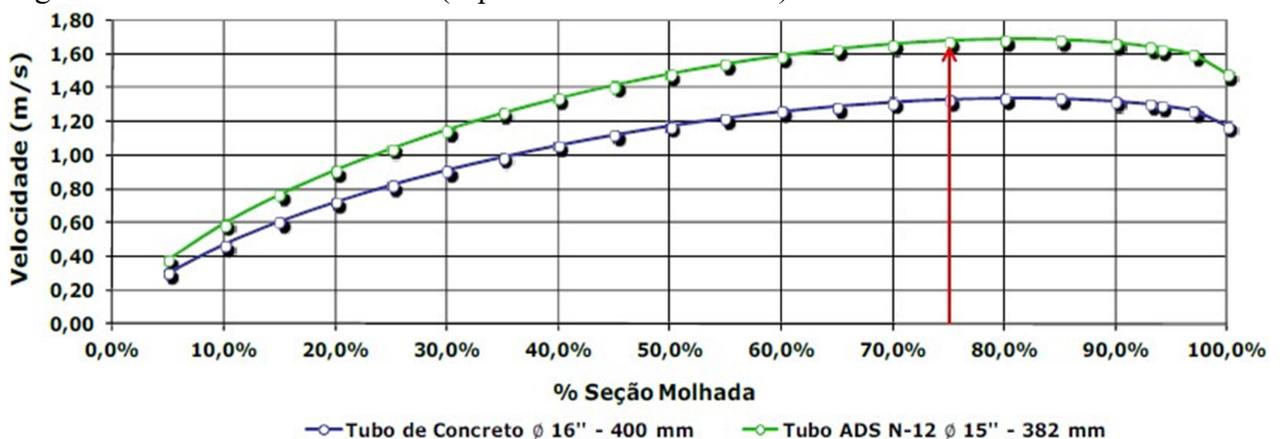
Para escolha do diâmetro mínimo dos tubos em PEAD, foi analisado o comparativo realizado pela Tigre-ADS entre tubos de PEAD de 375 mm e tubos de concreto de 400 mm, conforme apresentado nas imagens 24 e 25 abaixo, onde se verifica que a vazão do tubo PEAD de 375 mm é maior que do tubo 400 mm de concreto, visto que as paredes dos tubos em PEAD são lisas, facilitando o escoamento das águas enquanto as paredes dos tubos em concreto possuem maior rugosidade e atrito.

Figura 24 - Vazão Q (Equivalência de diâmetro)



Fonte: Tigre-ADS (2017).

Figura 25 - Velocidade do fluido (Equivalência de diâmetro)



Fonte: Tigre-ADS (2017).

Quadro 15 - Dimensionamento da rede de drenagem com tubo PEAD

DRENAGEM URBANA - GALERIAS											
						Coef N		0,010	novembro de 2013		
TRECHO	PONTO	L	ÁREA	tc	i	C	Qp	Qadm	I	D	DN
		(m)	(m ²)	(min)	(mm/h)		(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m/m)	(mm)	(mm)
Rua T-1	1	65,00	2433	6,00	192,96	0,90	0,12	0,011	0,0050	0,333	375
Rua L-2	2	58,00	1024	6,00	192,96	0,90	0,17	0,011	0,0110	0,328	375
Rua T-2	3	69,00	2147	6,00	192,96	0,90	0,27	0,011	0,0160	0,366	375
Rua T-3	4	52,00	2144	6,00	192,96	0,90	0,10	0,011	0,0175	0,251	375
Rua L-3	5	40,00	1021	6,00	192,96	0,90	0,15	0,011	0,0230	0,276	375
Rua T-4	6	64,00	2124	6,00	192,96	0,90	0,10	0,014	0,0065	0,302	375
Rua L-4	7	48,00	1017	6,00	192,96	0,90	0,30	0,011	0,0100	0,418	450
Rua T-5	8	111,00	2187	6,00	192,96	0,90	0,41	0,011	0,0050	0,533	600
Rua Albertina Clasen	9	87,00	2955	6,00	192,96	0,90	0,14	0,032	0,0330	0,252	375
Rua Albertina Clasen	10	67,00	1080	6,00	192,96	0,90	0,05	0,020	0,1165	0,136	375
Rua T-3	11	60,00	2761	6,00	192,96	0,90	0,19	0,029	0,0058	0,385	375
Rua T-4	12	68,00	2448	6,00	192,96	0,90	0,12	0,022	0,0084	0,303	375
Rua L-5	13	110,00	2711	6,00	192,96	0,90	0,25	0,025	0,0168	0,352	375
Rua L-7	14	257,00	7476	6,00	192,96	0,90	0,61	0,029	0,0101	0,542	600
Rua T-5	15	65,00	2098	6,00	192,96	0,90	0,10	0,015	0,0101	0,276	375
Rua T-7	16	93,00	2128	6,00	192,96	0,90	0,10	0,017	0,0072	0,296	375
Rua T-6	18	67,00	1789	6,00	192,96	0,90	0,09	0,017	0,0050	0,297	375
Rua L-6	19	62,00	660	6,00	192,96	0,90	0,12	0,017	0,0050	0,334	375
Rua T-7	20	40,00	2073	6,00	192,96	0,90	0,10	0,017	0,0050	0,314	375

DRENAGEM URBANA - GALERIAS											
						Coef N		0,01	novembro de 2013		
TRECHO	PONTO	L	ÁREA	Tc	i	C	Qp	Qadm	I	D	DN
		(m)	(m ²)	(min)	(mm/h)		(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m/m)	(mm)	(mm)
Rua T-8	21	36,00	2306	6,00	192,96	0,90	0,11	0,017	0,0050	0,327	375
Rua L-9	22	62,00	1061	6,00	192,96	0,90	0,16	0,017	0,0066	0,358	375
Rua T-9	23	122,00	1061	6,00	192,96	0,90	0,05	0,021	0,0050	0,244	375
Rua T-6	24	77,00	3000	6,00	192,96	0,90	0,14	0,017	0,0065	0,343	375
Rua T-7	25	63,00	1510	6,00	192,96	0,90	0,07	0,017	0,0050	0,279	375
Rua T-8	26	63,00	2822	6,00	192,96	0,90	0,14	0,017	0,0050	0,352	375
Rua T-9	27	85,00	1311	6,00	192,96	0,90	0,06	0,017	0,0085	0,239	375
Rua L-8	28	68,00	3390	6,00	192,96	0,90	0,16	0,019	0,0117	0,322	375
Rua T-7	29	109,00	1510	6,00	192,96	0,90	0,14	0,017	0,0070	0,331	375
Rua L-10	30	34,00	5116	6,00	192,96	0,90	0,47	0,029	0,0095	0,499	600
Rua T-8	31	113,00	2821	6,00	192,96	0,90	0,14	0,017	0,0050	0,352	375
Rua L-10	32	51,00	2371	6,00	192,96	0,90	0,25	0,017	0,0050	0,443	450
Rua T-8	34	113,00	2362	6,00	192,96	0,90	0,23	0,021	0,0060	0,413	450
Rua L-11	35	103,00	1298	6,00	192,96	0,90	0,18	0,031	0,0050	0,388	375
Rua T-9	36	41,00	1000	6,00	192,96	0,90	0,05	0,021	0,0050	0,239	375
Rua L-1	Quadra 1-2	58,00	4.870,000	6,00	155,09	0,85	2,537	0,029	0,025	0,780	900
Rua L-1	Quadra 2-4	48,000	4.700,000	6,00	155,09	0,85	2,709	0,029	0,035	0,751	900
Rua L-1	Quadra 2-4-5-7	104,000	8.100,000	6,00	155,09	0,85	3,006	0,029	0,030	0,806	900
Rua L-1	Quadra 7-8-9-11	100,000	9.050,000	6,00	155,09	0,85	3,337	0,029	0,030	0,839	900
Rua L-1	Quadra 12-13-14-15	118,000	7.000,000	6,00	155,09	0,85	3,594	0,029	0,020	0,927	1005
Rua L-1	Quadra 18-19-22-24	119,000	7.700,000	6,00	155,09	0,85	3,876	0,029	0,005	1,237	1500

Fonte: Autores (2017).

3.3 MONTAGEM DO QUADRO COMPARATIVO DE CUSTOS

3.3.1 Cálculo das quantidades dos serviços

As planilhas constantes nos apêndices A e B apresentam o levantamento das quantidades dos serviços, obtidos de acordo com os critérios apresentados a seguir.

3.3.1.1 Escavação

O cálculo do volume de escavação é dado por:

$$V_e = (B \times L \times P) + \text{lastro de brita}$$

Sendo:

B = largura da vala

L = comprimento da vala

P = profundidade média da vala

Onde:

$$P = D_e + H$$

D_{ext} = Diâmetro externo do tubo (para concreto o valor é fornecido segundo a Norma 8890/2007 e para PEAD o valor é fornecido pelo catálogo do fabricante)

H = altura média acima da geratriz superior do tubo

Lastro = 0,15 m (considerado para ambos os tubos).

O quadro 16 abaixo apresenta os volumes levantados de escavação para tubos de concreto e PEAD. Verifica-se que o volume de escavação para tubos de concreto ficou 47,27% maior que para tubos de PEAD.

Quadro 16 - Resumo volume escavação

TUBO	VOLUME (m³)
Concreto	6.289,356
PEAD	4.270,692

Fonte: Autores (2017).

3.3.1.2 Assentamento

Considera-se o comprimento efetivo do tubo instalado dentro das valas.

O quadro 17 apresenta os comprimentos para cada diâmetro de tubulação, conforme dimensionamentos já apresentados nos quadros 14 (concreto) e 15 (PEAD).

Quadro 17 - Comprimento da rede

CONCRETO		PEAD	
Diâmetro (mm)	Comprimento (m)	Diâmetro (mm)	Comprimento (m)
400	1846	375	2009
500	375	450	212
600	402	600	402
1000	310	900	310
1200	118	1005	118
1500	119	1500	119
TOTAL	3.170	TOTAL	3.170

Fonte: Autores (2017).

3.3.1.3 Lastro de brita

O volume do lastro de brita apresentado no quadro 18 foi calculado da seguinte forma:

$$V_{\text{lastro}} = \text{Espessura do lastro} \times B \times L$$

Sendo:

Espessura do lastro = 0,15 m (considerado tanto para concreto quanto para PEAD)

B = largura da vala

L = comprimento da vala

Quadro 18 - Resumo volume lastro de brita

TUBO	VOLUME (m ³)
Concreto	528,21
PEAD	509,572

Fonte: Autores (2017).

Como demonstrado no quadro 18, o volume de lastro ficou praticamente o mesmo para o concreto e PEAD, com diferença de 3,66% a maior para o concreto.

3.3.1.4 Bota-Fora

Tanto para a rede em concreto quanto para a rede em PEAD, foi considerado:

$$\text{Volume bota – fora} = \text{volume tubo} + \text{volume lastro de brita}$$

O quadro 19 abaixo apresenta o volume de bota-fora para tubos de concreto e PEAD. Pode-se verificar que o volume de bota-fora ficou 13,13% maior para a solução em concreto.

Quadro 19 - Resumo volume de bota-fora

TUBO	VOLUME (m³)
Concreto	2.178, 571
PEAD	1.925,58

Fonte: Autores (2017).

3.3.1.5 Reaterro das Valas

Para concreto e PEAD foi calculado o volume de reaterro da seguinte forma:

$$R = \text{volume escavado} - \text{vol.tubo} - \text{vol.lastro}$$

No quadro 20 abaixo se observa que o volume de reaterro para tubos em concreto foi 69,93% maior do que para tubos em PEAD.

Quadro 20 - Resumo volume de reaterro

TUBO	VOLUME (m³)
Concreto	4.361,417
PEAD	2.566, 638

Fonte: Autores (2017).

3.3.2 Preços dos materiais e serviços

Para realização do comparativo de custos foram utilizados valores de materiais e mão de obra levantados da seguinte forma:

- Os preços dos tubos de concreto e materiais para execução de lastro foram fornecidos pela empresa Jota's Empreendimentos Imobiliários Ltda., aplicados na obra em estudo;
- Para o fornecimento de tubos PEAD foi considerada a proposta fornecida pela empresa Tigre-ADS;
- Para os serviços de mão de obra foram considerados valores aplicados pela Companhia Catarinense de Água e Saneamento (CASAN), para ambos os sistemas.

3.3.3 Quadro Comparativo de Custos

Nos quadros 21, 22 e 23 apresentados a seguir, não estão contemplados os gastos referentes a execução das singularidades, tais como poços de visitas, bocas de lobo, caixas coletoras, bem como o acabamento final da obra, sendo considerados seus custos de mesma grandeza para as duas soluções.

Quadro 21 - Custos tubos de concreto

ITEM	Execução de Galeria Material / Serviços	Quantidade de Projeto	UND	VALOR UNITÁRIO		VALOR TOTAL		
				MATERIAL	MÃO DE OBRA	MATERIAL	MÃO DE OBRA	TOTAL
1	Tubo de Concreto Ø 400 mm com assentamento e Junta	1.846,00	m	R\$ 19,00	R\$ 32,66	R\$ 35.074,00	R\$ 60.290,36	R\$ 95.364,36
2	Tubo de Concreto Ø 500 mm com assentamento e Junta	375,00	m	R\$ 35,00	R\$ 42,09	R\$ 13.125,00	R\$ 15.783,75	R\$ 28.908,75
3	Tubo de Concreto Ø 600 mm com assentamento e Junta	402,00	m	R\$ 60,00	R\$ 51,59	R\$ 24.120,00	R\$ 20.739,18	R\$ 44.859,18
4	Tubo de Concreto Ø 1000 mm com assentamento e Junta	310,00	m	R\$ 160,00	R\$ 98,19	R\$ 49.600,00	R\$ 30.438,90	R\$ 80.038,90
5	Tubo de Concreto Ø 1200 mm com assentamento e Junta	118,00	m	R\$ 265,00	R\$ 125,91	R\$ 31.270,00	R\$ 14.857,38	R\$ 46.127,38
6	Tubo de Concreto Ø 1500 mm com assentamento e Junta	119,00	m	R\$ 460,00	R\$ 165,81	R\$ 54.740,00	R\$ 19.731,39	R\$ 74.471,39
7	Lastro de Brita 1	528,21	m³	R\$ 30,00	R\$ 87,58	R\$ 15.846,30	R\$ 46.260,63	R\$ 62.106,93
8	Escavação de Vala	6.289,36	m³	R\$ -	R\$ 4,44	R\$ -	R\$ 27.924,74	R\$ 27.924,74
9	Reaterro de Vala	4.361,42	m³	R\$ -	R\$ 8,94	R\$ -	R\$ 38.991,07	R\$ 38.991,07
10	Bota Fora	2.178,57	m³	R\$ -	R\$ 3,27	R\$ -	R\$ 7.123,93	R\$ 7.123,93
VALOR TOTAL						R\$ 223.775,30	R\$ 282.141,33	R\$ 505.916,63

Fonte: Autores (2017).

Quadro 22 - Custos tubos PEAD

ITEM	Execução de Galeria	Quantidade de Projeto	UND	VALOR UNITÁRIO		VALOR TOTAL		
	Material / Serviços			MATERIAL	MÃO DE OBRA	MATERIAL	MÃO DE OBRA	TOTAL
1	Tubo de Pead Ø 375 mm com assentamento	2.009,00	m	R\$ 94,65	R\$ 2,94	R\$ 190.151,85	R\$ 5.906,46	R\$ 196.058,31
2	Tubo de Pead Ø 450 mm com assentamento	212,00	m	R\$ 135,52	R\$ 3,42	R\$ 28.730,95	R\$ 725,04	R\$ 29.455,99
3	Tubo de Pead Ø 600 mm com assentamento	402,00	m	R\$ 215,12	R\$ 6,82	R\$ 86.476,90	R\$ 2.741,64	R\$ 89.218,54
4	Tubo de Pead Ø 900 mm com assentamento	310,00	m	R\$ 374,30	R\$ 8,90	R\$ 116.034,03	R\$ 2.759,00	R\$ 118.793,03
5	Tubo de Pead Ø 1005 mm com assentamento	118,00	m	R\$ 494,77	R\$ 9,68	R\$ 58.382,66	R\$ 1.142,24	R\$ 59.524,90
6	Tubo de Pead Ø 1500 mm com assentamento	119,00	m	R\$ 860,47	R\$ 34,35	R\$ 102.395,73	R\$ 4.087,65	R\$ 106.483,38
7	Lastro de Areia	509,57	m³	R\$ 40,00	R\$ 51,43	R\$ 20.382,89	R\$ 26.207,30	R\$ 46.590,19
8	Escavação de Vala	4.270,69	m³	R\$ -	R\$ 4,44	R\$ -	R\$ 18.961,86	R\$ 18.961,86
9	Reaterro de Vala	2.566,64	m³	R\$ -	R\$ 8,94	R\$ -	R\$ 22.945,76	R\$ 22.945,76
10	Bota Fora	1.925,58	m³	R\$ -	R\$ 3,27	R\$ -	R\$ 6.296,65	R\$ 6.296,65
VALOR TOTAL						R\$ 602.555,01	R\$ 91.773,60	R\$ 694.328,61

Fonte: Autores (2017).

Quadro 23 - Resumo comparativo de custos

ITEM	Execução de Galeria	PREÇOS R\$	
	Material / Serviços	CONCRETO	PEAD
1	Fornecimento e assentamento de tubos para águas pluviais	R\$ 369.769,96	R\$ 599.534,16
2	Lastro - 15 cm	R\$ 62.106,93	R\$ 46.590,19
3	Escavação de Vala	R\$ 27.924,74	R\$ 18.961,86
4	Reaterro de Vala	R\$ 38.991,07	R\$ 22.945,76
5	Remoção de terra (Bota-Fora)	R\$ 7.123,93	R\$ 6.296,65
VALOR TOTAL		R\$ 505.916,63	R\$ 694.328,61

Fonte: Autores (2017).

3.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

De acordo com os quadros anteriormente expostos, apresentaremos a seguir, as considerações com relação a execução da obra e os custos levantados.

3.4.1 Custo

Conforme o comparativo realizado entre o uso de tubos de concreto e PEAD e analisando os custos totais para execução da obra de drenagem pluvial apresentados no

quadro 23, nota-se que para realização da obra com tubos PEAD o custo ficou mais elevado do que para tubos em concreto, com diferença de 37,24%.

Esta diferença se dá pelo elevado custo do fornecimento de tubos em PEAD, pois como se observa nos quadros 21 e 22, quando analisados os custos com mão de obra para instalação e movimentos de terra, a tubulação de PEAD se mostrou extremamente benéfica.

3.4.2 Equipamento

Os equipamentos de escavação a serem utilizados para a alternativa em PEAD ou concreto são os mesmos. Para o assentamento, as tubulações de PEAD geralmente não necessitam do equipamento para a descida dos tubos na vala. Já para a etapa de reaterro a necessidade de equipamento é a mesma.

3.4.3 Número de juntas

Para execução das juntas em tubos de PEAD e concreto os processos são diferenciados. No PEAD a ligação entre os tubos se dá através de ponta e bolsa, apenas com encaixe ou rosqueamento. Já para tubos em concreto as juntas são executadas após o acoplamento dos tubos na sua posição, isolando as juntas com argamassa de cimento, areia e manta geotêxtil.

Analisando os dois processos, verifica-se que a execução das juntas em tubos de PEAD é mais rápida e fácil, além do número de juntas, que para o PEAD é bem menor, visto que os comprimentos são a cada seis metros, enquanto que para o concreto as juntas são a cada metro.

3.4.4 Velocidade da obra

Com relação ao tempo de execução da obra é claramente visível um rendimento maior com a utilização de tubos de PEAD, já que estes são tubos mais leves e de rápida instalação em virtude do comprimento dos tubos em barras de 6 metros. Também, as quantidades (volumes) de serviços para a solução em PEAD são menores.

3.4.5 Manutenção

Os processos de manutenção nas redes de drenagem pluvial se dão pelo seu tempo de uso e pressão que envolve os tubos ao longo dos anos. Analisando os materiais e processos de fabricação de cada tubo, o concreto tem sua desvantagem com o passar do tempo, pois é um material que sofre corrosão com mais facilidade, além de possibilitar infiltrações. Já os tubos em PEAD são fabricados com polietileno de alta densidade, sendo fortes, resistentes e extremamente duráveis, tendo baixos níveis de necessidade de reparos.

3.4.6 Normalização

Os tubos de concreto apresentam normalização específica para sua fabricação e utilização, porém, dificilmente apresentam controle de qualidade durante sua produção.

Os sistemas de tubos flexíveis de PEAD possuem Norma Técnica Nacional para sua fabricação e cumprem com os mais rigorosos requisitos técnicos e normas nacionais e internacionais vigentes na indústria.

4 SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

Finalizados os estudos comparativos entre os tubos de concreto e PEAD, emergiu-se alguns questionamentos acerca do tema, podendo tornar-se futuras pesquisas a serem realizadas, expondo algumas destas:

- Comparativo de custos levando em consideração propostas de outros fornecedores de tubos PEAD e valores de mão de obra de outras empresas prestadoras de serviços;
- Estudo comparativo com obras já implantadas com tubos PEAD; e
- Análise comparativa de investimentos gastos em manutenções para redes de drenagem pluvial com tubos de concreto e tubos PEAD.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho de conclusão de curso apresentou uma tecnologia de tubo para drenagem pluvial ingressante recentemente no mercado brasileiro, que vem ganhando espaço pelas suas vantagens de aplicação, o tubo de PEAD, comparando-a com a tecnologia mais usual tradicionalmente, o tubo de concreto.

Para que se pudesse dar uma melhor contextualização sobre a situação da drenagem pluvial, fora discorrido sobre sua evolução histórica, seus elementos, projeto e dimensionamento de um sistema de drenagem urbana. Após, foram apresentadas as características dos tubos de concreto e PEAD, seus componentes, processo de fabricação, instalação e custos para aplicação de ambos os sistemas.

Analisando os comparativos realizados, a substituição do tubo convencional de concreto para tubos PEAD é extremamente viável se levado em consideração uma série de vantagens, como leveza, rapidez de instalação, mobilidade e durabilidade. Se for observada apenas a questão do custo, a troca ainda não é vantajosa, pois o custo do tubo PEAD ainda é muito elevado, o que se justifica pelo fato deste tubo ser fabricado com alto controle de qualidade, fazendo-se necessário a utilização de maquinário de ponta na sua produção.

Vale destacar também que, os construtores ainda têm mais confiança na utilização de tubos de concreto, pois é uma solução existente há muitos anos e que funciona muito bem quando feita a instalação de forma correta e com tubos de qualidade. Também, os tubos de concreto são fáceis de comprar, pois existem várias fábricas e seu custo é bem inferior do que o tubo em PEAD.

Apesar de já existir a alguns anos no mercado internacional, o tubo PEAD para drenagem pluvial traz consigo a evolução e dinamismo que as obras atuais exigem, demonstrando-se como uma tecnologia muito interessante, com vida útil mais elevada do que o concreto, levando-nos a acreditar que este sistema necessita de menos reparos.

Por todos os fatores anteriormente mencionados de qualidade, segurança, resistência e durabilidade, esta tecnologia apresenta-se como vantajosa. Assim, espera-se que o custo para o fornecimento de tubulações em PEAD venha a cair nos próximos anos.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15645**: Execução de obras de esgoto sanitário e drenagem de águas pluviais utilizando-se tubos e aduelas de concreto. Rio de Janeiro, 2008.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12266**: Projeto e execução de valas para assentamento de tubulação de água, esgoto ou drenagem urbana. Rio de Janeiro, 1992.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8890**: Tubo de Concreto de Seção Circular para Águas Pluviais e Esgotos Sanitários – Requisitos e Métodos de Ensaio. Rio de Janeiro, 2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS FABRICANTES DE TUBOS DE CONCRETO. **Avaliação Comparativa de Desempenho entre Tubos Rígidos e Flexíveis para Utilização em Obras de Drenagem de Águas Pluviais**. São Paulo, 2003. Disponível em: <http://www.abtc.com.br/site/download/avaliacao_obras_drenagem.pdf>. Acesso em: 18 maio. 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS FABRICANTES DE TUBOS DE CONCRETO. **Tubos e aduelas de concreto**. Disponível em: <http://www.abtc.com.br/site/tubos_aduelas.php>. Acesso em: 18 maio. 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS FABRICANTES DE TUBOS DE CONCRETO. **Manual Técnico de Drenagem e Esgoto Sanitário – Tubos e Aduelas de Concreto – Projetos, especificações e controle de qualidade**. São Paulo, 2008. Disponível em: <http://www.abtc.com.br/site/download_livro.php>. Acesso em: 18 maio. 2017.
- BARBOZA, Nathalia. Saneamento. **Revista Infraestrutura Urbana**. 2016. Disponível em: <<http://infraestruturaurbana.pini.com.br/solucoes-tecnicas/61/uso-de-tubos-de-PEAD-avancao-subsolo-das-cidades-371921-1.aspx>>. Acesso em: 15 maio. 2017.
- BAVARESCO, Carlos. **Saneamento Básico**. Florianópolis, 2016. Apostila da disciplina de Saneamento do curso de Engenharia Civil da Unisul.
- Bio Pré Moldados de Concreto. **Tubos de concreto para águas pluviais**. <<http://www.biopremoldados.com.br/produtos.htm>>. Acesso em: 06 jun.2017.
- BIRKHAHN, Phellipp; OLIVEIRA, Wellington. **Análises das não conformidades de tubos de concreto, não armados, destinados a condução de águas pluviais, conforme a NBR8890/2007**. 2014. 75 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2014.
- BOTELHO, Manoel Henrique Campos. **Águas de chuva: engenharia das águas pluviais nas cidades**. São Paulo: Edgard Blucher, 1998.
- CANHOLI, Aluísio Pardo. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

CORSINI, Rodnei. Saneamento. **Revista Infraestrutura Urbana**. 2005. Disponível em: <<http://infraestruturaurbana.pini.com.br/solucoes-tecnicas/2/artigo212986-1.aspx>>. Acesso em: 13 abr. 2017.

CORSINI, Rodnei. Saneamento: Tubulação PEAD. **Revista Infraestrutura Urbana** 2011. Disponível em: <<http://infraestruturaurbana.pini.com.br/solucoes-tecnicas/2/tubulacao-pead-leveza-e-facilidade-de-transporte-sao-caracteristicas-212986-1.aspx>>. Acesso em: 15 maio. 2017.

DiBlocos Construções Inteligentes. **Tubos de concreto**. Disponível em: <<http://www.diblocos-rs.com.br/tubos-de-concreto.php>>. Acesso em: 06.jun.2017.

FERNANDES, Carlos. **MICRODRENAGEM**: Um Estudo Inicial. 2002. <Disponível em: <<http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/Dren01.html>>. Acesso em: 04 abr. 2017.

FERNANDES, Idário. **Blocos e Paviers**: Produção e Controle de Qualidade. São Paulo: Treino Assessoria e Treinamento Empresariais LTDA, 2008.

HANSMANN, Henrique Zanotta. **Descrição e Caracterização das Principais Enchentes e Alagamentos de Pelotas-RS**. 2013. 61 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2013.

LIBERATO, Thaís Souza. **Utilização de tubos de PVC Rib Loc para rede de águas pluviais**. 2015. 78 f. Monografia (Curso de Especialização em Construção Civil) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.

LIMA, Jander; NASCIMENTO, Lucas; BITTENCOURT, Mirian. **Estudo e comparativo entre tubos circulares rígidos de concreto e tubos circulares flexíveis de PVC Rib Loc para águas pluviais**. 2010. 93 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Civil) - Universidade Vale do Rio Doce, Governador Valadares, 2010.

PESCARINI, Tania. Saneamento: Galerias de águas pluviais. **Revista Infraestrutura Urbana**. 2011. Disponível em: <<http://infraestruturaurbana.pini.com.br/solucoes-tecnicas/4/galerias-de-aguas-pluviais-220138-1.aspx>>. Acesso em: 15 maio. 2017.

PITA, Marina. Saneamento. Galeria de água pluvial. **Revista Infraestrutura Urbana**. 2011. Disponível em: <<http://infraestruturaurbana.pini.com.br/solucoes-tecnicas/11/galeria-de-agua-pluvial-os-detalhes-tecnicos-do-projeto-245146-1.aspx>>. Acesso em: 19 maio. 2017.

POLETO, Cristiano. SUDS (Sustainable Urban Drainage Systems): Uma Contextualização Histórica. **Revista Thema**; Pelotas, v. 8, n. 1, 2011. Disponível em: <<http://revistathema.ifsul.edu.br/index.php/thema/article/view/38/38>>. Acesso em: 13 abr. 2017.

RELVAS, Fernando J.; GIMENEZ, Alírio Brasil; SEGNINI, Marco Aurélio W. Como Construir: Galerias de drenagem de águas pluviais com tubos de concreto. **Revista Techne**. Editora Pini, Edição 93, 2004. Disponível em: <<https://portalseer.ufba.br/index.php/gesta/article/view/7105/4877>>. Acesso em: 30 abr. 2017.

ROCHA, Anderson Fernando; BACK, Álvaro José. A drenagem urbana como área de atuação da agrimensura. **Revista do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da UNESC: Tecnologia e Ambiente**; Criciúma, v. 14, n.1, p. 69-90, 2008. Disponível em: <periódicos.unesc.net/tecnoambiente/article/view/1092/1053>. Acesso em: 7 maio. 2017.

TASCA, Fabiane Andressa. **Gestão da drenagem urbana na bacia hidrográfica do Rio Itajaí-Açu**. 2012. 141 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

TIGRE-ADS. **Catálogo de Tubulações Corrugadas: Soluções em Tubulações Corrugadas de PEAD**. Disponível em: <http://www.tigre-ads.com/Content/uploads/arquivos/CATALOGO-GERAL-TIGRE-ADS-2016_56c977fd-eb93-4cf5-8a68-b1b067a3fda7.pdf>. Acesso em: 2 jun. 2017.

TIGRE-ADS. **Manual de Bolso para instalação de Tubulações Corrugadas TIGRE-ADS**. Disponível em: <http://www.tigre-ads.com/Content/uploads/arquivos/MANUAL-DE-INSTALACAO-_2c289565-370c-47c2-8b6c-5d67edc512b0.pdf>. Acesso em: 2 jun. 2017.

TIGRE-ADS. **Profundidade Mínima para Tubos Corrugados DrenPro Infra**. 2015. Disponível em: <http://www.tigre-ads.com/Content/uploads/arquivos/2.01-Recobrimento-Minimo-e-Maximo-para-tubos-DrenPro-Infra_8e78a6b2-00de-4697-8934-54e9ba1a609e.pdf>. Acesso em: 2 jun. 2017.

TUCCI, C. E. M e outros. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4ª ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2007.

UNESC. **Tecnologia e Ambiente**; Criciúma, v. 14, n.1, p. 69-90, 2008. Disponível em: <periódicos.unesc.net/tecnoambiente/article/view/1092/1053>. Acesso em: 7 maio. 2017.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Quantidades de serviços para concreto

TRECHO	L	DN	Cota do Terreno		Recobrimento		Cota do Coletor		Diâmetro externo	Profundidade da Vala		Cota de Fundo da Vala		Largura da Vala	Volume de Lastro	Volume Escavado	Volume da Tubulação	Volume de reaterro	Volume de Bota fora
			Montante	Jusante	Montante	Jusante	Montante	Jusante		Montante	Jusante	Montante	Jusante						
	(m)	(mm)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(mm)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m²)	(m²)	(m³)	(m²)	(m²)
Rua T-1	65,00	400	22,604	22,473	0,6	0,794	22,004	21,679	480	1,08	1,274	21,524	21,199	0,9	8,775	77,630	11,762	57,092	23,207
Rua L-2	58,00	400	22,604	22,000	0,6	0,634	22,004	21,366	480	1,08	1,114	21,524	20,886	0,9	7,830	65,093	10,495	46,768	20,708
Rua T-2	69,00	400	22,000	20,901	0,634	0,639	21,366	20,262	480	1,114	1,119	20,886	19,782	0,9	9,315	78,650	12,486	56,849	24,635
Rua T-3	52,00	400	19,402	18,493	0,6	0,601	18,802	17,892	480	1,08	1,081	18,322	17,412	0,9	7,020	57,587	9,410	41,158	18,566
Rua L-3	40,00	400	18,493	17,579	0,601	0,607	17,892	16,972	480	1,081	1,087	17,412	16,492	0,9	5,400	44,424	7,238	31,786	14,281
Rua T-4	64,00	400	17,989	17,579	0,607	0,613	17,382	16,966	480	1,087	1,093	16,902	16,486	0,9	8,640	71,424	11,581	51,203	22,850
Rua L-4	48,00	500	17,579	17,113	0,613	0,627	16,966	16,486	600	1,213	1,227	16,366	15,886	1,1	7,920	72,336	13,572	50,844	24,286
Rua T-5	111,00	600	17,113	16,716	0,627	0,785	16,486	15,931	710	1,337	1,495	15,776	15,221	1,2	19,980	208,591	43,947	144,664	72,238
R. Albertina Clasen	87,00	400	28,204	25,378	0,6	0,645	27,604	24,733	480	1,08	1,125	27,124	24,253	0,9	11,745	98,071	15,743	70,583	31,062
R. Albertina Clasen	67,00	400	27,840	20,048	0,6	0,6135	27,24	19,4345	480	1,08	1,0935	26,76	18,9545	0,9	9,045	74,576	12,124	53,407	23,921
Rua T-3	60,00	500	20,048	19,705	0,6135	0,6185	19,4345	19,0865	600	1,2135	1,2185	18,8345	18,4865	1,1	9,900	90,156	16,965	63,291	30,357
Rua T-4	68,00	400	17,744	17,176	0,6	0,6032	17,144	16,5728	480	1,08	1,0832	16,664	16,0928	0,9	9,180	75,374	12,305	53,889	24,278
Rua L-5	110,00	400	17,176	15,338	0,6032	0,6132	16,5728	14,7248	480	1,0832	1,0932	16,0928	14,2448	0,9	14,850	122,582	19,905	87,827	39,273
Rua L-7	257,00	600	15,338	12,758	0,6132	0,6289	14,7248	12,1291	710	1,3232	1,3389	14,0148	11,4191	1,2	46,260	456,756	101,751	308,745	167,253
Rua T-5	65,00	400	17,040	16,782	0,6	0,9985	16,44	15,7835	480	1,08	1,4785	15,96	15,3035	0,9	8,775	83,611	11,762	63,074	23,207
Rua T-7	93,00	400	12,184	11,576	0,6	0,6616	11,584	10,9144	480	1,08	1,1416	11,104	10,4344	0,9	12,555	105,529	16,829	76,145	33,204
Rua T-6	67,00	400	13,155	12,977	0,6	0,757	12,555	12,22	480	1,08	1,237	12,075	11,74	0,9	9,045	78,903	12,124	57,734	23,921
Rua L-6	62,00	400	12,977	12,737	0,757	0,827	12,22	11,91	480	1,237	1,307	11,74	11,43	0,9	8,370	79,348	11,219	59,758	22,136
Rua T-7	40,00	400	12,947	12,737	0,827	0,817	12,12	11,92	480	1,307	1,297	11,64	11,44	0,9	5,400	52,272	7,238	39,634	14,281
Rua T-8	36,00	400	12,700	12,554	0,6	0,634	12,1	11,92	480	1,08	1,114	11,62	11,44	0,9	4,860	40,403	6,514	29,028	12,853
Rua L-9	62,00	400	12,554	12,512	0,634	0,9981	11,92	11,5139	480	1,114	1,4781	11,44	11,0339	0,9	8,370	80,690	11,219	61,100	22,136

TRECHO	L	DN	Cota do Terreno		Recobrimento		Cota do Coletor		Diâmetro externo	Profundidade da Vala		Cota de Fundo da Vala		Largura da Vala	Volume de Lastro	Volume Escavado	Volume da Tubulação	Volume de reaterro	Volume de Bota fora
			Montante	Jusante	Montante	Jusante	Montante	Jusante		Montante	Jusante								
	(m)	(mm)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(mm)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m²)	(m²)	(m³)	(m³)	(m³)
Rua T-9	122,00	400	12,695	12,691	0,6	1,206	12,095	11,485	480	1,08	1,686	11,615	11,005	0,9	16,470	168,323	22,077	129,777	43,558
Rua T-6	77,00	400	13,960	13,475	0,6	0,6155	13,36	12,8595	480	1,08	1,0955	12,88	12,3795	0,9	10,395	85,776	13,934	61,447	27,491
Rua T-7	63,00	400	13,318	13,110	0,6	0,707	12,718	12,403	480	1,08	1,187	12,238	11,923	0,9	8,505	72,774	11,400	52,869	22,493
Rua T-8	63,00	400	13,010	12,845	0,6	0,75	12,41	12,095	480	1,08	1,23	11,93	11,615	0,9	8,505	73,994	11,400	54,088	22,493
Rua T-9	85,00	400	12,639	11,933	0,6	0,6165	12,039	11,3165	480	1,08	1,0965	11,559	10,8365	0,9	11,475	94,726	15,381	67,870	30,348
Rua L-8	68,00	400	13,979	13,197	0,6	0,6136	13,379	12,5834	480	1,08	1,0936	12,899	12,1034	0,9	9,180	75,692	12,305	54,207	24,278
Rua T-7	109,00	400	13,197	12,438	0,6136	0,6176	12,5834	11,8204	480	1,0936	1,0976	12,1034	11,3404	0,9	14,715	122,193	19,724	87,754	38,916
Rua L-10	34,00	600	12,438	12,131	0,6	0,616	11,838	11,515	944	1,544	1,56	10,894	10,571	1,4	7,140	81,015	23,796	50,079	34,958
Rua T-8	113,00	400	12,872	12,828	0,6	1,121	12,272	11,707	480	1,08	1,601	11,792	11,227	0,9	15,255	151,584	20,448	115,881	40,344
Rua L-10	51,00	500	12,114	11,933	1,121	1,195	10,993	10,738	600	1,721	1,795	10,393	10,138	1,1	8,415	107,039	14,420	84,204	25,803
Rua T-8	113,00	500	12,105	11,447	0,6	0,62	11,505	10,827	600	1,2	1,22	10,905	10,227	1,1	18,645	169,048	31,950	118,453	57,172
Rua L-11	103,00	500	11,644	11,447	0,62	0,938	11,024	10,509	600	1,22	1,538	10,424	9,909	1,1	16,995	173,236	29,123	127,118	52,113
Rua T-9	41,00	400	12,840	12,772	0,6	0,737	12,24	12,035	480	1,08	1,217	11,76	11,555	0,9	5,535	47,915	7,419	34,960	14,638
Rua L-1	58,00	1000	24,250	22,833	1	1,033	23,25	21,8	1160	2,16	2,193	22,09	20,64	1,6	13,920	215,899	61,296	140,683	84,994
Rua L-1	48,000	1000	22,833	21,360	1,033	1,240	21,8	20,12	1160	2,193	2,4	20,64	18,96	1,6	11,520	187,891	50,728	125,643	70,340
Rua L-1	104,000	1000	21,360	18,414	1,240	1,362	20,12	17,052	1160	2,4	2,522	18,96	15,892	1,6	24,960	434,470	109,911	299,600	152,404
Rua L-1	100,000	1000	18,414	15,468	1,362	1,366	17,052	14,102	1160	2,522	2,526	15,892	12,942	1,6	24,000	427,840	105,683	298,157	146,542
Rua L-1	118,000	1200	15,468	13,248	1,366	1,506	14,102	11,742	1392	2,758	2,898	12,71	10,35	1,8	31,860	632,527	179,577	421,090	238,924
Rua L-1	119,000	1500	13,248	12,691	1,506	1,544	11,742	11,147	1740	3,246	3,284	10,002	9,407	2,1	37,485	853,409	282,967	532,957	362,110
TOTAL	3170,000														528,210	6289,356	1399,729	4361,417	2178,571

APÊNDICE B – Quantidades de serviços para PEAD

TRECHO	L	DN	Cota do Terreno		Recobrimento		Cota do Coletor		Diâmetro externo	Profundidade da Vaia		Cota de Fundo da Vaia		Largura da Vaia	Volume de Lastro	Volume Escavado	Volume da Tubulação	Volume de reaterro	Volume de Bota fora
			Montante	Jusante	Montante	Jusante	Montante	Jusante		Montante	Jusante	Montante	Jusante						
			(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)		(m)	(m)	(m)	(m)						
Rua T-1	65,00	375	22,604	22,473	0,3	0,494	22,304	21,979	448	0,748	0,942	21,856	21,531	0,856	8,346	55,362	10,246	36,770	21,009
Rua L-2	58,00	375	22,604	22,000	0,3	0,334	22,304	21,666	448	0,748	0,782	21,856	21,218	0,856	7,447	45,428	9,143	28,838	18,747
Rua T-2	69,00	375	22,000	20,901	0,3	0,305	21,7	20,596	448	0,748	0,753	21,252	20,148	0,856	8,860	53,187	10,877	33,451	22,302
Rua T-3	52,00	375	19,402	18,493	0,3	0,301	19,102	18,192	448	0,748	0,749	18,654	17,744	0,856	6,677	39,994	8,197	25,120	16,807
Rua L-3	40,00	375	18,493	17,579	0,3	0,306	18,193	17,273	448	0,748	0,754	17,745	16,825	0,856	5,136	30,850	6,305	19,409	12,929
Rua T-4	64,00	375	17,989	17,579	0,3	0,306	17,689	17,273	448	0,748	0,754	17,241	16,825	0,856	8,218	49,360	10,088	31,054	20,686
Rua L-4	48,00	450	17,579	17,113	0,3	0,314	17,279	16,799	545	0,845	0,859	16,734	16,254	0,981	7,063	47,182	11,198	28,921	20,635
Rua T-5	111,00	600	17,113	16,716	0,3	0,458	16,813	16,258	717	1,017	1,175	16,096	15,541	1,196	19,913	165,414	44,818	100,683	73,146
R. Albertina Clasen	87,00	375	28,204	25,378	0,3	0,345	27,904	25,033	448	0,748	0,793	27,456	24,585	0,856	11,171	68,551	13,714	43,667	28,120
R. Albertina Clasen	67,00	375	27,840	20,048	0,3	0,3135	27,54	19,7345	448	0,748	0,7615	27,092	19,2865	0,856	8,603	51,889	10,561	32,725	21,656
Rua T-3	60,00	375	20,048	19,705	0,3	0,305	19,748	19,4	448	0,748	0,753	19,3	18,952	0,856	7,704	46,250	9,458	29,088	19,393
Rua T-4	68,00	375	17,744	17,176	0,3	0,3032	17,444	16,8728	448	0,748	0,7512	16,996	16,4248	0,856	8,731	52,364	10,719	32,914	21,979
Rua L-5	110,00	375	17,176	15,338	0,3	0,31	16,876	15,028	448	0,748	0,758	16,428	14,58	0,856	14,124	85,026	17,340	53,563	35,554
Rua L-7	257,00	600	15,338	12,758	0,3	0,3157	15,038	12,4423	717	1,017	1,0327	14,321	11,7253	1,196	46,106	361,116	103,767	211,243	169,357
Rua T-5	65,00	375	17,040	16,782	0,3	0,6985	16,74	16,0835	448	0,748	1,1465	16,292	15,6355	0,856	8,346	61,051	10,246	42,459	21,009
Rua T-7	93,00	375	12,184	11,576	0,3	0,3616	11,884	11,2144	448	0,748	0,8096	11,436	10,7664	0,856	11,941	73,940	14,660	47,339	30,059
Rua T-6	67,00	375	13,155	12,977	0,3	0,457	12,855	12,52	448	0,748	0,905	12,407	12,072	0,856	8,603	56,004	10,561	36,840	21,656
Rua L-6	62,00	375	12,977	12,737	0,3	0,37	12,677	12,367	448	0,748	0,818	12,229	11,919	0,856	7,961	49,516	9,773	31,782	20,039
Rua T-7	40,00	375	12,947	12,737	0,3	0,29	12,647	12,447	448	0,748	0,738	12,199	11,999	0,856	5,136	30,576	6,305	19,135	12,929
Rua T-8	36,00	375	12,700	12,554	0,3	0,334	12,4	12,22	448	0,748	0,782	11,952	11,772	0,856	4,622	28,197	5,675	17,899	11,636
Rua L-9	62,00	375	12,554	12,512	0,3	0,6641	12,254	11,8479	448	0,748	1,1121	11,806	11,3999	0,856	7,961	57,320	9,773	39,586	20,039

TRECHO	L	DN	Cota do Terreno		Recobrimento		Cota do Coletor		Diâmetro externo	Profundidade da Vala		Cota de Fundo da Vala		Largura da Vala	Volume de Lastro	Volume Escavado	Volume da Tubulação	Volume de reaterro	Volume de Bota fora
			Montante	Jusante	Montante	Jusante	Montante	Jusante		Montante	Jusante	Montante	Jusante						
	(m)	(mm)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(mm)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m²)	(m³)	(m²)	(m³)
Rua T-9	122,00	375	12,695	12,691	0,3	0,906	12,395	11,785	448	0,748	1,354	11,947	11,337	0,856	15,665	125,423	19,231	90,527	39,432
Rua T-6	77,00	375	13,960	13,475	0,3	0,3155	13,66	13,1595	448	0,748	0,7635	13,212	12,7115	0,856	9,887	59,700	12,138	37,675	24,888
Rua T-7	63,00	375	13,318	13,110	0,3	0,407	13,018	12,703	448	0,748	0,855	12,57	12,255	0,856	8,089	51,312	9,931	33,292	20,363
Rua T-8	63,00	375	13,010	12,845	0,3	0,45	12,71	12,395	448	0,748	0,898	12,262	11,947	0,856	8,089	52,472	9,931	34,452	20,363
Rua T-9	85,00	375	12,639	11,933	0,3	0,3165	12,339	11,6165	448	0,748	0,7645	11,891	11,1685	0,856	10,914	65,939	13,399	41,626	27,473
Rua L-8	68,00	375	13,979	13,197	0,3	0,3136	13,679	12,8834	448	0,748	0,7616	13,231	12,4354	0,856	8,731	52,667	10,719	33,216	21,979
Rua T-7	109,00	375	13,197	12,438	0,3	0,304	12,897	12,134	448	0,748	0,752	12,449	11,686	0,856	13,996	83,974	17,182	52,796	35,231
Rua L-10	34,00	600	12,438	12,131	0,3	0,316	12,138	11,815	717	1,017	1,033	11,421	11,098	1,196	6,100	47,780	13,728	27,953	22,405
Rua T-8	113,00	375	12,872	12,828	0,3	0,821	12,572	12,007	448	0,748	1,269	12,124	11,559	0,856	14,509	112,059	17,812	79,738	36,523
Rua L-10	51,00	450	12,114	11,933	0,3	0,374	11,814	11,559	545	0,845	0,919	11,269	11,014	0,981	7,505	51,632	11,897	32,230	21,924
Rua T-8	113,00	450	12,105	11,447	0,3	0,32	11,805	11,127	545	0,845	0,865	11,26	10,582	0,981	16,628	111,407	26,361	68,418	48,577
Rua L-11	103,00	375	11,644	11,447	0,3	0,618	11,344	10,829	448	0,748	1,066	10,896	10,381	0,856	13,225	93,194	16,236	63,732	33,291
Rua T-9	41,00	375	12,840	12,772	0,3	0,437	12,54	12,335	448	0,748	0,885	12,092	11,887	0,856	5,264	33,920	6,463	22,193	13,252
Rua L-1	58,00	900	24,250	22,833	0,3	0,333	23,95	22,5	1054	1,354	1,387	22,896	21,446	1,605	13,964	141,543	50,606	76,974	72,963
Rua L-1	48,000	900	22,833	21,360	0,3	0,507	22,533	20,853	901	1,201	1,408	21,632	19,952	1,425	10,260	99,488	30,604	58,624	46,177
Rua L-1	104,000	900	21,360	18,414	0,3	0,422	21,06	17,992	1054	1,354	1,476	20,006	16,938	1,605	25,038	261,230	90,741	145,451	130,830
Rua L-1	100,000	900	18,414	15,468	0,3	0,304	18,114	15,164	1054	1,354	1,358	17,06	14,11	1,605	24,075	241,713	87,251	130,387	125,799
Rua L-1	118,000	1005	15,468	13,248	0,3	0,440	15,168	12,808	1216	1,516	1,656	13,952	11,592	1,815	32,126	371,799	137,037	202,636	191,154
Rua L-1	119,000	1500	13,248	12,691	0,6	0,638	12,648	12,053	1699	2,299	2,337	10,949	10,354	2,4	42,840	704,861	269,789	392,232	353,270
TOTAL	3170,000														509,572	4270,692	1194,481	2566,638	1925,580