

**CENTRO UNIVERSITÁRIO BRASILEIRO - UNIBRA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**BRUNA RAYANE BRITO RAMOS
JACKSON JOSÉ DA SILVA
JOÃO PABLO MARTINS PEREIRA
TASSIO JOSE LIMA DOS SANTOS
THIAGO FILIPE DE FREITAS BURGOS**

**ANÁLISE COMPARATIVA DA UTILIZAÇÃO DE TUBO DE CONCRETO E PEAD
NA DRENAGEM PLUVIAL URBANA**

**RECIFE
2022.2**

**BRUNA RAYANE BRITO RAMOS
JACKSON JOSE DA SILVA
JOÃO PABLO MARTINS PEREIRA
TASSIO JOSE LIMA DOS SANTOS
THIAGO FILIPE DE FREITAS BURGOS**

**ANÁLISE COMPARATIVA DA UTILIZAÇÃO DE TUBO DE CONCRETO E PEAD NA
DRENAGEM PLUVIAL URBANA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Disciplina TCC do Curso de Engenharia Civil do Centro
Universitário Brasileiro - UNIBRA, como parte dos
requisitos para conclusão do curso.

Orientador (a): Profa. A Dra. Elaine Cavalcanti
Rodrigues Vaz

RECIFE
2022.2

BRUNA RAYANE BRITO RAMOS

Ficha catalográfica elaborada pela
bibliotecária: Dayane Apolinário, CRB4- 2338/ O.

A532 Análise comparativa da utilização de tubo de concreto e PEAD na drenagem
pluvial urbana / Bruna Rayane Brito Ramos [et al]. - Recife: O Autor, 2022.
56 p.

Orientador(a): Dra. Elaine Cavalcanti Rodrigues Vaz.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Centro Universitário
Brasileiro – UNIBRA. Bacharelado em Engenharia Civil, 2022.

Inclui Referências.

1. Drenagem. 2. Concreto. 3. PEAD. 4. Urbana. 5. Impermeabilização. I.
Silva, Jackson José da. II. Pereira, João Pablo Martins. III. Santos, Tássio
Jose Lima dos. IV. Burgos, Thiago Filipe de Freitas. V. Centro Universitário
Brasileiro - UNIBRA. VI. Título.

CDU: 624

AGRADECIMENTOS

Nossos agradecimentos são direcionados aos nossos familiares que proporcionou a oportunidade de ingressar nessa faculdade para que pudéssemos realizar nosso sonho acadêmico, como desempenharam um grande papel nos apoiando a cada fase desta graduação, acreditando em nosso esforço e comprometimento, no qual se manteve presente em todos os desafios obtidos durante essa jornada onde foram compreensivos com nossas ausências por conta dos estudos, foram nossos entes queridos que nos deram garra e força para a conclusão de nossos objetivos com garra e superação.

Queremos também dedicar nossos agradecimentos pela orientação da Professora Dra. Elaine Cavalcanti Rodrigues Vaz, que desempenhou um grande trabalho nos guiando para a melhor execução deste trabalho tão importante em nossa carreira acadêmica, no qual deu atenção aos mínimos detalhes e compreensão no melhor formato que uma professora competente poderia desempenhar em nossa orientação desejamos sucesso em sua carreira e muita prosperidade para desempenhar mais orientações durante sua vida. Todos os integrantes agradecem imensamente pela sua orientação.

“Uma mente que se abre a uma nova ideia
jamais volta ao seu tamanho original”.

(Albert Einstein)

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|--|----|
| Figura 01: Evolução da urbanização no Brasil e no mundo..... | 07 |
| Figura 02: Apresenta a estrutura do Plano Diretor de Drenagem urbana..... | 09 |
| Figura 03: Sistema de Microdrenagem..... | 11 |
| Figura 04: Tipos de boca de Lobo..... | 15 |
| Figura 05: Construção da caixa de bueiro junto a tubulação de PEAD..... | 20 |
| Figura 06: Armadura de Aço com espaçadores..... | 23 |
| Figura 07: Forma utilizada para a fabricação do tubo..... | 24 |
| Figura 08: Armazenamento dos tubos de concreto..... | 25 |
| Figura 09: Manilhas de Concreto Armado..... | 26 |
| Figura 10: Tubo corrugado em PEAD..... | 29 |
| Figura 11: Medidas Necessária para a Execução da Escavação e Aterro..... | 31 |
| Figura 12: Instalação de Tubo PEAD, Utilização de Alavanca e Barra de Ferro..... | 31 |
| Figura 13: Instalação de Tubo PEAD Utilizando Escavadeira..... | 32 |
| Figura 14: Instalação de Tubo PEAD Utilizando em conjunto com cinta..... | 32 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 01 - Crescimento da População Urbana..... | 07 |
| Tabela 02: Coeficiente de Rugosidade..... | 14 |
| Tabela 03 - Declividade de Galeria..... | 18 |
| Tabela 04- Tabela de Diâmetros do Tubo PEAD..... | 30 |
| Tabela 05 - Orçamento dos tubos de concreto..... | 34 |
| Tabela 06 -Orçamento dos tubos de concreto referente a um determinado trecho..... | 34 |
| Tabela 07 - Orçamento dos tubos de PEAD..... | 35 |
| Tabela 08 - Orçamento dos tubos PEAD referente a um determinado trecho..... | 35 |
| Tabela 09 - Representa a quantidade material para determinado trecho..... | 36 |
| Tabela 10 - Comparativos de volumes de Reaterro..... | 36 |
| Tabela 11 -Resumos dos custos de escavação..... | 37 |
| Tabela 12 - Referente ao Reaterro..... | 37 |
| Tabela 13 - Resumo dos custos do Reaterro..... | 37 |
| Tabela 14 - Tabela de custo de escavação e Reaterro dos tubos de concreto..... | 38 |
| Tabela 15 - Tabela de custo de escavação e Reaterro dos tubos PEAD..... | 38 |
| Tabela 16 - Comparativo de Lastro de brita..... | 38 |
| Tabela 17- Resumo dos Custos da Camada de Brita (Concreto) e Areia (PEAD)..... | 39 |
| Tabela 18 - Comparativo de volume e transporte..... | 39 |
| Tabela 19 - Transporte de tubos Concreto..... | 39 |
| Tabela 20 - Transporte de tubos PEAD..... | 39 |
| Tabela 21 - Custo total referente à execução de drenagem pluvial com Tubulação PEAD e tubulação de concreto..... | 40 |
| Tabela 22: Comparativo de custos totais para implantação das diferentes redes..... | 40 |
| Tabela 23: Custo total de implantação – Tubos de concreto..... | 41 |
| Tabela 24: Custo total de implantação – Tubos de PEAD..... | 41 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|------|--|
| ABNT | Associação Brasileira de Normas Técnicas |
| ABTC | Associação Brasileira de Logística e Transporte de Carga |
| ABTC | Associação Brasileira de Fabricantes de Tubos de Concreto |
| ADS | Advanced Drainage Systems Inc. (Sistemas avançados de drenagem) |
| ASTM | American Society for Testing and Materials (Sociedade Americana de Testes e Materiais) |
| BS | Bachelor of Science (Bacharel de Ciência) |
| CEAP | Central Especializada de Alta Performance |
| CREA | Conselho Regional de Engenharia e Agronomia |
| CRFA | Concreto Reforçado com Fibras de Aço |
| DE | Diâmetro Externo |
| DER | Departamento de Estradas de Rodagem |
| DN | Diâmetro Nominal |
| JIS | Japanese Industrial Standards (Padrões Industriais Japoneses) |
| NBR | Norma Brasileira |
| NBN | National Broadband Network |
| PEAD | Polietileno de Alta Densidade |
| SDR | Standard Dimension Ratio (Diâmetro Externo Nominal) |
| UNE | União Nacional de Estudantes |
| USP | Universidade de São Paulo |

LISTA DE SÍMBOLOS

| | |
|-------|--|
| Q | Vazão (m^3/s) |
| Z | Inverso da declividade transversal (m/m) |
| I | Declividade longitudinal (m/m) |
| y | Profundidade relativa a linha de fundo (m) |
| n | Coefficiente de rugosidade do material |
| P | perímetro (m) |
| Y | altura da lâmina (m) |
| L | comprimento da abertura (m) |
| h | altura da guia (m) |
| y1 | carga da abertura da guia = $y - h/2$ |
| π | Área lateral de um cilindro |

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO..... | 01 |
| 2 DELINEAMENTO METODOLÓGICO..... | 03 |
| 3 REFERENCIAL TEÓRICO..... | 04 |
| 3.1 Drenagem Urbana..... | 04 |
| 3.1.1 Conceito..... | 05 |
| 3.1.2 As medidas de controle de inundações podem ser classificadas..... | 07 |
| 3.1.3 Planejamento..... | 08 |
| 3.2 Elementos Constituintes do sistema de Drenagem Urbana..... | 10 |
| 3.2.1 Tipos de Drenagem..... | 10 |
| 3.2.2 Microdrenagem..... | 10 |
| 3.2.3 Componentes de um sistema de drenagem de águas pluviais..... | 12 |
| 3.2.4 Macrodrenagem..... | 18 |
| 3.3 Tubulação de Concreto..... | 20 |
| 3.3.1 PRODUÇÃO (DIMENSIONAMENTO, ARMAZENAGEM, CUSTO)..... | 22 |
| 3.3.2 Tipos de Processo de Fabricação de Tubos de Concreto..... | 23 |
| 3.3.3 Armazenamento..... | 25 |
| 3.3.4 Transporte..... | 25 |
| 3.3.5 Montagem..... | 26 |
| 3.3.6 Controle de Qualidade..... | 27 |
| 3.3.7 CONCRETO REFORÇADO COM FIBRAS DE AÇO (CRFA)..... | 28 |
| 3.4 TUBULAÇÃO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDADE..... | 28 |
| 3.4.1 Implantação do Tubo PEAD..... | 30 |
| 3.4.2 Armazenagem, Manuseio e Transporte..... | 33 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 33 |
| 4.1 Análise Comparativa..... | 33 |
| 4.1.1 Material..... | 33 |
| 4.1.2 Escavação e Reaterro..... | 36 |

| | |
|--|-----------|
| 4.1.3 Berço ou Lastro de fundo..... | 38 |
| 4.1.4 Transporte..... | 39 |
| 4.1.5 Custo Total..... | 40 |
| 4.2 Análise Comparativa de Execução..... | 43 |
| 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 44 |
| 6 REFERÊNCIAS..... | 45 |

ANÁLISE COMPARATIVA DA UTILIZAÇÃO DA TUBULAÇÃO DE CONCRETO E PEAD NA DRENAGEM PLUVIAL URBANA

Bruna Rayane Brito Ramos

Jackson jose da Silva

João Pablo Pereira martins

Tássio José Lima dos Santos

Thiago Filipe de Freitas Burgos

Elaine Cavalcanti Rodrigues Vaz¹

Resumo:

As cidades contemporâneas foram crescendo em ritmo desordenado, e com má utilização do solo, resultando em grandes áreas impermeabilizadas com graves problemas de alagamento. No intuito de melhorar esses problemas recorrentes foi realizado estudos para otimizar a eficiência da drenagem da cidade investindo na implantação do sistema de gestão em drenagem pluvial que visa estabelecer as medidas de controle estruturais e não estruturais. Isto requer a quantificação dos impactos atuais, assim como a estimativa de vazão máxima. Desta forma o presente trabalho tem como objetivo realizar uma comparação da eficiência, aplicação e custos na implantação do sistema de drenagem pluvial utilizando o tubo de concreto e tubo de polietileno de alta densidade (PEAD). Onde será verificado que possuem algumas vantagens em relação ao outro, como em tubos PEAD possuem maior vida útil por se tratar de um polímero, possuem uma melhor eficiência hidráulica pois são menos rugosos, trata-se de um material mais leve o que facilita no transporte para o canteiro de obra. Já os Tubos de concreto possuem uma maior e vasta disponibilidade no mercado, seus custos são menores por ser um material de maior demanda e uso na construção civil, tem alta resistência ao fogo e a exposição de raios Solares, porém possuem peso elevado fragilidade a impactos moderados, baixa resistência à abrasão, e elevado custo de transportes, distinguindo as maiores vantagens de acordo com a situação realizada com a utilização dos tubos de concreto e PEAD.

Palavras-chave: .

1 INTRODUÇÃO

A ausência de serviços de drenagem em áreas urbanas tem sido um dos grandes responsáveis pelos alagamentos e desastres ambientais que aconteceram no decorrer dos tempos, agravando problemas de poluição, contaminação de solos e lençóis freáticos. A água quando não se tem um direcionamento correto, pode ocasionar danos materiais a população além de comprometer a saúde de quem reside próximo a áreas de baixa declividade.

Com as construções de edificações e aumento da impermeabilidade das áreas ao redor presente nas grandes cidades, o crescimento urbano de forma desenfreada e sem estudos prévios, resultam em grandes regiões impermeáveis, sem o solo conseguir fazer a sua absorção superficial, por conta do desmatamento da vegetação, com este fator conseqüentemente tem o aumento da vazão de escoamento resultando em grandes alagamentos em pontos fixos (MAROTA, 2022).

Sem a existência das construções as águas pluviais tinham seu escoamento superficial de forma lenta, sendo proporcional para que as águas pluviais pudessem abastecer os lençóis freáticos. É necessário planejamento urbano para o dimensionamento das vazões existentes em cada região, para que seja realizado drenagem com tubulações apropriadas com objetivo socioeconômico (CANHOLI,2014).

Um dos elementos mais relevantes de um sistema de coleta de água pluvial são as tubulações, a mais utilizada atualmente ainda é a tubulação de concreto, grande parte das regiões metropolitanas ainda estão compostas por este tipo de tubulação. Um material que está sendo uma grande aposta nos dimensionamentos de rede de drenagem pluvial são os tubos de polietileno corrugado, mais conhecido como PEAD pela sua versatilidade e manuseio sendo um material leve e de fácil funcionalidade (JOHN E. GRIBBIN,2017).

Este trabalho tem como principal foco a drenagem pluvial urbana, que ao longo dos anos tem aumentado a sua importância no intuito de suprir as necessidades sociais com mais eficiência nas prestações dos serviços e no desenvolvimento de novos métodos e materiais que surgiram com o tempo. Seguindo com o objetivo, foi realizado uma análise comparativa dos métodos de

utilização na drenagem pluvial urbana os tubos de concreto e os tubos de polietileno de alta densidade (PEAD).

¹ Elaine Cavalcanti Rodrigues Vaz. Doutorado em Química. E-mail:elaine.cavalcanti@grupounibra.com

2 DELINEAMENTO METODOLÓGICO

A Metodologia aplicada neste trabalho foi realizada através da utilização de pesquisas bibliográficas e também através de sites acadêmicos e empresariais.

A pesquisa bibliográfica foi executada adquirindo materiais sendo considerado livros acadêmicos, artigos científicos, pesquisas científicas de outras instituições de vários estados, teses, doutorados, dissertações e também em sites educacionais através do Google acadêmico com base de tempo até cinco anos anteriores do ano atual.

Palavras Chave: Drenagem; Concreto; PEAD; Urbana; Impermeabilização;

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Drenagem Urbana

Drenagem é o termo empregado na designação das instalações destinadas a escoar o excesso de água, seja em rodovias, na zona rural ou na malha urbana. A drenagem urbana não se restringe aos aspectos puramente técnicos impostos pelos limites restritos à engenharia, pois compreende o conjunto de todas as medidas a serem tomadas que visem à atenuação dos riscos e dos prejuízos decorrentes de inundações às quais a sociedade está sujeita (LIMA, 2011).

A urbanização das cidades brasileiras tem se caracterizado pela remoção da cobertura vegetal original, o aumento da impermeabilização, a canalização e a ocupação das planícies ribeirinhas, que, de forma geral, tendem a agravar as cheias naturais. Mostra-se evidente, portanto, a necessidade de alterar o paradigma de controle da drenagem de águas pluviais para alternativas que estejam mais próximas da sustentabilidade. Algumas alternativas promissoras têm sido trabalhadas nas municipalidades brasileiras, como o emprego de técnicas compensatórias, e em outros países com resultados excepcionais obtidos pela estratégia de Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto (MAROTTA, TOMÁS 2022).

Uma das etapas principais do ciclo hidrológico é a infiltração, uma vez que a água precipitada se infiltra no solo, armazenando-se nos lençóis freáticos, Neste modo, o volume que não se infiltra é escoado naturalmente pela superfície até encontrar seu destino natural em cursos d'água. Nesse sentido, em um ambiente modificado pelo homem, onde o solo não apresenta capacidade de infiltração, é necessário criar-se mecanismos de manejo e gerenciamento das águas da chuva, chamada de Drenagem Pluvial. Neste âmbito, para realizar este transporte, a metodologia de execução mais tradicional no mercado nacional é a utilização de tubos de concreto, porém atualmente a utilização de tubos de Polietileno de Alta Densidade nesses processos vem tomando espaço no país (MAROTTA, TOMÁS 2022).

3.1. Sistemas de Drenagem

3.1.1 Conceito

Planejar e gerenciar sistemas de drenagem urbana envolve administrar um problema de locação de espaço. (SHEAFFER E WRIGHT, 1982).

A urbanização caótica e o uso inadequado do solo provocam a redução da capacidade de armazenamento natural dos efluentes e estes, por sua vez, demandam outros locais para ocupar.

Um sistema de drenagem urbana é um conjunto de melhorias públicas existentes na área urbana, tais como as redes de água, esgotos sanitários, cabeados elétricos e telefonia, iluminação pública, pavimentação, guias e passeios, parques, áreas de lazer, entre outros (FCTH,1999).

Segundo Tucci (2003) os sistemas de drenagem urbana são projetados a fim de escoar a água precipitada o mais rápido possível, de um ponto mais alto para um ponto mais baixo. Tal planejamento e aumentos nas cidades, trouxe graves problemas para as grandes e médias cidades.

A drenagem pluvial deve ser um elemento essencial de um projeto arquitetônico ou urbanístico porque ela condiciona o funcionamento urbano e exige espaço, justamente a matéria prima da arquitetura. Como hoje não é mais admissível o livrar-se da chuva o mais rapidamente possível, sob pena de provocar inundações a jusante, o leque de obras de engenharia de controle pluvial se amplia com a incorporação de dispositivos de infiltração e armazenamento. Estes dispositivos atuam muitas vezes em conjunto e a sua conveniente localização no espaço são fatores que maximizam sua eficiência, o que só será atingido com a engenharia e arquitetura caminhando juntas. E isto é válido em todas as escalas espaciais, do lote à bacia hidrográfica, passando pelos loteamentos individuais (Tucci (2003).

O aumento relativo das enchentes nas cidades brasileiras por consequência da ausência de processos de drenagem urbana, apresenta grande impacto em áreas ocupadas com a falta de disciplinamento nos métodos de escoamento. Com o desenvolvimento da população, cada vez mais as cidades foram sendo ocupadas

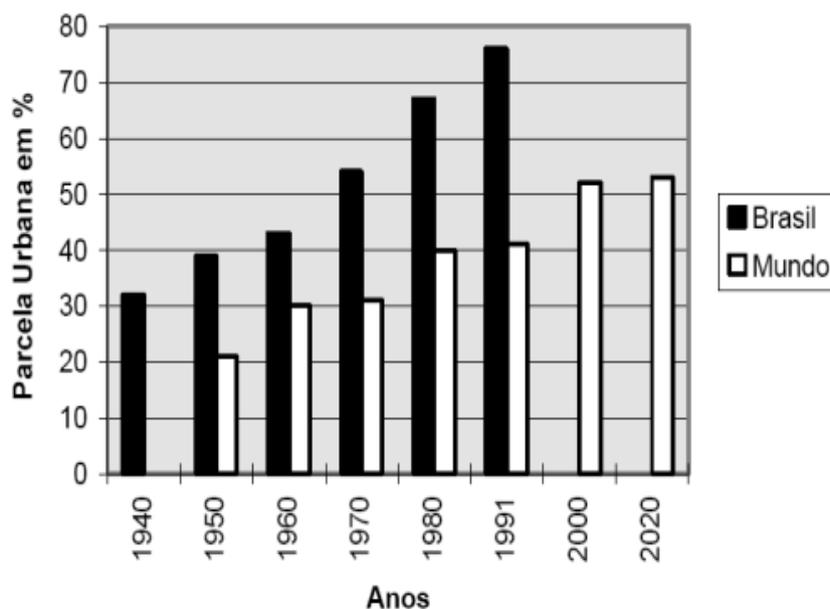
trazendo um acréscimo excessivo da poluição, que como conclusão, trouxe diversos impactos negativos aos centros urbanos. É interessante notar que as soluções alternativas de drenagem, que fogem do receituário tradicional de transporte rápido por condutos enterrados, são geralmente vistas nos países em desenvolvimento, de forma equivocada, como soluções custosas e complexas, dificultando o desenvolvimento da moderna drenagem urbana (Tucci (2003)).

O controle preventivo para evitar que essas situações aconteçam com o intuito da redução dos custos é o Plano Diretor de Drenagem Urbana, que tem como objetivo direcionar as formas de uso e ocupação das terras visando a melhoria da qualidade de vida e a conservação e a preservação dos recursos naturais. A inexistência do plano diretor, na prática, tem facilitado muito a enorme confusão que hoje reina em torno de seu conceito (Tucci (2003)).

O conceito de plano diretor (físico-territorial ou não) desenvolveu-se no Brasil mais ou menos a partir dos anos 50, embora a expressão “plano diretor” já aparecesse no Plano Agache, para o Rio de Janeiro, que é de 1930. No entanto, o zoneamento (embora sob formas rudimentares) já existia em São Paulo e Rio desde o final do século passado. Os efeitos desse processo, fazem-se sentir sobre todo o aparelhamento urbano relativo a recursos hídricos: abastecimento de água, transporte e tratamento de esgotos cloacal e pluvial (Tucci (2003)).

De acordo com Tucci (2005) a ocorrência e magnitude de inundações são decorrentes devido a impermeabilização do solo e à construção da rede pluvial. O desenvolvimento das cidades pode gerar obstruções de escoamento, como aterros, pontes, drenagens inadequadas, obstruções ao escoamento junto a condutos e assoreamentos.

O desenvolvimento urbano brasileiro apresentado na figura 01, tem produzido aumento significativo na frequência das inundações, na produção de sedimentos e na deterioração da qualidade da água (Tucci (2005)), sendo diretamente influenciadas por aspectos ligados à ocupação e transformação do espaço pelo homem.

Figura 01: Evolução da urbanização no Brasil e no mundo

(IBGE, 1996, apud FGV,1998)

Tabela 01: Crescimento da População Urbana

| Ano | População Milhões | Parcela da população urbana % |
|------|-------------------|-------------------------------|
| 1970 | 93,1 | 55,9 |
| 1980 | 118,0 | 68,2 |
| 1991 | 146,8 | 75,6 |
| 1996 | 157,1 | 78,4 |
| 2005 | 175,1 | 79,0 |
| 2015 | 192,7 | 80,0 |

(IBGE, 1996, apud FGV,1998)

3.1.2 As medidas de controle de inundações podem ser classificadas em:

Estruturais, quando modificam o sistema, buscando reduzir o risco de enchentes, pela implantação de obras para conter, reter ou melhorar a condução dos escoamentos. Estas medidas envolvem construção de barragens, diques, canalizações, reflorestamento, entre outros.

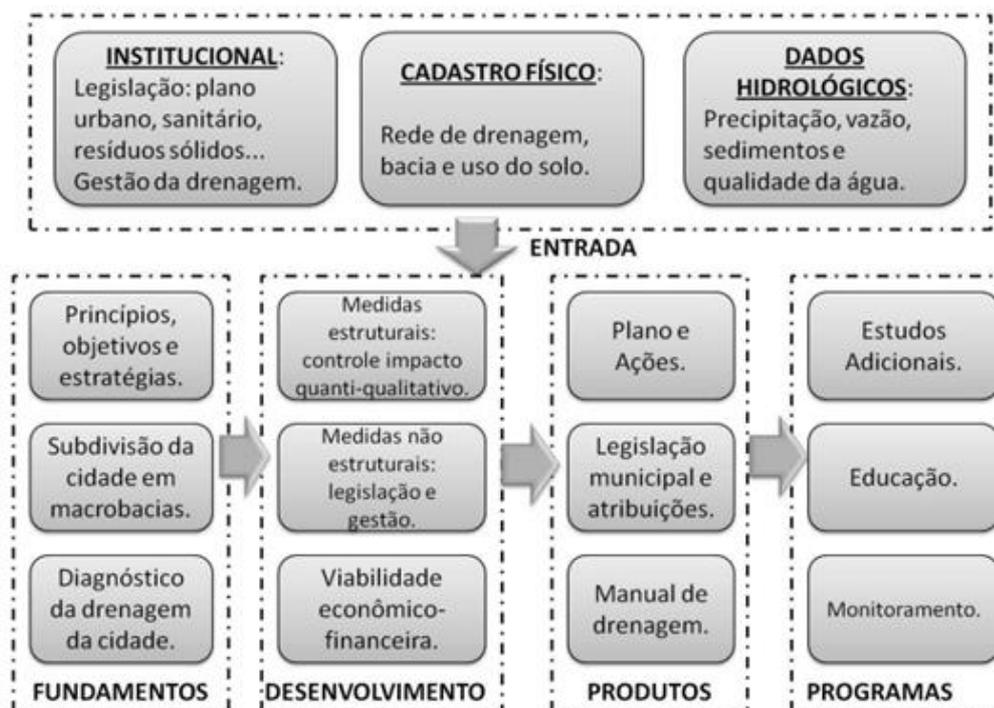
Não-estruturais, quando são propostas ações de convivência com as enchentes ou são estabelecidas diretrizes para reversão ou minimização do problema. Estas medidas envolvem o zoneamento de áreas de inundações associado ao Plano Diretor Urbano, previsão de cheia, seguro de inundação, legislações diversas, entre outros. As medidas estruturais são obras de engenharia implementadas para reduzir o risco das enchentes. Estas medidas podem ser extensivas ou intensivas. As medidas extensivas são aquelas que agem no contexto global da bacia, procurando modificar as relações entre precipitação e vazão, como a alteração da cobertura vegetal do solo, que reduz e retarda os picos de enchentes e controla a erosão da bacia.

3.1.3 Planejamento

Segundo Tucci (1997) os elementos de um princípio de planejamento parte para os seguintes conceitos:

- i. Controlar as bacias hidrográficas urbanas e não haver o isolamento de pontos;
- ii. Prever, analisar e criar ações futuras de desenvolvimento da bacia;
- iii. Evitar que o aumento das enchentes devido a urbanização seja transferido para jusante;
- iv. Utilização de medidas não estruturais em áreas ribeirinhas como: zoneamento de enchentes, seguro e previsão em tempo real;
- v. O controle deverá ser realizado através de Planos Diretores de Drenagem Urbana e administrados pelos municípios e auxiliados pelo Estado.

Figura 02: Apresenta a estrutura do Plano Diretor de Drenagem Urbana



Fonte: Adaptado de Tucci (2002).

O crescimento das áreas urbanas, e conseqüentemente, impermeabilizadas, ocorreu a partir de áreas mais baixas, próximas aos rios ou à beira mar, em direção às colinas e morros, com a necessidade da interação da população com corpos hídricos, utilizados como fonte de alimento e dessedentação, além de via de transporte (CANHOLI, 2014).

Um sistema tradicional de drenagem urbana é composto por dois sistemas, microdrenagem e macrodrenagem, no qual devem ser planejadas e projetadas sob diferentes critérios. (FCTH, 1999).

A ação antrópica no ciclo hidrológico e aumento das áreas impermeáveis nas cidades obriga o público a procurar soluções através de medidas, visando eliminar os efeitos das chuvas intensas, efeitos erosivos e melhorias de condições de uso (VIRGILIIS, 2009).

Devemos dar ênfase na solução em parte desses problemas, elaborando novos conceitos em técnicas construtivas, apresentando uma conceituação geral para um planejamento de drenagem urbana, benefícios e objetivos principais (CANHOLI, 2014).

Os pavimentos permeáveis surgem como uma solução viável que pode ser implementada em áreas urbanas públicas e particulares, ruas, parques, quadras esportivas e calçadas, assim, auxiliando na drenagem urbana em diversas cidades que sofrem com as enchentes (VIRGILIIS, 2009).

3.2 Elementos Constituintes do sistema de Drenagem Urbana

3.2.1 Tipos de Drenagem

Microdrenagem e Macrodrenagem – Os Subsistemas característicos da Drenagem Urbana.

3.2.2 Microdrenagem

Na definição de drenagem, há uma repartição de Macrodrenagem e Microdrenagem. A Macrodrenagem, segundo o CREA (2013), é o sistema de drenagem formado pelos talwegues fundamentais, como os rios, córregos, canais e outras estruturas que acumulam e carregam grandes volumes de água. O CREA (2013) também define a Microdrenagem, como sendo o sistema de drenagem relativo com as vias locais, composto pelas sarjetas, bocas-de-lobo, poços de visita, redes e outros mecanismos para o recolhimento e transporte das águas pluviais. Sendo este último, o assunto abordado no decorrer deste trabalho. FERNANDES (2009) aponta que no Brasil, institucionalmente, a infra-estrutura de microdrenagem é admitida como do domínio dos governos municipais que são obrigados ter total compromisso para determinar as atuações no setor, ampliando-se este compromisso para os governos estaduais, tendo em vista que crescem de relevância os quesitos de macrodrenagem, cuja relação principal para a organização são as bacias hidrográficas. Isto é, devem ser de responsabilidade da Prefeitura, as obrigações de infraestrutura urbana essencial relacionada à microdrenagem e serviços correspondentes, incluindo-se terraplenagens, guias, sarjetas, galerias de águas pluviais, pavimentação e obras de contenção de encostas, para diminuição de ameaça à ocupação urbana como mostra a figura 03.

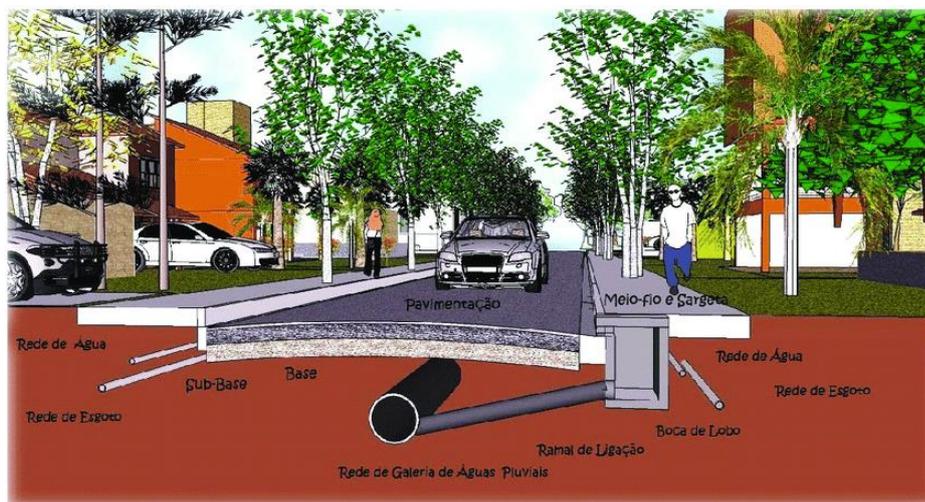
A pavimentação e a abertura de vias em uma cidade, ocasiona sempre na obrigação da efetivação de sistemas de microdrenagem, composto de mecanismos de absorção e de escoamento das águas pluviais (SUETONIO, 2012).

Segundo o CEAP (2017), a microdrenagem engloba o recolhimento e distanciamento das águas superficiais ou subterrâneas por meio de pequenas e médias galerias, estabelecendo ainda parte do sistema todos os itens do projeto para que tal aconteça.

THOMAZ (2013) questiona que um dos grandes obstáculos de se descrever sobre microdrenagem no Brasil é que até o hoje não temos normas da ABNT. As cidades, Estados, órgãos públicos, empreendedores utilizam parâmetros muito diferentes uns dos outros, sendo trabalhoso e até impossível de se fazer uma uniformização. O sistema de microdrenagem é composto por pavimentos das vias públicas, meio-fio, sarjetas, bocas de lobo e poços de visita.

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. Apresentamos os elementos básicos de um sistema convencional de drenagem de águas pluviais. A caixa ralo é um elemento do sistema de microdrenagem (THOMAZ (2013)).

Figura 03 - Sistema de Microdrenagem



Fonte: Sousa (2017)

SUETÔNIO (2012) ressalta que as águas que caem nos terrenos e nos telhados, quando não são absorvidas, transcorrem para as vias públicas, juntando-se nas laterais do pavimento, onde se localizam as sarjetas, as quais procedem para as

bocas de lobo e, dessas, para as galerias de águas pluviais, percorrendo por caixas de ligação e poços de visita.

Conforme a USP (2000), o bom desempenho do sistema de microdrenagem se sujeita fundamentalmente da realização minuciosa das obras (pavimentos das ruas, guias e sarjetas, e galerias de águas pluviais), além de conservação e manutenção freqüente, com limpeza e desobstrução das bocas de lobo e das galerias antes dos períodos chuvosos.

3.2.3 Componentes de um sistema de drenagem de águas pluviais

FERNANDES (2009) define Greide como uma linha do perfil equivalente ao eixo longitudinal da superfície livre da via pública.

BOTELHO (2011) afirma que o percurso natural para o escoamento das águas pluviais urbanas é a calha da rua. Em certas ocasiões, quando a vazão que passa é maior à quantidade permitida de transporte de calha da rua, pode ocorrer inundações ou alagamentos, convém recolher essa vazão em excesso. Temos então que recolher parte das águas pluviais, utilizando mecanismos de captação.

BARROS (1999) define sarjeta como o conduto triangular longitudinal designado a receber e levar as águas superficiais da região pavimentada da via pública à boca de lobo ou sarjetão.

“As sarjetas são feitas de concreto simples, moldado in loco, ou são feitas de paralelepípedos argamassados (BOTELHO (2011)).

SUETÔNIO (2012) define sarjetas como divisas entre os pavimentos e as calçadas das vias públicas, que atuam como condutos triangulares abertos, por onde transitam as águas de chuva.

BOTELHO (2011) afirma que as sarjetas são utilizadas para firmar as guias e para elaborar o piso de escoamento de água. Através do alargamento da rua (declividade transversal), as águas escoam, especialmente, pelas sarjetas.

Os elementos principais da microdrenagem são os meios fios, as sarjetas, as bocas de lobo, os poços de visita, as galerias, os condutos forçados, as estações de bombeamento e os sarjetões.

- Meio-fio: São constituídos de blocos de concreto ou de pedra, situados entre a via pública e o passeio, com sua face superior nivelada com o passeio, formando uma faixa paralela ao eixo da via pública.
- Sarjetas: São as faixas formadas pelo limite da via pública com os meios fios, formando uma calha que coleta as águas pluviais oriundas da rua.
- Bocas-de-lobo: São dispositivos de captação das águas das sarjetas.
- Poços de visita: São dispositivos colocados em pontos convenientes do sistema, para permitir sua manutenção.
- Galerias: São as canalizações públicas destinadas a escoar as águas pluviais oriundas das ligações privadas e das bocas-de-lobo.
- Conduitos forçados e estações de bombeamento: Quando não há condições de escoamento por gravidade para a retirada da água de um canal de drenagem para um outro, recorre-se aos conduitos forçados e às estações de bombeamento.
- Sarjetões: São formados pela própria pavimentação nos cruzamentos das vias públicas, formando calhas que servem para orientar o fluxo das águas que escoam pelas sarjetas.

Para encontrar a capacidade das sarjetas temos o cálculo de Manning modificado por Izzard, representado pela equação:

$$Q = 0,375 \times (Z/n) \times i^{0,5} \times y^{8/3}$$

Onde:

Q = Vazão (em m³/s);

Z = Inverso da declividade transversal (em m/m);

I = Declividade longitudinal (em m/m);

y = Profundidade relativa a linha de fundo (em m);

n = Coeficiente de rugosidade do material;

Tabela 02 - Coeficiente de rugosidade

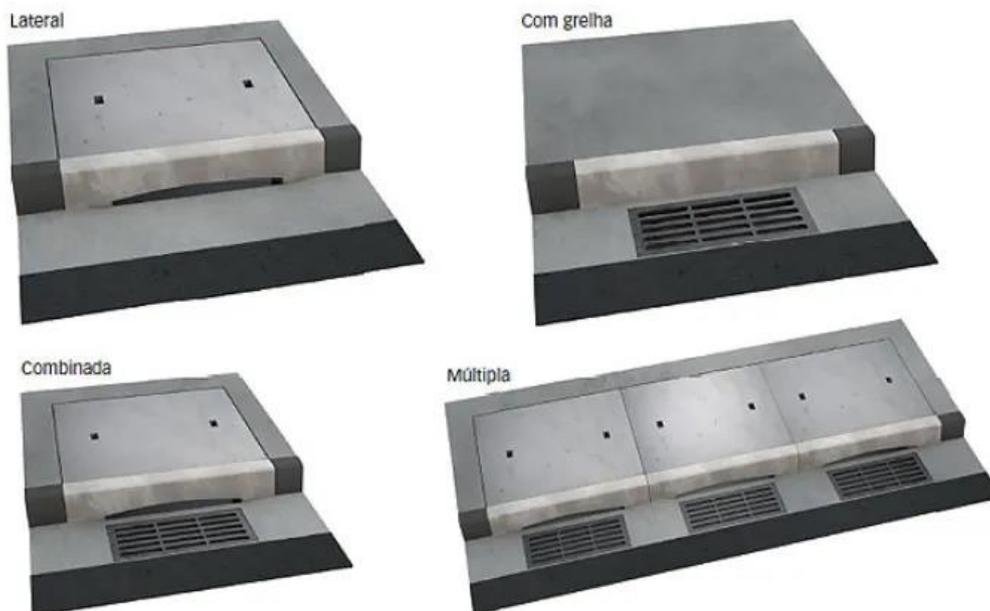
| TIPO DE SARJETA OU PAVIMENTO | COEFICIENTE DE RUGOSIDADE |
|---|----------------------------------|
| Sarjeta de concreto bem acabado | 0,012 |
| Pavimento em asfalto com textura lisa | 0,013 |
| Pavimento em asfalto com textura áspera | 0,016 |
| Sarjeta de concreto e pavimento em asfalto com textura lisa | 0,013 |
| Sarjeta em concreto e pavimento em asfalto com textura áspera | 0,015 |
| Pavimento em concreto bem acabado | 0,014 |
| Pavimento em concreto mal acabado | 0,016 |
| Sarjetas com pequenas declividades onde os sedimentos se acumulam | 0,02 |

Fonte: (TOMAZ, 2010)

Segundo TUCCI (2002), o propósito dos projetos de drenagem é o escoamento das águas pluviais que se referem às águas oriundas das chuvas ficando em junção com a superfície urbana, colocado de maneira a captar o escoamento das chuvas com dano mitigado por meio de mecanismos denominados bocas de lobo, inseridas em guias ou nas sarjetas e subsequentemente são conduzidos por canais composto a rede de galerias de águas pluviais. Conforme a USP (2000), boca de lobo é uma estrutura hidráulica destinada a receber as águas superficiais, compondo-se de uma caixa de alvenaria ou pré-moldado de concreto posicionado sob a calçada ou sob a sarjeta. No primeiro caso, apreende águas superficiais por meio da abertura na guia

chamada chapéu; no segundo caso, apreende águas superficiais através de uma grelha de ferro fundido. Existem alguns tipos de bocas de lobo, sendo lateral, combinada, múltipla e com grelha, de acordo com a figura 04.

Figura 04 - Tipos de Boca de Lobo



Fonte: DER-SP, 2011 et al Companhia Estadual de Habitação e Obras Públicas de Sergipe (Cehop), 2011.

A boca de lobo lateral é adequada para a instalação em lugares intermediários em sarjetas com baixa declividade longitudinal (1% a 5%); quando se tem a existência de materiais obstrutivos nas sarjetas; em vias onde apresenta tráfego intenso e rápido e em montante dos cruzamentos. Já a boca de lobo com grelha é adequada para sarjetas com delimitação de depressão, quando não existem materiais obstrutivos; para disposição em pontos intermediários em ruas com alta declividade longitudinal (1% a 10%). Para a boca de lobo combinada é indicada em lugares baixos de ruas e pontos intermediários da sarjeta com declividade média entre 5% e 10%. A boca de lobo múltipla é aconselhada para lugares baixos e para as sarjetas com grandes vazões.

BOTELHO (2011) explica que as vazões em excesso, recolhidas em bocas de lobo, são então levadas aos poços de visita, e estes encaminham-se às canalizações

fundamentais. As vazões nas principais tubulações lançam suas águas nos córregos e rios.

SUETÔNIO (2012) define bocas de lobo como estruturas de absorção das águas que transcorrem pela superfície, colocadas em vários locais das sarjetas, possibilitando o seu direcionamento às galerias.

Para a determinação da capacidade das bocas de lobo, para boca de lobo de guia com grelha é utilizada:

$$Q = 1,7 \times P \times Y^{(3/2)}$$

Sendo:

Q= Vazão (em m³/s);

P= Perímetro (em m);

Y= Altura da lâmina (em m).

No momento em que a lâmina de água sobre o local for maior do que o dobro da abertura da guia, a vazão deverá ser calculada pela equação:

$$Q = 3,1 \times L \times h^{3/2} \times (y1/h)^{1/2}$$

Onde:

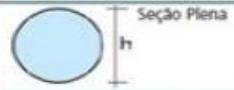
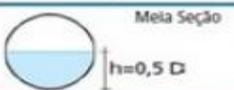
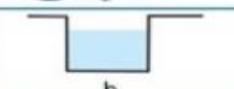
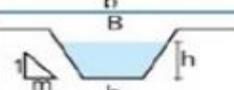
Q = Vazão de Engolimento (em m³/s);

L = Comprimento da abertura (em m);

h = Altura da guia (em m);

y1 = Carga da abertura da guia = y – h/2;

Quadro 1 - Quadro com dimensões e fórmulas para o formato da galeria.

| Geometria da Seção | Área Molhada (A_m) | Perímetro Molhado (P_m) | Raio Hidráulico (R_H) | Largura Superficial (B) |
|---|---------------------------|-----------------------------|------------------------------------|-------------------------|
|  Vazão Máxima $h=0,94 D$ | $0,7662 \cdot D^2$ | $2,6467 \cdot D$ | $0,2895 \cdot D$ | ---- |
|  Seção Plena h | $\frac{\pi \cdot D^2}{4}$ | $\pi \cdot D$ | $\frac{D}{4}$ | ---- |
|  Meia Seção $h=0,5 D$ | $\frac{\pi \cdot D^2}{8}$ | $\frac{\pi \cdot D}{2}$ | $\frac{D}{4}$ | ---- |
|  b B | $b \cdot h$ | $b+2h$ | $\frac{b \cdot h}{b+2h}$ | b |
|  1 m h | $(b+mh)h$ | $b+2h\sqrt{1+m^2}$ | $\frac{(b+mh)h}{b+2h\sqrt{1+m^2}}$ | $b+2mh$ |

Fonte: Vasconcelos, 2017.

TOMAZ (2011), afirma que a declividade mínima desejável é de 0,5% para tubos maiores que 200 mm e 1% para tubos menores que 200mm. O autor também deixa evidente que as velocidades mínimas deverão ser de 0,60m/s e a máxima de 5,00m/s.

Tabela 03 - Declividade de galeria

| Diâmetro (mm) | Declividade mínima (m/m) |
|---------------|--------------------------|
| 300 | 0,003 |
| 350 | 0,0023 |
| 400 | 0,0019 |
| 500 | 0,0014 |
| 600 | 0,0011 |
| 700 | 0,0009 |
| 800 | 0,0007 |
| 900 | 0,0006 |
| 1000 | 0,0005 |
| 1200 | 0,0004 |

Fonte: (Matias, 2016. Apud, Universidade de São Paulo, 2015)

3.2.4 Macrodrenagem

Macrodrenagem é um conjunto de obras que tem como objetivo melhorar o escoamento da água de forma a diminuir os problemas com erosão, assoreamento e inundações ao longo dos talvegues (fundo de vale). Ela é responsável por proporcionar um melhor escoamento final das águas drenadas das bacias hidrográficas através da microdrenagem. A macrodrenagem pode ser formada por canais naturais e artificiais, galerias de grandes dimensões e estruturas auxiliares. Já falando de macrodrenagem em zonas urbanas, que é um assunto que vem aparecendo como cada vez mais importante por causa do grande aumento da urbanização nas bacias de drenagem onde a microdrenagem atua levando a água precipitada rapidamente aos canais e afluentes aumentando assim suas demandas.

A macrodrenagem urbana corresponde à drenagem natural existente antes da ocupação dos terrenos, ela é constituída por igarapés, canais, rios e riachos.

Dentre as principais obras de macrodrenagem encontra-se: retificação de canais; implantação de galerias; revestimento e capeamento de seções com material que faça com que a rugosidade fique menor favorecendo o escoamento da água, entre outras obras. A retificação de canais é um processo no qual os rios são artificialmente modificados na sua forma através do aprofundamento e/ou alargamento da calha fluvial e da retirada de meandros para facilitar a velocidade de escoamento da água. Estes tipos de obras são utilizados para evitar enchentes e também facilitar a navegação se esse for o caso e necessidade da região a utilizar esse tipo modal de transporte (Curso de Saneamento Ambiental da UFRN).

A drenagem urbana é uma rede de infraestrutura da cidade, tida como um de seus equipamentos urbanos, sabemos que a drenagem faz parte do conjunto de sistemas que compõem o leque do saneamento ambiental, que congrega, de forma integrada:

- Sistema de abastecimento de água
- Sistema de esgotamento sanitário
- Sistema de drenagem de águas pluviais
- Sistema de coleta de lixo

Dentro do contexto de saneamento ambiental, o sistema de drenagem é o responsável, primordialmente, pela coleta, manejo e disposição das águas pluviais em corpos d'água aptos para sua recepção. Nessa definição, utiliza-se a palavra manejo para dar maior abrangência ao tratamento dado às águas coletadas. Tradicionalmente, esta etapa se referia, exclusivamente, à condução dos escoamentos. Mais recentemente, a condução é uma das possibilidades, mas também se devem incluir as possibilidades de amortecimento e infiltração. A função da drenagem se mostra essencial no contexto de uma cidade, pois uma rede de drenagem que apresenta mal funcionamento é responsável por enchentes severas, com grandes áreas alagadas, causando prejuízos e expondo a população a riscos diversos.

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.

Figura 05: Construção da caixa de bueiro junto a tubulação de PEAD



Fonte: CCS – PMJP, 2022

As cheias urbanas estão diretamente associadas à falha destes subsistemas, em conjunto ou separadamente, por erro de concepção, falta de manutenção ou por obsolescência devido ao acelerado crescimento urbano. É por esse motivo que os projetos de drenagem devem ser pensados em conjunto com o plano urbanístico da cidade, tanto no que diz respeito às questões de zoneamento e uso do solo, como em relação ao crescimento urbano.

3.3 Tubulação de Concreto

Os tubos de concreto ganharam grande relevância a partir do século XIX, que ficou caracterizado por inúmeras epidemias no mundo, por exemplo, a epidemia de cólera asiática na Inglaterra por volta de 1854 e em seguida na França. Devido às várias mortes ocorridas, as construções das canalizações de esgotos foram aceleradas por toda a Europa, para solucionar este problema.

Com a necessidade de um produto durável e resistente para a construção de esgotos sanitários surge a indústria de tubos de concreto. O primeiro e moderno coletor de esgotos foi construído no início da década de 1840, na cidade de Hamburgo, Alemanha (AZEVEDO NETTO,2004).

No Brasil foram realizadas obras de esgotos sanitários nas respectivas cidades: Rio de Janeiro (1857), Recife (1873) e São Paulo (1876); (AZEVEDO NETTO,2004).

Entre 1980 e 1995: Ocorreu uma crise econômica na Europa, afetando a indústria de tubos de concreto, obrigando os fabricantes de tubos a diminuir seus custos de produção (ANDRÉ,2004).

2001: Foi criada no Brasil a Associação Brasileira de Fabricantes de Tubos de Concreto – ABTC

A ABNT NBR 8890 (ABNT, 2007) é uma norma utilizada para a verificação da qualidade dos tubos de concreto, na qual estabelece os requisitos para fabricação de tubos de concreto de seção circular para águas pluviais e esgotos sanitários.

Para fabricação de tubos de concreto destinados a drenagem pluvial é necessário informações pontuais como a vazão, o raio hidráulico, o tipo de assentamento, o tipo do fluido que vai ser escoado, as cargas atuantes etc.

Os tubos de concreto podem ter encaixe do tipo macho-fêmea ou ponta bolsa, sendo que o tipo de encaixe influencia na estanqueidade do sistema e define a junta que será empregada nas peças, que pode ser do tipo rígida, com argamassa estrutural, ou elástica, com anéis ou fitas elastoméricas (ABTC, 2018).

Uma característica que deve ser levada em consideração dos tubos de concreto utilizados nos sistemas de drenagem pluvial no Brasil é o comprimento, uma vez que, na grande maioria do país, as manilhas possuem comprimento de 1,5m ou 1,0m.

3.3.1 PRODUÇÃO (DIMENSIONAMENTO, ARMAZENAGEM, CUSTO)

O processo de fabricação dos tubos de concreto inicia-se com a adequada seleção dos materiais a serem utilizados no concreto e ensaios em laboratório para a caracterização deles. Depois de caracterizado o material inicia-se o processo de dosagem do concreto para determinação das quantidades dos materiais que irão compor o traço. (CHAMA NETO, 2004).

Em uma fábrica de tubos de concreto enquanto uma equipe cuida dos materiais para dosagem do concreto, outra equipe prepara as armaduras para a fabricação dos tubos, ou a fábrica adota a utilização de telas soldadas ao invés da fabricação das armaduras *in loco*. Em seguida, inicia-se o processo de fabricação dos tubos que consiste em: colocar a armadura na fôrma e em seguida encaixá-la ao sistema de produção, que pode ser por vibração simples, vibração com prensagem ou centrifugação radial, adicionar o concreto na fôrma por meio de esteiras rolantes que fazem a ponte entre a unidade dosadora e o local do sistema produtivo (CHAMA NETO, 2004).

A dosagem do concreto é a rotina para estabelecer quantidades ótimas dos componentes de um concreto ou argamassa para atender determinadas propriedades; o objetivo comum desta rotina é proporcionar uma mistura com menor porosidade e máxima densidade. Para escolha do método de dosagem são fundamentais as propriedades: consistência e trabalhabilidade. (CHAMA NETO, 2004 p.60).

O método escolhido pode ser ideal para dosar concretos plásticos, mas quando utilizado para dosar um concreto de consistência seca este pode não satisfazer as peculiaridades do concreto seco. Para concreto de consistência seca leva-se em conta, o adequado adensamento do concreto, utilizando um processo de adensamento energético para a moldagem dos tubos, por esta razão, os concretos de consistência seca não podem ser totalmente reproduzidos em laboratórios, devido à inexistência de equipamentos que reproduzem a energia dos equipamentos da fábrica. A relação água/cimento - a/c deve ser no máximo 0,50 para tubos destinados

a águas pluviais e no máximo 0,45 para tubos destinados a esgotos sanitários. (ABNT, 2007)

Segundo a NBR 8890, a armadura principal do tubo deve ser posicionada de forma a garantir o atendimento aos cobrimentos mínimos exigidos, para isto, utiliza-se espaçadores. As barras transversais da armadura (barras ou telas) não devem se afastar entre si ou das extremidades do tubo por mais de 150 mm, sendo que na bolsa este afastamento não pode ser maior que 50 mm, tendo pelo menos duas espiras em sua extremidade. As emendas de barras podem ser feitas por transpasse ou solda, por metodologias que garantam a continuidade da capacidade estrutural do conjunto. (ABNT, 2007)

Na prática para garantir o espaçamento adequado utiliza-se espaçadores redondos envolto a armação fabricados com material de polietileno de alta densidade como mostrado na figura 07.

Figura 06: Armadura de aço com espaçadores.



Fonte: (Mapa da Obra, 2022)

3.3.2 Tipos de Processo de Fabricação de Tubos de Concreto

Os concretos utilizados para a fabricação de tubos possuem consistência seca (slump zero) e isso se deve à falta de permanência da fôrma por um tempo prolongado, ou seja, assim que o tubo é fabricado, a fôrma é retirada para dar continuidade ao processo de fabricação.

A fôrma é constituída de três partes, sendo uma interna, outra externa e por último o chamado anel, que serve como base para o tubo durante a moldagem. A

fôrma interna é o núcleo vibratório, ou seja, é o responsável pela vibração do concreto quando este é lançado do misturador para a fôrma. A fôrma externa é constituída de aço com a forma do tubo e pode ser desmontada como apresentado na figura 7.

Assim que termina o processo de adensamento, a fôrma externa é içada pelo guincho juntamente com o anel e levados ao local de cura do tubo. Este local deve possuir um piso nivelado para que durante o processo de cura o tubo não se deforme. (GUIMARÃES, RECENA, PEREIRA, 2007, p.963)

Figura 07: Forma utilizada para a fabricação do tubo.



Fonte: (Mapa da Obra, 2022)

A fôrma externa então é retirada através de sua desmontagem parcial, e o tubo permanece apenas com o anel, sendo sustentado pelo seu próprio peso, por isso a necessidade de se utilizar concreto de consistência seca, caso contrário, não haveria a possibilidade da retirada da fôrma externa.

Atualmente os tipos de sistemas que envolvem o adensamento do concreto na fabricação dos tubos consistem em: vibração simples, vibração com prensagem e centrifugação radial.

O procedimento de prensagem simples é utilizado para a fabricação de tubos de diâmetros menores e sem armadura, sendo normalmente associado com vibração simples.

No processo de vibração, os vibradores podem ser colocados na fôrma externa ou na fôrma interna. No adensamento por centrifugação radial a fôrma interna é móvel provido de massas que giram com alguma excentricidade juntamente com a mesma, comprimindo o concreto contra a fôrma externa (GUIMARÃES, RECENA, PEREIRA, 2007).

3.3.3 ARMAZENAMENTO

Segundo a NBR 8890, após a moldagem, os tubos devem ser transportados da área de fabricação até a área destinada à cura e estocados na posição vertical sobre um piso nivelado como apresentado na figura 8, depois do período de cura, devem ser transportados até o pátio de estocagem através de equipamentos com amortecimento de impactos para não danificar as extremidades dos tubos. Caso ocorra a necessidade da estocagem na posição horizontal, por motivos de segurança, a mesma deve ocorrer após 3 dias da data de fabricação ou quando atingirem características de resistência para tal, sendo que os tubos devem ser apoiados em terrenos nivelados sobre tábuas de madeira. (ABNT, 2007)

Figura 08: Armazenamento dos tubos de concreto



Fonte: (Mapa da Obra, 2022)

3.3.4 TRANSPORTE

Segundo a NBR 8890, para o orçamento do tubo até o veículo que será transportado, deve se utilizar preferencialmente equipamentos que não danifiquem a integridade dos tubos de concreto e sempre que possível transportá-los na posição vertical (ABNT, 2007).

De acordo com a NBR 8890, os tubos devem ser descarregados na obra com equipamentos adequados evitando-se danos mecânicos e dimensionais por choques e impactos. Através dos cabos e ganchos, os tubos de concreto serão içados e colocados nas instalações destinadas a ele, em vala ou em aterro (ABNT, 2007).

No caso de tubos de concreto de junta rígida, não há necessidade de se colocar o anel de borracha, sua instalação realiza-se com o devido encaixe da ponta na bolsa, utilizando uma argamassa envolta ao tubo, para que não ocorra vazamento dos líquidos que serão transportados através dos tubos. Quanto à fabricação desse tipo de tubo, devem-se tomar cuidados para que a ponta e a bolsa estejam nas suas corretas dimensões, para evitar falhas no momento da instalação dos tubos. No caso de tubos de junta elástica devem-se tomar os devidos cuidados no encaixe da borracha, caso esta não venha encaixada previamente.

3.3.5 MONTAGEM

De acordo com a NBR 8890, os tubos devem ser descarregados na obra com equipamentos adequados evitando danos mecânicos e dimensionais por choques e impactos. Através dos cabos e ganchos, os tubos de concreto serão içados e colocados nas instalações destinadas a ele, em vala ou em aterro (ABNT, 2007).

No caso de tubos de concreto de junta rígida, não há necessidade de se colocar o anel de borracha, sua instalação realiza-se com o devido encaixe da ponta na bolsa, utilizando uma argamassa envolta ao tubo, para que não ocorra vazamento dos líquidos que serão transportados através dos tubos como mostra a figura 09. Quanto à fabricação desse tipo de tubo, devem-se tomar cuidados para que a ponta e a bolsa estejam nas suas corretas dimensões, para evitar falhas no momento da instalação dos tubos. No caso de tubos de junta elástica devem-se tomar os devidos cuidados no encaixe da borracha, caso esta não venha encaixada previamente.

Na figura 09, a imagem mostra a montagem de tubos de concreto em uma galeria de águas pluviais.

Figura 09: Manilhas de Concreto Armado



Fonte: (Pedreira, 2022)

3.3.6 CONTROLE DE QUALIDADE

O concreto como qualquer outro produto industrial que desempenha função de responsabilidade, precisa ser submetido ao controle de qualidade. Devido às inúmeras variáveis que influem nas suas características, é indispensável a rigorosa seleção dos materiais e estudos de dosagens, controle de execução e das características do concreto armado. (OLIVEIRA, 2000).

O controle de qualidade dos tubos de concreto é de responsabilidade tanto do fabricante quanto do comprador, por isso o comprador deverá realizar ensaios de inspeção para verificar se o fabricante atendeu aos requisitos da norma de tubos de concreto. De acordo com a norma brasileira para tubos de concreto NBR 8890 (ABNT, 2007), deve-se retirar de cada lote, de forma aleatória, a quantidade necessária de amostras para realização dos seguintes ensaios:

- Absorção;
- Compressão diametral;
- Permeabilidade e estanqueidade da junta;
- Dimensões, tolerâncias e aspectos visuais.

De acordo com Chama Neto (2004, p.55), as normas internacionais são semelhantes, em alguns aspectos, à norma brasileira, por exemplo, quanto ao tipo de cimento, fabricação dos tubos, limite máximo do índice de absorção, máxima relação a/c, e quanto ao ensaio de compressão diametral, todas as normas especificam o

valor da carga de fissura e ruptura em função da classe do tubo e do diâmetro nominal. As normas internacionais de tubos de concreto vigentes são:

- Americanas: ASTM C14-99 e ASTM C76-99
- Inglesa: BS 5911: Part 100:1988
- Japonesa: JIS A 5302-90
- Espanhola: UNE 127 010 EX:1995
- Européia: NBN EN1916:200

3.3.7 CONCRETO REFORÇADO COM FIBRAS DE AÇO (CRFA)

Outro tipo de fabricação de tubo de concreto foi o tubo de concreto reforçado com fibras que em aproximadamente quarenta anos, a comunidade científica despertou para a utilização de pedaços curtos de arames metálicos adicionados ao concreto para a melhoria da resistência ao esforço de tração, segundo o conceito de mecânica da fratura (ROMUALDI e MANDEL, 1964 citados por NUNES, 2006, p.58). Tempos depois, os pesquisadores Hannant (1986) e Bentur e Mindess (1990) comprovaram que as adições de fibras metálicas ao concreto não melhoram a resistência à compressão e nem a resistência à tração, mas, sim, o comportamento do material na iminência da ruptura, ou seja, transformam o comportamento do concreto de frágil para pseudo dúctil. (FIGUEIREDO, 2000).

No caso do concreto simples, uma fissura irá representar uma barreira à propagação de tensões. Devido à barreira imposta, ocorrerá uma concentração de tensões na extremidade da fissura e quando esta tensão superar a resistência da matriz de concreto acontece a ruptura abrupta (sem aviso) do concreto. Quando são adicionadas as fibras de aço ao concreto, estas servem como ponte de transferência de tensões através das fissuras e dificultam a propagação e concentração das fissuras, devido ao seu elevado módulo de elasticidade. O concreto fibroso passa a ter um comportamento pseudo dúctil, ou seja, apresenta uma capacidade portante pós-fissuração (FIGUEIREDO, 2000).

3.4 TUBULAÇÃO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDADE

Um dos grandes fatores que o tubo PEAD ganhou muita força na área da construção civil é pela sua praticidade em meio ao canteiro de obras, é um material leve e fácil manuseamento, os tubos de polietileno podem variar de 10 cm a 150 cm. No Brasil os tubos são fornecidos em formatos de barra de dimensão 6 até 12 metros não sendo necessário a adição de juntas tendo mais probabilidade de não ocorrer vazamentos entre os encaixes dos ductos, tendo paredes duplas que dar mais confiabilidade pela durabilidade do material. (MACHADO, Julia Duarte)

O tubo de polietileno de alta densidade teve início a sua utilização nas execuções dos sistemas de drenagem urbana a partir do ano de 1950, e cada vez tem sido mais solicitado pelas necessidades socioeconômicas por ser uma tubulação com menor peso, dando melhor trabalhabilidade e movimentação para os executores, ocasionando em uma implantação mais rápida e barata tanto para o empresário como para o cliente.

Os tubos PEAD (Polietileno de Alta Densidade) tem uma condição especial na qual onde a uma resistência química de seu material com a água pluvial e o esgoto doméstico sendo uma grande vantagem para utilização nos meios urbanos atuais onde a uma grande porcentagem de pessoas sem acesso a saneamento básico onde ocorrem muitos encaminhamentos irregulares nas tubulações existentes.

Figura 10 - Tubo Corrugado em PEAD



Fonte: (Tigre, 2020)

O tubo de Polietileno ele tem uma resistência alta a situações meteorológicas complicadas, este ducto tem uma parede dupla corrugada na parte externa, já na parte interna tem uma parede lisa dando um escoamento mais rápido com possibilidade de utilização de bitolas menores no projeto.

3.4.1 Implantação do Tubo PEAD

Direcionado ao projeto de implantação do tubo de polietileno de alta densidade tem um baixo coeficiente de rugosidade, dando um escoamento mais rápido, obtendo facilidade para o projeto de dimensionamento de drenagem, não necessitando de grandes declividades para a vazão ideal para a instalação das tubulações. Tigre ADS (2020).

Tabela 04 - Tabela de Diâmetros do Tubo PEAD

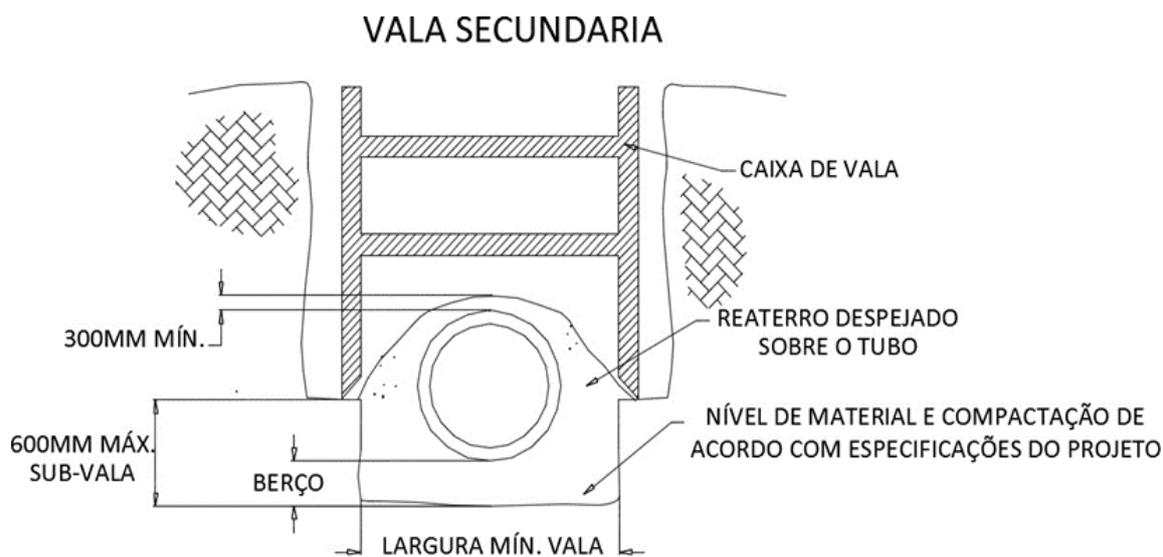
| DIÂMETRO NOMINAL | DIÂMETRO INTERNO | DIÂMETRO EXTERNO |
|---------------------|---------------------|---------------------|
| mm | mm | mm |
| 100 | 103 | 120 |
| 150 | 152 | 177 |
| 200 | 203 | 240 |
| 250 | 254 | 304 |
| 300 | 303 | 359 |
| 375 | 375 | 448 |
| 400 | 408 | 460 |
| 450 | 451 | 545 |
| 500 | 508 | 577 |
| 600 | 603 | 717 |
| 750 | 770 | 901 |
| 800 | 809 | 919 |
| 900 | 908 | 1054 |
| 1000 | 1052 | 1216 |
| 1050 | 1063 | 1216 |
| 1200 | 1210 | 1374 |
| 1500 | 1521 | 1699 |

Fonte: Tigre ADS (2020).

Para implantação do tubo nas valas para drenagem é necessário realizar uma escavação da vala para a implantação do tubo, para que o tubo tenha a declividade necessária para o escoamento de acordo com o local. Para que a escavação seja feita em um local apropriado para trabalho é necessário a inclusão do escoramento, como método de segurança e estabilidade para os profissionais que estão executando o serviço e para que não haja um deslizamento enquanto é introduzido a tubulação.

Os solos não são iguais, tem solos que não são necessários o escoramento por ter a parede da vala altamente inclinada. Como os tubos têm dimensões existentes de até 6,00 metros é necessário que a realização do escoramento seja de acordo com o tamanho da tubulação (Tigre ADS,2020).

Figura 11 - Medidas Necessárias para Execução da Escavação e Aterro.

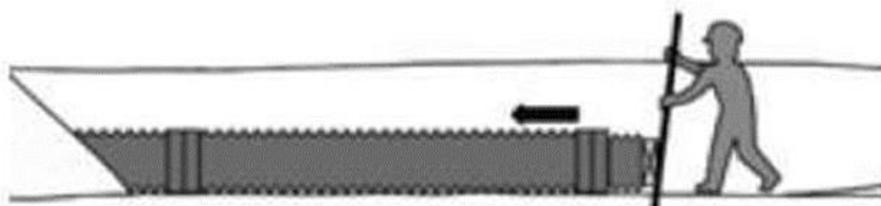


Fonte: Tigre ADS (2020)

Os métodos de instalação dos tubos Pead consistem em 3 métodos principais, um desses regulamento é executado através da utilização de alavanca e barra de ferro (Maurer F. F. Lucas, 2019).

Este método com a utilização da alavanca é recomendado para dimensões de tubulações até 450mm (Figura 12) (Maurer F. F. Lucas, 2019).

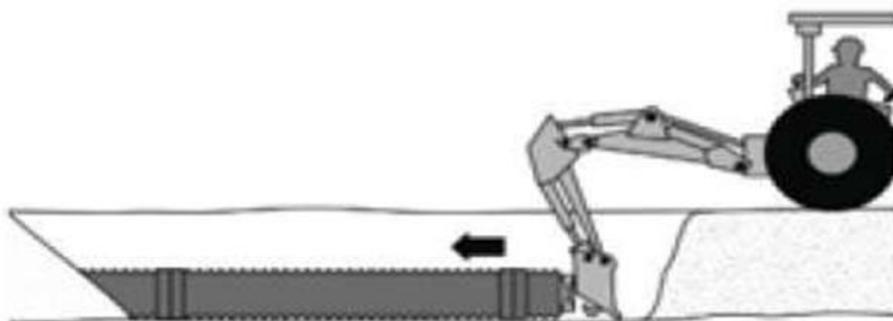
Figura 12 - Instalação de Tubo Pead, Utilização de Alavanca e Barra de Ferro..



Fonte: (Maurer F. F. Lucas, 2019)

Como visto abaixo, o método de implantação utilizando a Escavadeira é recomendado para tubulações de DN para 500 mm (Figura 13) (Maurer F. F. Lucas, 2019).

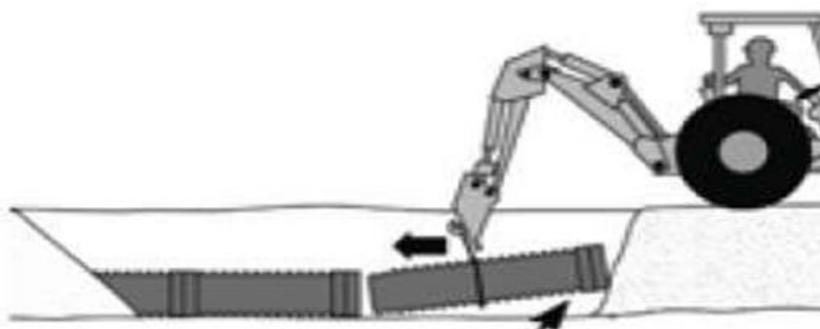
Figura 13 - Instalação de Tubo PEAD Utilizando Escavadeira.



Fonte: (Maurer F. F. Lucas, 2019)

A figura 13 demonstra a Utilização da escavadeira em conjunto com uma cinta também é destinada para bitolas de DN para 500 mm como apresentada na figura 14.

Figura 14- Instalação de Tubo PEAD Utilizando Escavadeira em Conjunto Com Cinta.



Fonte: (Maurer F. F. Lucas, 2019)

Para que haja uma implantação correta dos tubos e suas junções é necessário ficar atento às suas conexões e encaixes para que não haja perda do que for transcorrido pelo tubo e vazamentos podendo ocasionar em abatimentos a longo prazo.

3.4.2 Armazenagem, Manuseio e Transporte

De acordo com a NBR (15561:2017) para que seja mantida a integridade do tubo é necessário certo cuidado referente a sua estocagem. É necessário evitar que as tubulações fiquem expostas a altas fontes de calor como escapamento de um veículo e longe de agentes químicos como solventes.

Tendo em vista que ocorra um transporte adequado é essencial que seja feita uma amarração dos tubos para que não se soltem durante o balanço da viagem para que não ocorra danos e possíveis acidentes na estrada, na armazenagem para o deslocamento é preciso fazer uma base sem materiais cortantes ou pontiagudos sendo assim mantido a integridade 100% do material até o seu destino final.

Os tubos de diâmetro externo (DE) ≥ 500 mm e SDR 32,25 devem ter uma extremidade ancorada com cruzetas de madeira ou dispositivos similares que evitem a ovalização. Os tubos produzidos na cor azul não podem ficar expostos a intempéries por um período superior a seis meses (NBR 15561:2017).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Análise Comparativa

Utilizando os projetos e parâmetros indicados anteriormente, foi possível analisar e comparar a viabilidade econômica de cada material utilizado.

4.1.1 Material

Os resultados da pesquisa nos proporcionaram observar que a montagem dos sistemas de drenagem quando foi utilizado os tubos PEAD tiveram um consumo maior de materiais comparados aos tubos de concreto

Observação a ser levada em consideração é o tempo de vida útil desses materiais no qual o concreto está limitado a apenas 20 anos, já a tubulação de

polietileno de alta densidade tem uma abrangência maior de durabilidade que está na faixa de 75 anos, ressaltando que este período de durabilidade se mantém caso não haja um agente externo como uma quebra do material ou utilização incorreta (Lino e Nascimento, 2021).

Tabela 05: Orçamento dos tubos de concreto

| TUBOS DE CONCRETO (1,0 M) | | | | |
|----------------------------------|-----------------------|-----------------------|--------|-----------------------|
| DN (mm) | Quantidade (m) | Preço Unitário | | Preço Total |
| 500 | 956 | R\$ | 140,00 | R\$ 133.840,00 |
| 600 | 921 | R\$ | 145,00 | R\$ 133.545,00 |
| 800 | 289 | R\$ | 220,00 | R\$ 63.580,00 |
| 1000 | 66 | R\$ | 302,00 | R\$ 19.932,00 |
| TOTAL | | | | R\$ 350.897,00 |

Fonte : Marotta, 2022

Tabela 06: Orçamento dos tubos de concreto referente a um determinado trecho

| TRECHO | Ø tubo Concreto (cm) | Código SINAPI | Comp. (m) | Custo por metro | TOTAL |
|-------------------------------|-----------------------------|----------------------|------------------|------------------------|--------------|
| TA 01 | 80,0 | 7750 92826 | 111,00 | 223,09 | 24.762,99 |
| TA 02 | 80,0 | 7750 92826 | 120,80 | 223,09 | 26.949,27 |
| TA 03 | 80,0 | 7750 92826 | 112,20 | 223,09 | 25.030,70 |
| TA 04 | 100,0 | 7765 92828 | 50,00 | 319,17 | 15.958,50 |
| TB 01 | 80,0 | 7750 92826 | 111,40 | 223,09 | 24.852,23 |
| TB 02 | 50,0 | 7795 92822 | 113,70 | 109,90 | 12.495,63 |
| TB 03 | 100,0 | 7765 92828 | 98,20 | 319,17 | 31.342,49 |
| TB 04 | 100,0 | 7765 92828 | 50,00 | 319,17 | 15.958,50 |
| Bigodes | 30,0 | 7796 92820 | 280,00 | 63,70 | 17.836,00 |
| TOTAL = R\$ 195.186,31 | | | | | |

Fonte: Machado e Omino, 2018.

Tabela 07: Orçamento dos tubos de PEAD

| TUBOS DE PEAD (6,0 M) | | | |
|------------------------------|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|
| DN (mm) | Quantidade (M) (6 M) | Preço Unitário | Preço Total |
| 300 | 88 | R\$ 443,88 | R\$ 39.061,44 |
| 375 | 81 | R\$ 695,58 | R\$ 56.341,98 |
| 400 | 18 | R\$ 695,58 | R\$ 12.520,44 |
| 450 | 29 | R\$ 1.151,65 | R\$ 33.397,85 |
| 500 | 55 | R\$ 1.151,65 | R\$ 63.340,75 |
| 600 | 43 | R\$ 1.662,36 | R\$ 71.481,48 |
| 750 | 33 | R\$ 2.424,59 | R\$ 80.011,47 |
| 1000 | 8 | R\$ 3.738,62 | R\$ 29.908,96 |
| FRETE | 1 | R\$ 34.000,00 | R\$ 34.000,00 |
| TOTAL | | | R\$ 420.064,37 |

Fonte : Marotta, 2022

Tabela 08: Orçamento dos tubos PEAD referente a um determinado trecho

| TRECHO | Ø tubo PEAD (cm) | Acréscimo 30% no diâmetro | Ø comercial tubo concreto (cm) |
|---------------|-------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|
| TA 01 | 60,0 | 78,00 | 80,0 |
| TA 02 | 60,0 | 78,00 | 80,0 |
| TA 03 | 60,0 | 78,00 | 80,0 |
| TA 04 | 75,0 | 97,50 | 100,0 |
| TB 01 | 60,0 | 78,00 | 80,0 |
| TB 02 | 37,5 | 48,75 | 50,0 |
| TB 03 | 75,0 | 97,50 | 100,0 |
| TB 04 | 75,0 | 97,50 | 100,0 |
| Bigodes | 20,0 | 26,00 | 30,0 |

Fonte: Machado e Omino, 2018.

Tabela 09: Representa a quantidade material para determinado trecho

| CONCRETO | |
|--------------------------------|-------------------|
| Diâmetro interno comercial (m) | Quant. Linear (m) |
| 0.60 | 200.00 |
| 0.80 | 674.64 |
| 1.00 | 366.85 |
| 1.20 | 248.27 |
| 1.50 | 81.75 |
| Soma | 1571.51 |

| PEAD | |
|--------------------------------|-------------------|
| Diâmetro interno comercial (m) | Quant. Linear (m) |
| 0.45 | 50.00 |
| 0.50 | 150.00 |
| 0.60 | 511.18 |
| 0.75 | 513.98 |
| 0.80 | 16.33 |
| 0.90 | 198.27 |
| 1.05 | 74.63 |
| 1.20 | 57.12 |
| Soma | 1571.51 |

Fonte: Maurer, 2019

4.1.2 Escavação e Reaterro

Tabela 10: Comparativo de volumes de Reaterro

| Escavação de vala para assentamento dos tubos (m³) | | | |
|--|-------------|---------------|-------------|
| Tubos de Concreto | | Tubos em PEAD | |
| Quantidade | Custo (R\$) | Quantidade | Custo (R\$) |
| 5,856.56 | 27,877.24 | 3,486.38 | 16,595.18 |

Fonte: Maurer, 2019

Tabela 11: Resumo dos custos de escavação

| Tipo de tubo | Vol. de escavação (m3) | Preço unitário (R\$) | Custo Total (R\$) |
|---------------------|-----------------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| Concreto | 3458,54 | R\$ 5,32 | R\$ 18.399,43 |
| PEAD | 2119,56 | R\$ 5,32 | R\$ 11.276,06 |

Fonte: Marotta, 2022

De acordo com o estudo realizado por Maurer (2019), foi necessário realizar uma maior escavação para o tubo feito de concreto para que sua declividade necessária para a realização do escoamento foi maior comparado a tubulação de PEAD na qual tem seu interior menos rugoso em relação ao de concreto. O volume necessário para a escavação de concreto foi 47,27% maior em relação ao tubo de PEAD.

Tabela 12: Referente ao Reaterro

| Reaterro mecanizado de vala (m³) | | | |
|---|--------------------|----------------------|--------------------|
| Tubos de Concreto | | Tubos em PEAD | |
| Quantidade | Custo (R\$) | Quantidade | Custo (R\$) |
| 3,835.64 | 32,296.06 | 2,236.08 | 18,827.76 |

Fonte: Maurer, 2019

Tabela 13: Resumo dos Custos de Reaterro

| Tipo de tubo | Vol. de reaterro (m3) | Preço unitário (R\$) | Custo Total (R\$) |
|---------------------|----------------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| Concreto | 878,96 | R\$ 11,85 | R\$ 10.415,68 |
| PEAD | 533,7 | R\$ 11,85 | R\$ 6.324,35 |

Fonte: Marotta, 2022

Como observado que na escavação houve uma necessidade maior para a tubulação de concreto, conseqüentemente o volume para o reaterro não poderia ser diferente da proporção realizada, como apresentado nas tabelas 14 e 15.

Tabela 14 - Tabela de custo de escavação e Reaterro dos tubos de concreto

| Item | Código SINAPI | Custo unit. | Concreto | |
|-------------------|---------------|-------------|------------------|-----------|
| | | | Quant | TOTAL |
| Escavação | 90085 | 7,17 | 2.968,40 | 21.283,43 |
| Reaterro manual | 93382 | 22,33 | 1.811,33 | 40.447,00 |
| Reaterro mecânico | 93362 | 8,63 | 535,85 | 4.624,39 |
| Apiloamento | 94100 | 2,50 | 1.636,96 | 4.092,40 |
| TOTAL | | | 70.447,22 | |

Fonte: Machado e Omino, 2018

Tabela 15 - Tabela de custo de escavação e Reaterro dos tubos PEAD

| Item | Código SINAPI | Custo unit. | PEAD | |
|-------------------|---------------|-------------|------------------|-----------|
| | | | Quant | TOTAL |
| Escavação | 90085 | 7,17 | 1.543,16 | 11.064,46 |
| Reaterro manual | 93382 | 22,33 | 892,44 | 19.928,19 |
| Reaterro mecânico | 93362 | 8,63 | 317,11 | 2.736,66 |
| Apiloamento | 94100 | 2,50 | 1.106,89 | 2.767,23 |
| TOTAL | | | 36.496,54 | |

Fonte: Machado e Omino, 2018

4.1.3 Berço ou Lastro de fundo

Tabela 16: Comparativo de Lastro de Brita

| Lastro de brita, com preparo de fundo (m³) | | | |
|--|-------------|---------------|-------------|
| Tubos de Concreto | | Tubos em PEAD | |
| Quantidade | Custo (R\$) | Quantidade | Custo (R\$) |
| 505.43 | 59.969.70 | 310.61 | 36.853.32 |

Fonte: Maurer, 2019.

Neste caso, o volume de brita para executar a base para assentamento dos tubos de concreto foi 63% maior quando comparado ao necessário aos tubos em PEAD (Maurer, 2019).

Tabela 17: Resumo dos Custos da Camada de Brita (Concreto) e Areia (PEAD)

| Tipo de tubo | Vol. da camada (m ³) | Preço unitário (R\$) | Custo Total (R\$) |
|--------------|----------------------------------|----------------------|-------------------|
| Concreto | 244,38 | R\$ 122,09 | R\$ 29.836,35 |
| PEAD | 211,87 | R\$ 101,26 | R\$ 21.453,96 |

Fonte: Marotta, 2022

Analisando os resultados, nota-se que o custo da camada de brita utilizada nas tubulações de concreto é 39,07% maior que o custo da camada de areia utilizada nas tubulações de PEAD (Marotta,2022).

4.1.4 Transporte

Tabela 18: Comparativo de volume e transporte

| Transporte com caminhão até o bota-fora (km x m ³) (*10km) | | | |
|--|-------------|---------------|-------------|
| Tubos de Concreto | | Tubos em PEAD | |
| Quantidade | Custo (R\$) | Quantidade | Custo (R\$) |
| 25.261,58 | 40.418,53 | 15.628,84 | 25.006,15 |

Fonte: Maurer, 2019

Neste caso, o volume de material excedente para ser transportado e descartado em bota-fora gerado pelos tubos de concreto foi 62% maior quando comparado ao necessário aos tubos em PEAD (Maurer, 2019).

Tabela 19: Transporte de tubos Concreto Tabela 20: Transporte de tubos PEAD

| Ø tubo PEAD (cm) | Comp. Unitário (m) | Peso (Kg) | Peso p/ metro (Kg) | Comp. Trecho (m) | Peso (Kg) |
|------------------|--------------------|-----------|--------------------|------------------|------------|
| 30,00 | 1,00 | 100,00 | 100,00 | 280,00 | 28.000,00 |
| 50,00 | 1,00 | 240,00 | 240,00 | 113,70 | 27.288,00 |
| 80,00 | 1,50 | 920,00 | 613,33 | 455,40 | 279.310,48 |
| 100,00 | 1,50 | 1.368,00 | 912,00 | 198,20 | 180.758,40 |
| TOTAL / 1000 (T) | | | | | 515,36 |

| Ø tubo PEAD (cm) | Comp. Unitário (m) | Peso (Kg) | Peso p/ metro (Kg) | Comp. Trecho (m) | Peso (Kg) |
|------------------|--------------------|-----------|--------------------|------------------|-----------|
| 30,00 | 6,00 | 15,40 | 2,57 | 280,00 | 719,60 |
| 50,00 | 6,00 | 46,30 | 7,72 | 113,70 | 877,76 |
| 80,00 | 6,00 | 110,20 | 18,37 | 455,40 | 8.365,70 |
| 100,00 | 6,00 | 159,40 | 26,57 | 198,20 | 5.266,17 |
| TOTAL / 1000 (T) | | | | | 15,23 |

Fonte: Machado e Omino, 2018

Fonte: Machado e Omino, 2018

A distância média de transporte (DMT) considerada para cada material difere pois os fornecimentos dos materiais são de locais diferentes. Os tubos de concreto vem de Dourados - MS, que está localizada a uma distância de 70,20 quilômetros do distrito de Vila Rica, local da obra (Machado e Omino, 2018).

Um ponto a ser considerado no fator transporte é o peso do material, como mostra na tabela 19 o comprimento das tubulações não passam de 2 metros, já na tabela 20 a extensão dos tubos de PEAD segue um padrão de 6 metros, mas se peso comparado ao de concreto é muito mais leve, agente que interfere diretamente no custo da locomoção do material utilizado (Machado e Omino, 2018).

4.1.5 Custo Total

Tabela 21: Custo total referente à execução de drenagem pluvial com Tubulação PEAD e tubulação de concreto.

| Descrição | PEAD | CONCRETO |
|---------------|-----------------------|-----------------------|
| Tubo | 342.384,69 | 195.186,31 |
| Assentamento | | |
| Transporte | 2.144,23 | 20.621,62 |
| Terraplenagem | 36.496,54 | 70.447,22 |
| Administração | 6.819,55 | 23.802,07 |
| TOTAL | R\$ 387.845,01 | R\$ 310.057,22 |

Fonte: Machado e Omino, 2018

Na análise inicial, considerando apenas material e assentamento, a tubulação de drenagem corrugado de Polietileno de Alta Densidade (PEAD) com o assentamento, corresponde à 75,41% a mais dos valores da tubulação de concreto, destacando uma desvantagem inicial muito grande. Machado e Omino, 2018.

Tabela 22: Comparativo de custos totais para implantação das diferentes redes

| Valores globais de orçamento das diferentes tecnologias | |
|---|-------------------|
| Tubos de Concreto | Tubos em PEAD |
| Custo Total (R\$) | Custo Total (R\$) |
| 858,524.48 | 1,466,069.95 |

Fonte: Maurer, 2019

Analisando os orçamentos totais, para o projeto deste estudo, a implantação da rede de drenagem com tubos em PEAD fica 71% mais cara em relação à de tubos de concreto (Maurer, 2019).

Tabela 23: Custo total de implantação – Tubos de concreto

| Tubos de concreto | | |
|--------------------------|------------|-------------------|
| Item | | Custo |
| Material | R\$ | 350.897,00 |
| Mão de obra | R\$ | 101.760,78 |
| Escavação | R\$ | 18.399,43 |
| Reaterro | R\$ | 10.415,35 |
| Lastro de brita | R\$ | 29.836,35 |
| Total | R\$ | 511.308,91 |

Fonte: Marotta, 2022

Tabela 24: Custo total de implantação – Tubos de PEAD

| Tubos de PEAD | | |
|----------------------|------------|-------------------|
| Item | | Custo |
| Material | R\$ | 420.064,37 |
| Mão de obra | R\$ | 27.344,47 |
| Escavação | R\$ | 11.276,06 |
| Reaterro | R\$ | 6.324,35 |
| Lastro de brita | R\$ | 21.453,96 |
| Total | R\$ | 486.463,21 |

Fonte: Marotta, 2022

Com base nos estudos apresentados, os resultados obtidos mostram que o custo de implantação da rede de drenagem pluvial utilizando tubos de concreto mostrou-se 5% maior do que o custo utilizando tubos de PEAD.

4.2 Análise Comparativa de Execução

De acordo com o desempenho realizado dos dois tipos de tubulação na implantação de drenagem pluvial urbana estudados, foram analisados pontos positivos e negativos em relação ao manuseio e execução na obra de drenagem e foi concluído que o tubo de PEAD tem maior custo benefício numa implantação de drenagem pluvial comparada ao tubo de concreto. (AUTOR, 2022).

Os pontos a serem citados a seguir se trata da vantagem a ser aplicada em obra da tubulação de PEAD sobre a tubulação de concreto.

- Maior eficiência hidráulica
- Maior vida útil
- Material mais leve
- Maior resistência abrasão
- Menor tempo de instalação
- Menos manutenções

Os pontos a serem citados a seguir estão relacionados às vantagens do tubo de concreto que apresentam sobre a tubulação de PEAD.

- Menor Custo
- Maior quantitativo o mercado
- Maior resistência ao fogo
- Maior resistência a exposição solar

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi levado em consideração de acordo os estudos realizados, no qual a execução do processo de implantação no sistema de Drenagem pluvial urbana com a tubulação de polietileno de alta densidade em comparativa a tubulação de concreto se torna mais vantajosa em relação ao comparativo de custo total de uma obra o sistema de tubos PEAD, se tornando um método sustentável, de menor tempo de execução tornando-se possível realizar uma obra em poucos dias de uma forma mais econômica que o convencional.

Tendo em vista que a tubulação de concreto também tem sua vantagem sobre o tubo de concreto como seu desempenho em contato ao fogo e resistência a exposição solar, o tubo de concreto tem um maior quantitativo disponível no mercado no qual favorece o custo unitário do tubo saindo mais em conta para o comprador. Cada localidade vai ocorrer uma diferença do que se torna vantagem nesta implantação, como localidade e disponibilidade dos materiais neste local.

6 REFERÊNCIAS

http://wiki.urca.br/dcc/lib/exe/fetch.php?media=apostila_de_drenagem_urbana_do_prof_cardoso_netto.pdf

ABNT NBR 8890/2020 **Tubo de concreto de seção circular para água pluvial e esgoto sanitário – requisitos e métodos de ensaio**. Associação brasileira de normas técnicas rio de janeiro 2020.

http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s0009-67252003000400020

<http://repositorio.aee.edu.br/bitstream/aee/18965/1/Ismael%20do%20Nascimento%20Lino%20%26%20Jeiciely%20Maria%20Lemos.pdf>

<http://www.ccbconstrutora.com.br/seguranca/arquivos/normas/ABNT%20NBR%2012266%201992%20-%20PROJETO%20E%20EXECUCAO%20DE%20VALAS%20PARA%20ASSENTAMENTO%20DE%20TUBULACAO%20DE%20AGUA%20ESGOTO%20OU%20DRENAGEM%20URBANA.pdf>

<http://www.repositorio.jesuita.org.br/bitstream/handle/UNISINOS/11396/Lucas%20Rafael%20Fernandes%20Maurer.pdf?sequence=1>

<http://www.repositorio.jesuita.org.br/bitstream/handle/UNISINOS/11396/Lucas%20Rafael%20Fernandes%20Maurer.pdf?sequence=1>

https://docs.google.com/document/d/1ryZVmaPNizhKkfG1po_cheocQXpan-SN/edit

https://engenhariaambiental.ufes.br/sites/ambiental.ufes.br/files/field/anexo/analise_do_impacto_da_evolucao_urbanistica_sobre_o_sistema_de_drenagem_urbana_luan_a_lavagnoli_moreira.pdf

<https://nolancenet.com.br/2022/08/05/semosp-constroi-caixa-de-bueiro-na-rede-de-drenagem-da-manoel-franco/>

<https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/4654/2/Eduardo%20Gallina%20-%20TCC.pdf>

<https://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/bitstream/prefix/1970/1/JuliaDuarteMachado.pdf>

<https://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/bitstream/prefix/1970/1/JuliaDuarteMachado.pdf>

<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/236228>

https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=manual+de+drenagem+urbana+%2C2005&btnG=#d=gs_qa bs&t=1664739338332&u=%23p%3DNLEWYFrUdT0J

MICRODRENAGEM E MACRODRENAGEM – OS SUBSISTEMAS CARACTERISTICOS DA DRENAGEM URBANA – 14 de January de 2013
[Microdrenagem e Macrodrenagem - os subsistemas característicos da drenagem urbana | AquaFluxus | Consultoria Ambiental em Recursos Hídricos.](#)

<https://www.conic-semesp.org.br/anais/files/2016/trabalho-1000022994.pdf>

https://www.iat.pr.gov.br/sites/agua-terra/arquivos_restritos/files/documento/2020-07/mdu_versao01.pdf

<https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/232482>

<https://www.tigre-ads.com/brasil/aplicacoes/drenagem-pluvial/>

<https://www.tigre-ads.com/nova-nomenclatura-arquivos-tecnicos-2021/4-01-resistencia-quimica-do-poli-etileno-e-do-elastometro.pdf>

<https://www.tigre-ads.com/nova-nomenclatura-arquivos-tecnicos-2021/5-03-recomendacoes-de-reparos-de-tubos-corrugados-de-pead.pdf>

<https://www.tigre-ads.com/nova-nomenclatura-arquivos-tecnicos-2021/5-01-recomendacoes-para-uso-de-escoramento-para-vala.pdf>

<https://www.tigre-ads.com/nova-nomenclatura-arquivos-tecnicos-2021/5-02-reaterro-solo-cimento-para-tubos-corrugados-em-pead.pdf>

<https://www.tigre-ads.com/nova-nomenclatura-arquivos-tecnicos-2021/5-03-recomendacoes-de-reparos-de-tubos-corrugados-de-pead.pdf>

https://www.ufjf.br/pur/files/2011/04/Dilemas_PD_Villa%C3%A7a.pdf