

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE O TUBO POLIETILENO DE ALTA DENSIDADE E O DE CONCRETO PARA O SISTEMA DE DRENAGEM PLUVIAL EM OBRAS DE DESENVOLVIMENTO URBANO – ESTUDO DE CASO DE UM LOTEAMENTO EM LINHARES/ES***COMPARATIVE ANALYSIS BETWEEN HIGH DENSITY POLYETHYLENE TUBE AND CONCRETE TUBE FOR THE STORM DRAINAGE SYSTEM IN URBAN DEVELOPMENT WORKS – CASE STUDY OF A SUBDIVISION IN LINHARES/ES***Alan Espedito Saraiva¹Clarisse Pereira Pacheco²

RESUMO: Este trabalho busca apresentar uma alternativa inovadora e sustentável para o sistema de drenagem pluvial do loteamento Lagoa Park III localizado no município de Linhares/ES. O objetivo do estudo é comparar o método convencional (tudo de concreto) e o método alternativo de tubo Polietileno de Alta Densidade (PEAD) e analisar de forma técnica e econômica os dois materiais e propor a melhor solução para a construtora. Para o desenvolvimento foi necessário analisar os projetos construtivos fornecidos pela empresa, executar o levantamento dos quantitativos e custos dos insumos, elaborar um questionário e enviar aos profissionais da área e por fim, realizar uma visita técnica junto à Prefeitura Municipal de Vila Velha (PMVV) com o intuito de compreender a operacionalidade do sistema. Os resultados apresentados mostraram que é viável a implantação dos tubos em PEAD no loteamento, devido a qualidade e eficiência na execução, bem como é positivo financeiramente. Dessa forma foi possível alcançar os resultados pretendidos concluindo-se que é viável a implantação do sistema de drenagem com o tubo PEAD.

Palavras-chave: Drenagem; Inovação; Tubo PEAD; Loteamento.

ABSTRACT: This study aims to present an innovative and sustainable alternative for the stormwater drainage system of the Lagoa Park III subdivision, located in the municipality of Linhares/ES, Brazil. The objective of the study is to compare the conventional method (concrete pipes) with the alternative method using High-Density Polyethylene (HDPE) pipes and to analyze both materials from a technical and economic perspective, proposing the best solution for the construction company. For the development of this study, it was necessary to analyze the construction plans provided by the company, conduct a survey of material quantities and costs, create a questionnaire and distribute it to professionals in the field, and, finally, carry out a technical visit to the Vila Velha Municipal Government (PMVV) to understand the operational aspects of the system. The results showed that implementing HDPE pipes in the subdivision is feasible due to their quality and execution efficiency, as well as their financial viability. Therefore, the intended results were achieved, concluding that the implementation of the drainage system with HDPE pipes is a viable solution.

Keywords: Drainage; Innovation; HDPE pipe; Subdivision.

¹ Centro Universitário Salesiano - UniSales. Vitória/ES, Brasil. alan.saraiva1996@gmail.com

² Centro Universitário Salesiano - UniSales. Vitória/ES, Brasil. cpacheco@salesiano.br

1 INTRODUÇÃO

O crescimento desordenado das grandes cidades tem causado grandes impactos na vida da população e no meio ambiente, ao ponto de estar modificando drasticamente a qualidade de vida. Esse processo de urbanização tem substituído espaços das áreas de vegetação e áreas de infiltração, o que contribui para inundações, alagamentos e deslizamentos de terra tornarem-se frequentes. A ausência das áreas de infiltração sobrecarrega o sistema de drenagem pluvial, devido ao aumento do volume de escoamento direcionado para o sistema.

O sistema de drenagem é uma estrutura projetada para o escoamento das águas pluviais, sendo em perímetro urbano ou rural. Ela também é responsável pelo gerenciamento das águas da chuva, desde a sua captação em vias públicas até o despejo no corpo hídricos capaz de recebê-la. Este sistema é composto por sarjetas, bocas de lobo, galerias, entre outros elementos. O sistema é fundamental e se faz necessário para o processo de urbanização.

Atualmente no Brasil, para a execução do sistema de drenagem pluvial ainda é muito utilizado o tubo de concreto, devido a sua durabilidade, resistência mecânica e preço acessível. Entretanto, por ser um material mais denso, a instalação requer o uso de máquinas de grande porte que é o caso das retroescavadeiras ou escavadeiras hidráulicas, além de um bom profissional para guiar no assentamento dos tubos, o que torna o processo moroso. Devido a essa dificuldade e perda na performance operacional, as grandes empresas têm procurado no mercado materiais que aumentem a sua produtividade e mantêm a segurança e qualidade.

Com intuito de propor mudanças e por fim, ter uma alternativa ao método convencional, as empresas tem buscado investir em novas tecnologias no mercado. Um dos produtos amplamente aceitos é o Tubo de Polietileno de Alta Densidade (PEAD), utilizado em obras como a própria drenagem urbana e os outros elementos que compõe o saneamento básico. Esse material apresenta vantagens em relação ao tubo de concreto, destacando-se pelo manuseio e instalação, além de proporcionar variedade de diâmetros e com maior comprimento, que contribuiu para a eficiência e praticidade no assentamento.

Visto a sua boa aceitação e o interesse da engenharia em propor métodos inovadores e sustentáveis, é viável propor a utilização do tubo PEAD para o sistema de drenagem pluvial em comparação com o de concreto no loteamento residencial Lagoa Park III, localizado no município de Linhares?

A base da engenharia é composta por redução de custo, segurança e qualidade na obra, uma vez que a área tem incentivado a utilização de materiais que gere menos resíduos e impacto ao meio ambiente, a primeira hipótese é que a utilização do tubo PEAD atende todos esses requisitos de sustentabilidade, o que torna viável a utilização do tubo. A segunda hipótese para tornar viável o uso do material é a vantagem no método construtivo, visto que há uma redução e segurança na execução e qualidade na obra. Em contrapartida, a terceira hipótese é que o custo do material é elevado e torna o seu uso inviável comparado ao método convencional.

Atualmente os materiais confeccionados em concreto como o tubo e as galerias são os mais utilizados na implantação do sistema de drenagem pluvial, por ser um produto bastante conceituado no mercado e de fácil aquisição. Em contrapartida, a construção civil está em constante processo de mudança, ou seja, a cada dia a área tem buscado

técnicas, métodos e produtos sustentáveis e inovadores, a fim de evitar grandes impactos ao meio ambiente.

A construção civil tem passado por grandes processos de mudança. Segundo Abreu e Pereira (2017) novos materiais e novas tecnologias tem surgido para solucionar algumas questões existentes nos canteiros de obras com mais eficiência, segurança, resistência e durabilidade.

Com intuito de transcender os métodos convencionais e promover a adoção de alternativas inovadoras, o tubo PEAD ganha destaque no mercado do saneamento uma vez que tem sido bastante utilizado em novas implantações como redes de abastecimento de água e esgotamento sanitário. Evidenciando seu potencial como um substituto eficaz em relação aos materiais confeccionados em concreto.

Alguns empresários são resistentes a ideia de mudar do método convencional para o alternativo por ter familiaridade com o material em concreto, o intuito desta pesquisa é nortear esses empresários que atuam no ramo do saneamento básico e no desenvolvimento urbano a possibilidade de conceber o sistema de drenagem pluvial com tubos em PEAD.

O objetivo desta pesquisa é realizar um comparativo entre o método convencional (tubo de concreto armado) e o método alternativo (tubo Polietileno de Alta Densidade), além de estudar os benefícios e malefícios dos métodos com o intuito de propor um novo modelo de implantação para o sistema de drenagem pluvial em um loteamento situado em Linhares/ES através de uma análise técnica e econômica. Os objetivos específicos deste estudo são: abordar uma análise comparativa entre os materiais, analisar a viabilidade de implantação do sistema em tubos PEAD para o loteamento residencial e apresentar a estimativa de custos bem como aquisição de materiais e movimentação de terra.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Neste tópico será abordado um componente essencial para saneamento básico: a drenagem pluvial. Serão apresentados todos os componentes que integram o sistema, além dos materiais que podem ser empregados na sua malha, destacando-se o uso de tubos de concreto e PEAD.

2.1 DRENAGEM PLUVIAL

O sistema de drenagem pluvial é uma estrutura com o intuito de escoar as águas provenientes das chuvas em áreas urbanas ou rurais. Esse sistema direciona as águas pluviais através de canaletas, bueiros e galerias até o corpo hídrico mais próximo. De acordo com Neto (1998) o termo drenagem tem origem no latim “*drenare*” significa escoar, ou seja, o sistema refere-se às estruturas projetadas para escoar o acúmulo de água em diferentes contextos, como estradas, áreas rurais ou áreas urbanas.

Historicamente, não há registros sobre a origem assertiva do sistema de drenagem pluvial. No entanto, é razoável dizer que o sistema é tão antigo quanto à origem das civilizações. Abreu e Andrade (2017) menciona que ainda é possível observar vestígios das redes de drenagem estabelecidas pelos romanos, alguns dos quais ainda estão em operação até os dias atuais.

A implantação do sistema de drenagem pluvial no Brasil, ocorreu no ano de 1856, na cidade do Rio de Janeiro, devido a epidemia de cólera que atingiu a região. Conforme apresentado por Poletto (2011) devido a epidemia que atingiu o país no ano de 1855, por motivos de constantes viagens marítimas proporcionadas pela população. A epidemia teve um impacto significativo na cidade do Rio de Janeiro, que, na época, era a capital do país, que resultou na morte de aproximadamente cinco mil brasileiros e turistas.

Após a proclamação da república, outras cidades do Brasil também providenciaram, a implantação do sistema de drenagem. Segundo Silveira (2002) a projeção do sistema de drenagem, ocorreu com o sistema unitário, quando começou a prevalecer o sistema separador absoluto.

Visto a necessidade de implantar um sistema de saneamento básico, de acordo com Bittencourt *et al.*, (2016) o Brasil adotou o sistema separador absoluto, no ano de 1912. Nesse contexto, os sistemas de drenagem pluvial e esgotamento sanitário devem ser projetados e construídos de forma independente, caracterizando assim a drenagem como um componente essencial nos projetos de urbanização.

De acordo com Abreu e Andrade (2017 apud Fernandes, 2002), a realização de obras de drenagem é uma estratégia eficaz para preservar a salubridade de áreas urbanas ou em processo de urbanização. Essas obras fazem parte do saneamento básico e integram o conjunto de infraestruturas essenciais para assegurar a integridade física e das propriedades urbanas.

Segundo Pereira (2019), o sistema de drenagem pluvial pode ser classificado em duas etapas, sendo elas: Macro e micro drenagem. De acordo com Tucci e Bertoni (2003), a macrodrenagem é o sistema responsável por coletar e conduzir as águas pluviais provenientes da microdrenagem até os corpos hídricos receptores mais próximos. Já a micro drenagem é responsável por captar e conduzir as águas pluviais que caem nas vias públicas e passeio.

De acordo com Bertoni e Tucci (2003), a microdrenagem é definida pelo sistema de condutos pluviais ou canais a nível de loteamento ou de rede primária urbana. Este tipo de sistema de drenagem é projetado para atender à drenagem de precipitações com risco moderado. E a macrodrenagem envolve os sistemas coletores de diferentes sistemas de microdrenagem.

Recomenda-se o uso de tubos de concreto para o sistema de micro drenagem, para áreas com altíssimos volumes de águas. “As manilhas são tubulações de concreto com encaixe ponta e bolsa empregadas para drenagem profunda ou coleta das águas drenadas.” (Escariz, 2012, p.30).

Conforme apresentado por Cruz, Souza e Tucci (2007), o sistema de drenagem urbano ainda não recebe a devida importância por parte da maioria dos municípios brasileiros, muito disso, pela falta de planejamento do setor competente. O gerenciamento do sistema é de total responsabilidade das secretarias municipais de obra. “No Brasil, a microdrenagem é reconhecida como de competência dos municípios, ampliando-se esta competência aos governos estaduais, na medida em que crescem de relevância as questões de macrodrenagem.” (Abreu; Andrade, 2017, p. 17).

Segundo Pereira (2019, apud Ceap, 2014) um sistema de micro drenagem é composto por uma série de unidades e dispositivos hidráulicos para os quais existe

uma terminologia própria e cujos elementos mais frequentes são sarjeta, sarjetões, galerias de águas pluviais, poços de visita, entre outros.

De acordo com Botelho (2011) e Andrade (2022) as guias conhecidas também como meio-fio, desempenham o papel fundamental de delimitar o desnível entre o passeio e as vias públicas onde transitam os veículos. Elas são constituídas em pedra ou concreto, podendo ser em blocos pré-moldados ou executadas in loco.

Segundo Abreu e Andrade (2017), as sarjetas, também denominadas de valetas, são canais longitudinais implantados entre a guia e a via pública, com intuito de captar as águas pluviais proveniente do escoamento das vias devido a sua inclinação, e conduzi-las até as bocas de lobos. “As sarjetas são usadas para fixar as guias e para formar o piso de escoamento de água, devido ao abaulamento da rua (declividade transversal)” (Botelho, 2011, p. 31).

Os sarjetões são os canais de seção triangular situados nos pontos baixos ou nos encontros dos leitos viários das vias públicas, destinados a conectar sarjetas ou encaminhar efluentes destas para os pontos de coleta (Pereira, 2019). De acordo com o DER (2009), o sarjetão é um canal triangular longitudinal destinado a captar e conduzir as águas pluviais dos pontos mais baixos, preferencialmente deve ser construído transversalmente na via com o menor fluxo de veículos.

Outro componente importante para o sistema de drenagem pluvial é a boca de lobo. De acordo com Andrade (2022), as bocas de lobos são implementadas entre as guias e as sarjetas e de forma intercalada, devido abertura na parte inferior do guia para facilitar o escoamento da água. “As bocas de lobo são estruturas hidráulicas destinadas a interceptar as águas pluviais que escoam pelas sarjetas, sarjetões ou canalizações subterrâneas” (Abreu; Andrade, 2017, p. 19).

O poço de visita é uma caixa instalada no trecho da rede de drenagem pluvial, que tem por finalidade permitir a realização de manutenções preventivas ou corretivas do sistema. De acordo com Neto (1998) sempre que houver mudança de seção, declividade e alteração de direção de rede, deve implantar um poço de visita. “O poço de visita é uma câmara visitável através de abertura existente em sua parte superior, destinado à execução de trabalhos de manutenção e inspeção” (Sabesp, 2006, p. 02).

As galerias são condutos subterrâneos sendo estes tubos e caixas de concretos, destinados a transportar as águas coletadas nas vias públicas até o ponto de descarte que são os corpos hídricos. De acordo com Neto (1998), a implantação adequada dessas galerias é de extrema importância para a sustentabilidade e desenvolvimento urbano, pois ajuda na prevenção de impactos negativos na urbanização. “As galerias são canalizações ligadas as bocas de lobo, destinada a escoar as vazões do escoamento pluvial” (Oliveira, 2022, p. 29).

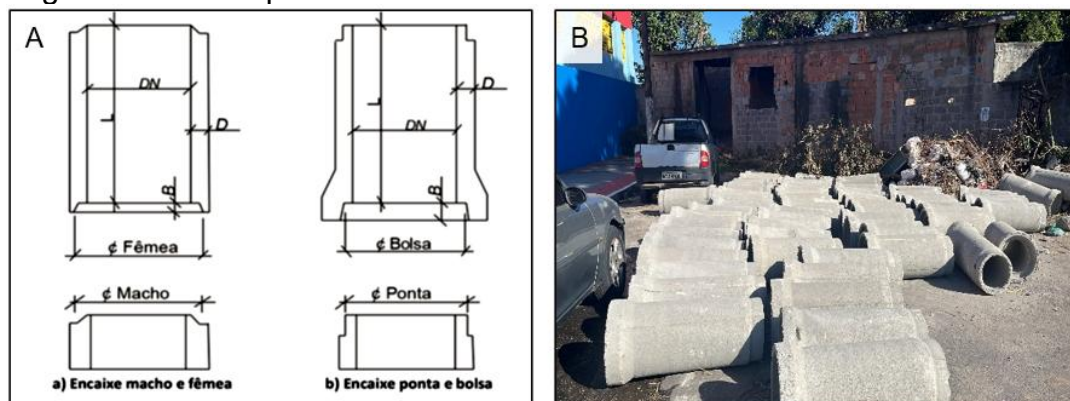
2.2 TUBO DE CONCRETO

De acordo com Bittencourt, Lima e Nascimento (2010), atualmente, o tubo de concreto é o mais utilizado para a implantação do sistema de drenagem pluvial, o fator favorável à sua utilização é a sua resistência mecânica e à sua facilidade de aquisição. No entanto, esse material apresenta uma baixa capacidade de deformação antes da ruptura sob tração, o que o torna frágil.

A Associação Brasileira dos Fabricantes de Tubos de Concreto (ABCT) reúne em âmbito nacional, as grandes empresas fabricantes de tubos e aduelas de concreto,

destinados à captação de águas pluviais. A ABCT descreve que os tubos de concreto são peças circulares pré-moldadas, com a junção tipo macho-fêmea ou ponta-bolsa, conforme demonstrado na Figura 1. A entidade afirma que os tubos de concreto são a melhor solução para o sistema de drenagem urbana, pela sua confiabilidade, normalização, qualidade, funcionalidade, desempenho, manutenção e limpeza.

Figura 1 – Tubos pré moldados de concreto



Fonte: (A) Bio pré moldados de concreto (2023); (B): Autoria própria (2024).

Legenda: (A) Corte de tubos encaixe ponta bolsa e macho-fêmea; (B) Tubo de concreto.

A normalização dos tubos de concreto é regida pela NBR 8890 (ABNT, 2020), intitulada "Tubo de Concreto de Seção Circular para Águas Pluviais e Esgotos Sanitários - Requisitos e Métodos de Ensaio". Esta norma indica que os tubos de concreto direcionados para a captação de águas pluviais podem ser fabricados de forma armada ou não armada, em vários diâmetros.

A ABNT NBR 8890 (2017) estabelece alguns requisitos para confecção e aceitação do tubo de concreto para atender todo o sistema, a norma orienta as características dos materiais a serem utilizados na confecção do tubo de concreto para águas pluviais. Desde a relação água/cimento, o cimento a ser empregado em cada caso, assim como, o cobrimento das armaduras e tolerância de espaçamentos.

As tubulações de concreto são denominadas de manilhas de concreto, bem como tubos de galeria ou aduelas. De acordo com Pereira (2019) os tubos auxiliam na captação e escoamento das águas pluviais, esgotos sanitários, efluentes industriais, canalização de córregos e galerias e pôr fim a drenagem em áreas propícias a alagamentos ou desmoronamento.

Segundo Andrade (2022) existem dois tipos de juntas de tubulação de concreto que são denominadas de elásticas e rígidas. Elas se diferenciam de acordo com a sua finalidade, classe de resistência e seção. Para as tubulações em Policloreto de vinilo (PVC), Diâmetro Externo do Ferro Fundido (DeFoFo) e Ferro Fundido (FoFo) são utilizadas as juntas elásticas, devido a utilização de anéis de borracha na extremidade do tubo, afim de garantir a estanqueidade no transporte do fluido.

Nas tubulações de concreto são utilizadas as juntas rígidas. De acordo com (Pereira, 2019), esse tipo de junta é mais utilizada na implantação do sistema de drenagem pluvial, devido aos assentamentos dos tubos serem executadas no método de encaixe, podendo ser este macho e fêmea ou ponta – bolsa.

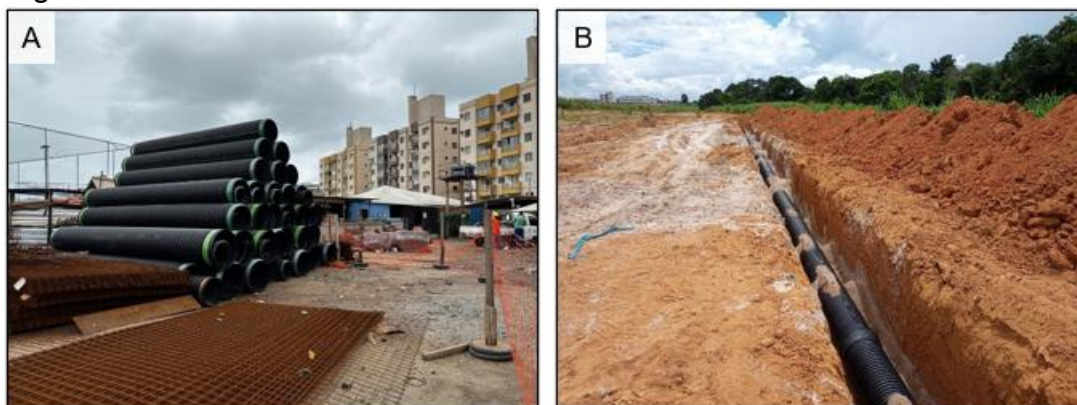
De acordo com Pescarini (2011), ao realizar o encaixe é necessário ser de forma adequada, evitando possíveis fissuras ou trincas, para que não ocorra infiltração nos

tubos e com o tempo avarie a tubulação. Ambos os encaixes são necessários realizar o rejuntamento com argamassa no encaixe dos tubos.

2.3 TUBO PEAD

Importante destacar que o tubo PEAD, apresentado nas Figuras 02 (A) e (B), tornou-se um material de grande interesse na engenharia, sendo muito utilizado em ramais de boca de lobo quanto em alguns projetos menores de drenagem pluvial, devido suas inúmeras vantagens (Prates, 2023).

Figura 2 – Tubos PEAD



Fonte: Autoria Própria, 2024.

Legenda: (A) Tubos PEAD no canteiro de obras; (B) Tubo PEAD assentado na vala.

Segundo Marcondes (2016) o PEAD é uma forma de polietileno, ou seja, um composto plástico produzido através de diferentes reações de polimerização do etileno com a adição de catalisadores.

Marcondes (2016) ainda cita que no ano de 1950, a empresa alemã Hoechst AG produziu o primeiro tubo de polietileno, através do processo Ziegler de baixa pressão, onde o tubo era composto por resinas denominadas PE 32, 40 e 50, sendo essas de baixa densidade. No entanto, foi no ano de 1960 que os tubos de polietileno passaram a ser utilizados no sistema de drenagem pluvial e no ano de 1980 houve uma melhora na produção devido a grandes estudos e avanços tecnológicos.

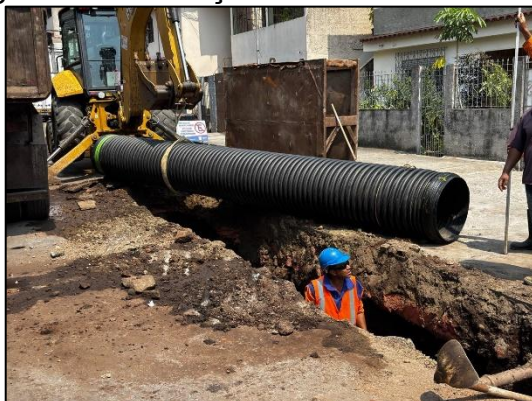
De acordo com a fabricante KNTS Drain (2023), os tubos são projetados para suportar esforços mecânicos, resistir ao ataque de agentes químicos presente nos líquidos e à corrosão. Segundo Pereira (2016) A vida útil do tubo PEAD precisa atingir no mínimo de 50 anos, entretanto, foram realizados testes e estudos nos Estados Unidos a respeito da sua durabilidade, onde revelou que a vida útil do tubo pode chegar a 75 anos.

A norma *American Association of State Highway and Transportation Officials M294* (AASHTO, 2016) orienta e padroniza a fabricação das tubulações PEAD corrugadas para o sistema de drenagem pluvial, em seu catálogo de tubulações corrugadas, a Tigre-ADS (2018) cita que a qualidade do material tem despertado interesse devido à sua elevada eficiência hidráulica, resistência mecânica, facilidade de manuseio e o assentamento dos tubos. Os tubos em PEAD têm excelente resistência à corrosão e flexibilidade. Além disso, são leves e possuem juntas fundidas através da termofusão, ao contrário de outros tipos de tubos que possuem encaixes ponta bolsa (PERES, 2005).

De acordo com Maurer (2019), o tubo PEAD para drenagem tem sua interligação das juntas do tipo ponta-bolsa, para instalação desses tubos é necessário respeitar alguns padrões de diâmetros para que a execução ocorra de forma correta e sem gerar possíveis fissuras nos tubos.

Existem três métodos para o assentamento dos tubos, o primeiro é o método de instalação com alavanca e barra de ferro, recomendado para tubulações de diâmetro (DN) até 450mm, o segundo método é o de instalação com retroescavadeira ou escavadeira, recomendado para tubulações de DN desde 500mm, de acordo com a Figura 3 e por último o método de instalação com retroescavadeira ou escavadeira e cinta, recomendado para tubulações de DN desde 500mm.

Figura 3 – Instalação com retroescavadeira



Fonte: Autoria Própria, 2024

2.4 COMPARAÇÃO ENTRE OS TUBOS PEAD E CONCRETO

De acordo com Pereira (2019) ao realizar o comparativo dos custos na zona urbana da cidade de São Bento no estado da Paraíba, foi notória o quanto o custo para aplicação do tubo PEAD torna a sua utilização um pouco inviável devido ao alto custo para aquisição do material, a diferença entre os materiais é de 49,95%. Em contrapartida o custo reduz muito quando se trata do método construtivo onde a diferença é de 44,65%.

Por sua vez, Andrade (2022) comprova o que foi mencionado por Pereira (2019) anteriormente, ao realizar a substituição do tubo em concreto para o PEAD é viável quando é considerada a leveza, assentamento, mão de obra e durabilidade do material.

Ao contrário dos autores mencionados anteriormente Marotta (2022) demonstra que é viável o uso do tubo PEAD para o sistema de drenagem, desde a aquisição do material até a execução, ao realizar a comparação dos dois materiais, houve uma diferença de 5% no custo. Além de apresentar uma ótima eficiência hidráulica e desempenho no escoamento.

Segundo Prates (2023) ao realizar o comparativo financeiro entre o tubo PEAD e o concreto, o PEAD apresentou um custo menor com uma diferença de 1,20%, além da praticidade na execução e manuseio do material, outro ponto favorável foi o tempo de execução da obra.

3 METODOLOGIA

Neste tópico serão apresentados os métodos que auxiliaram o autor a realizar o desenvolvimento da pesquisa em estudo. Bem como, as quantidades de escavação, assentamento, lastro de brita/colchão de areia, bota fora, reaterro de vala, valores dos tubos, execução de poço de visita, caixa ralo e assentamento para a realização dos serviços.

3.1 DEFINIÇÃO DO LOCAL

O loteamento residencial em estudo está localizado no município de Linhares que fica situado na região Nordeste do estado do Espírito Santo e ao norte da capital Vitória a uma distância de aproximadamente 130 km. O município ocupa uma área de 3.496,263 km² e possui uma população de aproximadamente 166.786,00 mil/hab, de acordo com IBGE (2022), posicionando-se como o maior município em extensão territorial e o sexto em população habitacional. O empreendimento em questão está situado no bairro São José, onde a empresa CBL Desenvolvimento Urbano LTDA já possui outros dois loteamentos. O presente estudo é referente ao loteamento residencial denominado de Lagoa Park III, conforme apresentado na Figura 04.

Figura 04 – Localização do loteamento residencial



Fonte: CBL Desenvolvimento, 2024

O loteamento residencial tem uma área total de 339.077,89 m², dos quais 319.732,89 m² são considerados como área parcelável que é composto por 579 lotes residências, distribuídos em 30 quadras, além do sistema viário, áreas de uso público e equipamentos comunitários. A porção remanescente de 19.345,00 m² é considerada Área de Preservação Permanente, também chamada de APP.

A definição do local para a realização do estudo de caso decorre do crescimento do bairro em que será implantado o loteamento. É importante ressaltar que algumas áreas ainda são consideradas zonas rurais, devido as diversidades das propriedades rurais. O objetivo é promover o desenvolvimento socioeconômico e planejar bairros mais organizados, utilizando materiais inovadores e implementando práticas de construção sustentável. O local foi definido com intuito de introduzir inovações ao município e estimular mais empreendimento com o uso desses materiais e pela disponibilidade da construtora em proporcionar acesso aos projetos executivos e

compartilhar informações sobre a obra e dados importantes para a confecção do estudo.

3.2 LEVANTAMENTO DOS DADOS/CUSTOS DO PROJETO

Afim de realizar o comparativo entre os materiais, a empresa CBL Desenvolvimento Urbano forneceu os projetos executivos da implantação do sistema de drenagem em tubo de concreto e tudo PEAD, para auxiliar no desenvolvimento do orçamento dos materiais e mão de obra. Para obtenção do orçamento do material em concreto, foi necessário contactar uma empresa especializada, com objetivo de obter valores atualizados dos tubos. Paralelamente, para os custos referentes a mão de obra foi realizada uma pesquisa no site oficial do Departamento de Edificações e de Rodovias (DER), onde foram encontrados os valores de referência para o serviço a ser realizado.

Diferentemente do material em concreto, a empresa forneceu os valores atualizados dos materiais em PEAD, visto que foram fornecidos por uma empresa especializada. Quanto aos custos de mão de obra, foram obtidos diretamente da empresa contratada para execução do serviço.

Para obter os quantitativos necessários para o desenvolvimento do estudo, a empresa forneceu uma planilha em Excel, afim de que fosse realizado o levantamento das quantidades referentes ao volume de movimentação de terra, bem como, escavação, reaterro, disposição final do material excedente (bota-fora) e areia para o colchão de proteção do tubo. As seguintes fórmulas são aplicadas para a obtenção dos valores:

3.2.1 Escavação

A escavação é o processo que consiste na remoção de uma determinada quantidade de terra, com o objetivo de adequar o terreno para intervenções de terraplenagem ou execução de obras civis, bem como, assentamento de tubos PEAD, PVC e concreto, garantindo conformidade com o projeto.

Com o intuito de calcular o volume de escavação do loteamento, foi necessário analisar o projeto executivo para incluir os seguintes dados na planilha para que fosse determinada a quantidade a ser escavada de poço de visita a poço de visita (PV). Utilizou-se a expressão matemática apresentada na equação 1:

$$V_e = (B \times L \times P) + \text{colchão de areia} \quad (\text{equação 1})$$

Sendo:

B = Largura da vala

L = Comprimento da vala

P = Profundidade média da vala

Colchão de areia = 0,15m (valor considerado para ambos os tubos)

Para determinar o valor da profundidade média da vala (P), utilizasse a equação 2:

$$P = D_{ext} + h \quad (\text{equação 2})$$

Sendo:

D_{ext} = Diâmetro externo do tubo (Para o tubo em concreto, o valor é estabelecido pela Norma ABNT NBR 8890/2007, enquanto para o tubo PEAD, o valor é fornecido no catálogo da fabricante, neste caso, a Corr plastik)

h = Altura média acima da geratriz superior do tubo

3.2.2 Bota-fora

O solo excedente proveniente das escavações pode ser reaproveitado no próprio local ou designado a uma área específica denominada de bota-fora, onde esses materiais são descartados de forma correta e em conformidade com as normas ambientais.

Com o objetivo de calcular o volume de terra excedente ocasionado pela escavação e que será direcionado ao bota-fora, aplica-se a equação 3.

$$\text{Volume } bf = \text{volume tubo} + \text{volume colchão de areia} \quad (\text{equação 3})$$

Sendo:

Volume bf = Volume de bota-fora

3.2.3 Colchão de areia

O colchão de areia é essencial para o assentamento dos tubos, uma vez que o sistema opera por gravidade. Portanto, o fundo da vala deve ser rigorosamente nivelado para que garanta funcionalidade do sistema. Além disso, é necessário o recobrimento do tubo para evitar o contato direto com o solo, o que também facilita a identificação da tubulação nas proximidades em eventuais intervenções.

Para determinar o volume de agregado miúdo que será utilizado no berço e recobrimento do tubo, foi utilizada a equação 4:

$$\text{Volume colchão de areia} = \text{espessura do colchão} \times B \times L \quad (\text{equação 4})$$

Sendo:

Espessura do colchão = 0,15m (adotado para os dois materiais)

B = largura da vala

L = comprimento da vala

3.2.4 Assentamento dos tubos

O assentamento consiste no posicionamento correto dos tubos dentro da vala, sendo assentado no sentido da jusante para a montante respeitando o diâmetro previamente definido. Para realizar a análise do assentamento, foi necessário verificar as tubulações e extensões especificadas nos projetos a fim de determinar os quantitativos dos materiais a serem utilizados na implantação do sistema de drenagem no loteamento e seus respectivos diâmetros.

3.2.5 Reaterro de vala

O reaterro consiste no preenchimento das valas com solo adequadamente compactado. Recomenda-se que o reaterro seja realizado utilizando o próprio material proveniente da escavação realizada in loco, desde que esteja em boa qualidade. Caso o solo do terreno não atenda as especificações técnicas solicitadas pelo DER, torna-se necessário adquirir o material de empresas especializadas, assegurando que o solo seja de alta qualidade.

Para calcular o volume de terra que será necessário para o reaterro das valas, considerando o espaço ocupado pela tubulação e a camada de colchão de areia, foi empregada a equação 5:

$$\text{Reaterro de vala} = \text{volume escavado} - \text{vol. tubo} - \text{vol. colchão de areia} \quad (\text{equação 5})$$

3.2.6 Poço de visita

O poço de visita é um componente do sistema de drenagem utilizado para realização de manutenções preventivas e acesso para verificação de possíveis danos na rede. Para realizar o quantitativo de PVs em toda malha do sistema, fez necessário analisar todo o projeto executivo e contar a quantidade necessária para ser executada.

3.2.7 Caixa ralo

A caixa ralo é um componente do sistema de drenagem, responsável por coletar toda água pluvial do pavimento ou de calhas das residências e direcioná-las a rede principal. Para realizar o quantitativo de caixa ralo em todo o loteamento, foi preciso analisar todo o projeto executivo e contar a quantidade necessária para ser executada.

3.3 ANÁLISE DO TUBO PEAD E CONCRETO PARA MANUTENÇÃO

Visto que o sistema precisa de manutenções de reparo ou preventivas, foram realizadas vistorias em obras da Prefeitura Municipal de Vila Velha (PMVV). O intuito das visitas foi buscar informações sobre manutenções corretivas e preventivas do tubo em PEAD, comparado ao método convencional que é o sistema em tubo de concreto. Então, foi realizada uma entrevista com o engenheiro/fiscal da obra sobre o que motivou a troca de materiais dos tubos e o que de fato melhora nas manutenções preventivas quanto ao reparo caso necessário.

3.4 ENTREVISTA COM PROFISSIONAIS DA ÁREA

Com intuito de buscar mais informações sobre implantação, vantagens e desvantagens e manutenções entre os dois materiais, foi desenvolvido um questionário via aplicativo gerenciador de pesquisas o GOOGLE Forms para evidenciar o retorno dos profissionais da área para embasar o desenvolvimento do projeto. O questionário foi compartilhado para seis profissionais e somente três responderam, sendo dois colaboradores da construtora CBL Desenvolvimento Urbano e o fiscal das obras de drenagem da PMVV. As perguntas direcionadas aos entrevistados foram as seguintes: De acordo com a necessidade de manutenção, qual material seria o mais indicado para o sistema de drenagem, caso necessário realizar implantação de novas redes? Em termo de manutenção, qual dos materiais apresenta maior praticidade na execução? Quais são as vantagens e desvantagens no uso do tubo de concreto e PEAD? Há outras informações ou dados relevantes para complementar a pesquisa?

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a metodologia definida, foram correlacionadas as informações adquiridas no estudo, a fim de avaliar com precisão e consistência os resultados obtidos.

4.1 APRESENTAÇÃO DO QUANTITATIVO DO SERVIÇO

A empresa CBL Desenvolvimento Urbano LTDA inicialmente projetou a implantação da rede de drenagem pluvial em tubos de concreto para o loteamento em análise, metodologia já adotada em outros empreendimentos da construtora.

Após o início da implantação do sistema de drenagem pluvial, constatou-se que o solo do loteamento não apresentava características argilosas, mas sim arenosa, onde foi detectada a existência de muitas rochas e tal condição impôs dificuldades na

escavação para assentamento dos tubos. Diante dos fatos, tornou-se necessário redimensionar o sistema para o tubo PEAD, devido à sua maior flexibilidade. A seguir serão apresentados os dados adquiridos através das fórmulas apresentadas no item 3.2.

A planilha que consta no Apêndice A apresenta o levantamento das quantidades dos serviços a serem realizados e os valores obtidos estão de acordo com as equações mencionadas anteriormente.

4.1.1 Quantitativo dos serviços para tubos de concreto e PEAD

Conforme detalhado no item 4.1 a necessidade de redimensionar o sistema de drenagem fez com que alterasse o volume de movimentação de terra. A Tabela 01 demonstra os volumes calculados da escavação, bota-fora, colchão de areia e reaterro de vala para ambos os tubos.

Tabela 01 – Volumes calculados

SERVIÇOS	TUBO CONCRETO	TUBO PEAD
Escavação	15.724,39 m ³	7.265,91 m ³
Bota-Fora	6.663,27 m ³	4.289,86 m ³
Colchão de areia	2.670,29 m ³	1.923,41 m ³
Reaterro de vala	10.393,77 m ³	3.834,02 m ³

Fonte: Autoria própria (2024)

Conforme apresentado na Tabela 01, foram quantificados os volumes necessários para a execução dos serviços de movimentação do solo e recobrimento dos tubos. O volume mensurado de escavação para o tubo de concreto e PEAD, apresenta uma diferença significativa entre os dois materiais, ou seja, o volume de escavação para o tubo de concreto apresenta uma diferença 53,79% maior em comparação ao tubo PEAD.

Observa-se, também, uma diferença de 35,62% no volume de bota-fora, desfavorecendo o uso do tubo em concreto para o sistema. Além disso, o volume de colchão de areia apresentou uma diferença de 27,97% o que torna o uso do tubo de concreto menos vantajoso para essa aplicação. Por fim, para o volume de reaterro das valas, apresentou-se uma diferença de 63,11%. A etapa de escavação apresentou uma diferença significativa entre os materiais devido aos diâmetros dos tubos utilizados. O maior diâmetro nominal adotado para o tubo de concreto é 1200mm, enquanto para o tubo PEAD é 800mm. Ou seja, essa diferença impactou diretamente o volume de movimentação de terra.

A Tabela 02 apresenta a extensão de cada diâmetro da tubulação de concreto que será implantada no loteamento.

Tabela 02 – Extensão do assentamento do tubo em concreto

DIÂMETRO DO TUBO	QUANTIDADE (m)
Ø 400 mm	2.001,52
Ø 600 mm	914,60
Ø 800 mm	787,14
Ø 1000 mm	1000,56
Ø 1200 mm	137,79

Fonte: Autoria própria (2024)

Já a Tabela 03 apresenta todos os diâmetros e extensão da malha de rede a ser implantada no loteamento, caso seja confirmado que o tubo em PEAD é a solução.

Tabela 03 – Extensão do assentamento dos tubos em PEAD

DIAMÉTRO DO TUBO	QUANTIDADE (m)
Ø 400 mm	2.597,21
Ø 500 mm	523,47
Ø 600 mm	434,79
Ø 800 mm	1210,58

Fonte: Autoria própria (2024)

Em paralelo, as Tabelas 02 e 03 consideram o comprimento dos tubos instalados dentro das valas. Nota-se uma diferença nos diâmetros (DN) entre os dois métodos, o que foi ocasionado pelo redimensionamento do sistema devido as características do solo, conforme mencionado anteriormente.

Na Tabela 04, é demonstrada a quantidade de PVs necessários para serem construídos em toda malha de rede do loteamento para cada tipo de material.

Tabela 04 – Quantitativo de PVs

POÇO DE VISITA	QUANTIDADE (und)
Concreto	73
PEAD	73

Fonte: Autoria própria (2024)

De acordo com a Tabela 04, ao realizar a análise técnica em ambos os projetos apresentados e com a necessidade do redimensionamento do sistema de drenagem, a quantidade de poço de visita (PV) que será necessária para o loteamento não alterou. Uma vez que quantidade de PVs são determinadas com base em critérios técnicos, operacionais e normativos, sendo eles: distância máxima entre PVs, mudança de direção e visitação para manutenção.

E a Tabela 05 apresenta a quantidade de caixa ralo a ser executada no loteamento para o sistema de drenagem em concreto e sistema de drenagem em PEAD.

Tabela 05 – Quantitativo de caixa ralo

CAIXA RALO	QUANTIDADE (und)
Concreto	161
PEAD	160

Fonte: Autoria própria (2024)

Após análises detalhadas dos projetos executivos relativos a ambos os materiais, constatou-se uma diferença mínima no quantitativo de caixa ralo para atender à demanda do loteamento. Conforme demonstrado na Tabela 05, essa variação está relacionada à área de contribuição onde será implantado o componente. Em síntese, o redimensionamento resultou em uma redução mínima no total de dispositivo projetado.

4.2 QUADRO COMPARATIVO DOS CUSTOS

A partir dos resultados obtidos foi possível realizar o levantamento dos custos para a execução do sistema de drenagem pluvial em tubo de concreto, quanto para o tubo em PEAD, na qual o melhor material será implantado no loteamento residencial em

estudo. Na Tabela 06 será apresentado de forma detalhada o custo total para a realização da obra.

Tabela 06 – Custo para realização da obra

Item	DRENAGEM PLUVIAL	Valor total tubo concreto	Valor total tubo PEAD
1	MOVIMENTAÇÃO DE TERRA		
1.1	Escavação	R\$ 267.314,63	R\$ 102.795,56
1.2	Bota-fora	R\$ 86.622,51	R\$ 29.926,94
1.3	Reaterro das valas	R\$ 363.781,95	R\$ 107.008,44
1.4	Colchão de areia	R\$ 267.029,00	R\$ 137.257,40
2	MÃO DE OBRA		
2.1	Assentamento tubo de DN 400MM	R\$ 351.887,23	R\$ 427.630,63
2.2	Assentamento tubo de DN 500MM	R\$ 0,00	R\$ 99.495,94
2.3	Assentamento tubo de DN 600MM	R\$ 271.727,66	R\$ 125.580,40
2.4	Assentamento tubo de DN 800MM	R\$ 468.560,83	R\$ 538.042,28
2.5	Assentamento tubo de DN 1000MM	R\$ 749.569,52	R\$ 0,00
2.6	Assentamento tubo de DN 1200MM	R\$ 129.277,33	R\$ 0,00
2.7	Fornecimento e execução do poço de visita	R\$ 431.393,50	R\$ 423.400,00
2.8	Fornecimento e execução caixa ralo	R\$ 100.757,02	R\$ 288.000,00
3	TUBOS		
3.1	Tubo DN 400MM	R\$ 242.183,92	R\$ 254.708,38
3.2	Tubo DN 500MM	R\$ 0,00	R\$ 63.455,03
3.3	Tubo DN 600MM	R\$ 193.895,20	R\$ 84.327,52
3.4	Tubo DN 800MM	R\$ 290.454,66	R\$ 373.536,56
3.5	Tubo DN 1000MM	R\$ 471.263,76	R\$ 0,00
3.6	Tubo DN 1200MM	R\$ 100.311,12	R\$ 0,00
4	ATERRO COM AREIA		
4.1	Areia média	R\$ 333.786,25	R\$ 245.102,50
Valor total		R\$ 5.119.816,10	R\$ 3.300.267,59

Fonte: Autoria própria (2024)

Após realizar o levantamento dos custos, observa-se que para a execução do sistema com tubo de concreto o custo total foi 35,53% superior a execução com tubo PEAD. Conforme apresentado na Tabela 06. Essa diferença é atribuída a todos os itens apresentados na planilha orçamentaria, nos quais o tubo em concreto sobressaiu ao PEAD, especialmente na movimentação de terra que contempla a escavação, bota-fora, colchão de areia e reaterro de vala, tal fato que ocorreu devido às variações nos diâmetros entre os tubos, no qual o maior diâmetro adotado para o tubo de concreto é DN 1200mm, enquanto para o tubo PEAD é DN 800mm. Ou seja, a redução do tubo não implica na operacionalidade do sistema, uma vez que o tubo PEAD por ter a sua rugosidade baixa, faz com que o fluxo pluviométrico escoe sem qualquer restrição.

Outro fator que contribuiu significativamente para a utilização do tubo PEAD foi o custo dos tubos, especialmente para o estudo, o tubo de concreto apresentou um custo elevado comparado ao PEAD. Ou seja, o valor médio do metro do tubo em concreto é aproximadamente R\$ 380,20 (trezentos e oitenta reais e vinte centavos). Já o tubo PEAD apresentou uma média de R\$ 180,45 (cento e oitenta reais e quarenta e cinco centavos). A empresa fornecedora do tubo PEAD para a construtora ofertou um preço inferior ao praticado no mercado por outras empresas. Enquanto, a empresa que disponibilizou os valores para o tubo de concreto manteve o valor de mercado.

4.3 MANUTENÇÃO

A realização de manutenções corretivas é fundamental para a operacionalidade do sistema, prevenindo possíveis alagamentos em dia com alta precipitação de chuva. Os materiais em estudo apresentam suas particularidades, por exemplo, o tubo de concreto é um material suscetível a trincas e rupturas o que ocasiona infiltrações, que pode comprometer a integridade estrutural do tubo, além de gerar danos à pavimentação, como o surgimento de buracos e alagamentos nas vias.

A operacionalidade do sistema é detectada em dias chuvosos, possivelmente ocasionado por algum tubo quebrado no seguimento da rede. Após detectado o problema é necessário providenciar a manutenção corretiva. Ao realizar uma visita técnica com a PMVV no reparo de uma rede localizada na rua Itaipava em Praia de Itaparica, foi detectado a necessidade de realizar a troca de um pequeno trecho que não havia possibilidade de reparo. Nas Figuras 05 (A) e (B) são apresentados a troca da rede e alguns pedaços próximo a vala.

Figura 05 – Manutenções corretivas nas redes



Fonte: Autoria Própria, 2024.

Legenda: (A) Troca de rede e apresentação de tubo quebrado; (B) Rede quebrada.

Conforme demonstrando nas Figuras 06 (A) e (B), foi realizada manutenção corretiva na rua Quarenta e Dois, localizada no bairro Santa Mônica, onde apareceu um buraco na via ocasionado por uma avaria na rede de drenagem, neste caso foi realizada a troca da tubulação danificada por uma nova.

Figura 06 - Manutenção corretiva na rede



Fonte: Autoria Própria, 2024.

Legenda: (A) Via com buraco; (B) Reparo na rede.

Em conversa com o fiscal de obra da PMVV, foi relatado que as tubulações de concreto do município em sua maioria estão danificadas, de acordo com a Figura 08 (A). Com intuito de mitigar as manutenções corretivas, o fiscal tem optado por trocar os tubos de concreto para o PEAD, conforme Figura 07 (B), devido a facilidade de implantação e a durabilidade do material.

Figura 07 - Trocas de tubos de concreto por PEAD



Fonte: Autoria Própria, 2024.

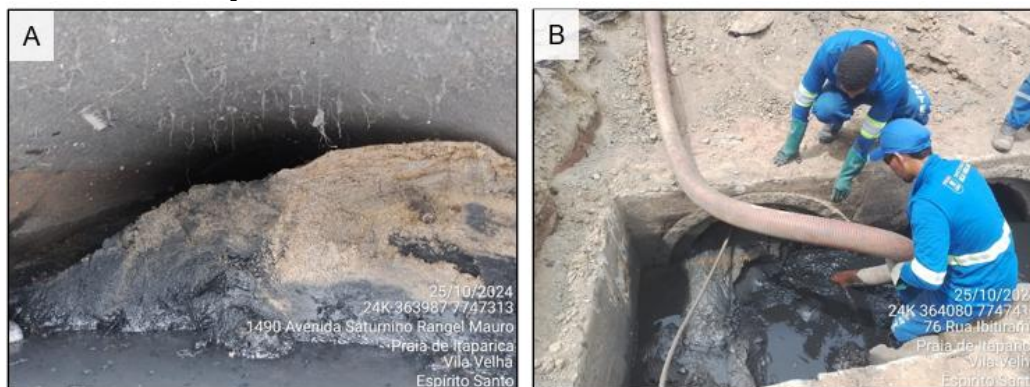
Legenda: (A) Avaria no tubo de concreto; (B) Implantação do tubo PEAD

Não há registros fotográficos sobre as manutenções corretivas dos tubos PEAD, por ser um método novo e que está em fase de implantação pela PMVV, ainda não houve a necessidade de programar manutenções.

Outro aspecto relevante são as manutenções preventivas. O tubo em concreto, por ter a sua superfície interna rugosa, favorece o acúmulo de resíduos que são descartados em vias públicas e transportados para o sistema em dias chuvosos, além de ligações irregulares de esgoto que são realizadas no sistema de drenagem, o que aumenta a frequência de obstruções e gera transtorno para a população como alagamentos e mal cheiro. Logo a seguir será apresentada a manutenção preventiva realizada pela Prefeitura Municipal de Vila Velha (PMVV).

Devido as obstruções ocasionadas pelo mau uso do sistema de drenagem pluvial, quando ocorre chuvas com alto índice pluviométrico, o fluido não escoar por dentro da tubulação até o corpo hídrico. As Figuras 08 (A) e (B) demonstram a obstrução encontrada no trecho de drenagem localizado na Avenida Saturnino Rangel Mauro na Praia de Itaparica, Vila Velha.

Figura 08 – Obstrução na rede



Fonte: Autoria Própria, 2024.

Legenda: (A) Obstrução na rede de drenagem; (B) obstrução no poço de visita.

Para realizar a manutenção preventiva é necessário contratar um caminhão hidrojato para que seja realizada a limpeza na parte interna da tubulação, onde o torpedo percorre todo o tubo e remove as obstruções da jusante para a montante e um caminhão hidrovácuo para realizar a sucção dos dejetos e resíduos despejados da rede até o poço de visita, conforme apresentado nas Figuras 09 (A) e (B).

Figura 09 – Manutenção preventiva na rede



Fonte: Autoria Própria, 2024.

Legenda: (A) Limpeza com caminhão hidrojato; (B) Limpeza com caminhão hidrovácuo.

Existem outras formas que auxiliam na limpeza do sistema de drenagem, sendo os modelos não recomendados, devido a sua baixa eficácia e possíveis avarias ocasionadas por uma movimentação brusca da máquina ou moroso devido a limpeza ser realizada com mão de obra humana, conforme demonstrado nas Figuras 10 (A) e (B) onde o serviço é realizado de forma manual ou com apoio de maquinário como retroescavadeira.

Figura 10 – Limpeza do sistema de drenagem



Fonte: Autoria Própria, 2024.

Legenda: (A) Limpeza de forma manual; (B) Limpeza com apoio da retroescavadeira

Após a realização da manutenção preventiva é necessário executar a limpeza da via pública, devido aos transtornos ocasionados pela poeira, óleo dos veículos ou até mesmo resíduos que ficam próximos a localização do serviço e por fim, acompanhar a operacionalidade do sistema em dias chuvosos para verificar a eficácia do trabalho. Caso, o problema persista é preciso avaliar a estrutura da tubulação. Nas Figuras 11

(A) e (B) são apresentados o serviço de limpeza após a manutenção preventiva e o sistema limpo e em operação.

Figura 11 – Sistema de drenagem em operação



Fonte: Autoria Própria, 2024.

Legenda: (A) Limpeza da via pública; (B) Sistema em operação.

Em contrapartida, o tubo em PEAD possui uma superfície interna lisa, o que minimiza as obstruções, e consequentemente reduz a necessidade de manutenções preventivas. Caso haja necessidade de preventiva, o processo é o mesmo apresentado anteriormente.

Deve-se atentar para a permanência do uso do tubo de concreto com a biodeterioração do próprio concreto, ocasionado pelo acúmulo de águas pluviais por falta de declividade mínima e esgoto despejado nas redes por motivos de ligações irregulares, onde acelera o processo de deterioração, devido a quantidade de bactérias e fungos presentes nas águas contaminadas.

4.4 ENTREVISTA COM PROFISSIONAIS DA ÁREA

Após o envio do formulário para os profissionais da área, foram obtidas as seguintes respostas para o desenvolvimento do estudo.

De forma unânime, os entrevistados recomendam a utilização do tubo PEAD para futuras obras e reparos nos sistemas de drenagem existentes. Essa escolha se deve pelos pontos positivos do material, incluindo a sua funcionalidade, praticidade para o manuseio e assentamento, flexibilidade do tubo, aumento da produtividade, a ampla variação de diâmetros. E por fim, a obra fica mais limpa e organizada.

Com relação a produtividade os entrevistados relataram ganho em seus projetos, uma vez que os tubos PEAD são mais leves que o de concreto, facilitando o manuseio na hora do assentamento, geralmente dispensando o uso de retroescavadeiras. Outro aspecto relevante é o comprimento do tubo, visto que o tubo em PEAD possui seis metros e o tubo de concreto varia entre um a um e meio metros. Isso significa que o assentamento de um único tubo de PEAD equivale de quatro a seis tubos de concreto. Em resumo, o PEAD proporciona rapidez e praticidade na execução das obras.

No que se refere às vantagens do material em concreto, os entrevistados identificaram muitos benefícios, os pontos destacados incluem o custo, maior praticidade da mão de obra e mais conhecimento sobre o material. No entanto, as desvantagens predominam, ambos relataram: que a produção é morosa; o material é pesado; há

necessidade de utilizar diâmetros maiores; perda de material na hora do assentamento por avarias; além de uma vida útil limitada.

Ao abordar as vantagens do material em PEAD, ambos os entrevistados relataram que a produção é mais rápida, há uma ampla variação de diâmetros, o processo de execução é mais organizado e limpo, o tubo é durável, o manuseio é mais prático e não precisa de muito recobrimento. Contudo, a desvantagem amplamente reconhecida entre os entrevistados é o elevado custo do PEAD.

4.5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste tópico, será apresentada uma prévia análise, conforme demonstrado no Quadro 01, dos resultados obtidos ao longo do desenvolvimento do trabalho.

Quadro 01 – Análise dos resultados

	Tubo de concreto	Tubo PEAD
Custo	Alto	Baixo
Instalação	Obra morosa, excesso de resíduos e perda de materiais	Obra mais rápida, menos resíduos e obra limpa.
Manutenção preventiva	Facilidade de obstrução	Ainda não realizado
Manutenção corretiva	Mais reparos ou trocas	Ainda não realizado
Entrevista com os profissionais	Não recomendado para novas obras e trocas	Recomendado para novas obras e trocas

Fonte: Autoria Própria, 2024

É notória a aceitação do tubo PEAD no mercado do saneamento básico, principalmente no sistema de drenagem pluvial. Ao analisar o quadro de forma objetiva, o tubo PEAD apresenta um ótimo desempenho na instalação, pelo fato de gerar menos impacto ao meio ambiente e a obra ocorrer de forma mais rápida. Quanto ao custo, para o projeto em específico o tubo em concreto apresentou um valor elevado comparado ao tubo PEAD. Já os profissionais que trabalham na área recomendam a utilização do tubo PEAD para novas obras, visto que as obras precisam ser entregues mais rápidas e com menos resíduos, além da praticidade do material e por fim, sobre as manutenções, não foi possível realizar uma análise mais criteriosa, uma vez que a PMVV começou a implantar esse novo método recentemente. A clareza do órgão responsável pelo sistema, é que o tubo em concreto não é recomendado para as obras do município devido ao excesso de manutenções corretivas, por isso, as novas implantações estão sendo realizadas com o tubo PEAD, onde a manutenção corretiva é mais prática.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa teve como intuito demonstrar uma nova alternativa para o sistema de drenagem pluvial para futuras obras e melhorias para as existentes, o material em destaque é o tubo PEAD, devido a suas vantagens na aplicabilidade.

O objetivo do estudo era apresentar a viabilidade técnica e econômica de implantação do tubo em destaque para o loteamento residencial em execução no município de Linhares-ES. Com base na análise dos resultados obtidos, foi possível confirmar as

hipóteses de que, durante a execução o material demonstra ser mais sustentável e atende ao critério de segurança e qualidade, além da vantagem no método construtivo, por ser um material de fácil manuseio o assentamento comparado ao tubo de concreto é mais vantajoso. Em contrapartida, o custo para o tubo em PEAD apresentou um preço mais acessível, o que foi contrário a hipótese de ser um custo elevado, mas isso pode ser particular do estudo de caso.

Ao realizar o comparativo entre os materiais em questão, é extremamente viável a implantação do tubo PEAD para o loteamento, onde apresentou uma economia de 35,53% em relação ao tubo de concreto, ao considerar sua leveza, rapidez na instalação, sustentabilidade, mobilidade e durabilidade. O estudo também ressalta a importância das manutenções preventivas e manutenções corretivas em todo o sistema de drenagem, a fim de amenizar grandes impactos a população, mas precisamente alagamentos e inundações.

Este estudo proporciona perspectivas para futuras análises como a vida útil e resistência mecânica do tubo PEAD, a possibilidade de executar os PVs com caixas em PVC e por fim, realizar estudos técnicos sobre a execução do tubo PEAD.

REFERÊNCIAS

ABREU, T. A. **Análise comparativa entre tubos de concreto e tubos PEAD para drenagem pluvial**. 2017. 72 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia) – Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2017. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/handle/ANIMA/4545>. Acesso em: 13 maio 2024. Apud Fernandes, 2002

AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS. **M294**: Corrugated polyethylene pipe 300- to 1500-mm (12- to 60-in) diameter. 2. ed. Washington, DC: AASHTO, 2016. 19 p. Disponível em: <http://www.ascensionparish.net/wp-content/uploads/2023/10/Corrugated-Polyethylene-pipe-specifications.pdf>. Acesso em: 18 ago. 2024.

ANDRADE, E. A. **Comparativo entre tubo de PEAD e tubos de concreto para drenagem pluvial**. 2022. 41 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2022. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/items/708ff0ec-1c38-4321-94fb-5c79888c841e>. Acesso em: 01 maio 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 8890**: tubo de concreto de seção circular para água pluvial e esgoto sanitário: requisitos e métodos de ensaio. 4 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2020. 42 p. Disponível em: <https://cacador.sc.gov.br/uploads/sites/319/2023/07/ANEXO-V-ABNT-NBR-8890.pdf>. Acesso em: 18 maio 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS FABRICANTES DE TUBOS DE CONCRETO (ABTC). Página institucional. Disponível em: <https://www.abtc.com.br/site/>. Acesso em: 18 maio. 2024

BERTONI, J. C.; TUCCI, C. E. M. **Inundações urbanas na América do Sul**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Juan-Bertoni/publication/266883894_INUNDACOES_URBANAS_NA_AMERICA_DO_SUL/links/56b352cd08ae3d06a26644e2/INUNDACOES-URBANAS-NA-AMERICA-DO-SUL.pdf. Acesso em: 17 maio 2024.

BITTENCOURT, G. M. *et al.* **Eficiência da macrodrenagem de bacias urbanizadas na Amazônia: o caso do bairro do Reduto em Belém do Pará**. 2016. 22 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2016. Disponível em: <https://scholar.archive.org/work/sk3u7dahobdyniyic3mjr7tt6y/access/wayback/http://www.revistaret.com.br/ojs-2.2.3/index.php/ret/article/viewFile/496/491>. Acesso em: 13 maio 2024.

BITTENCOURT, M. C. S. *et al.* **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 (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Vale do Rio Doce, Governador Valadares, 2010. Disponível em: <https://pergamum.univale.br/pergamumweb/vinculos/tcc/Estudoecomparativoentretuboscircularesrigidosdeconcretoetuboscircularesflexiveisdepvcriblocparaaguaspluviais.pdf>. Acesso em: 18 maio 2024.

BOTELHO, M. H. C. **Águas de chuva engenharia das águas pluviais nas cidades**. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2011.

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **NST 025: projeto de redes coletoras de esgotos**. São Paulo: Sabesp, 2006. Disponível em: <https://silo.tips/download/norma-tecnica-sabesp-nts-025>. Acesso em: 18 maio 2024.

CRUZ, M. A. S.; SOUZA, C. F.; TUCCI, C. E. M. Controle da drenagem urbana no Brasil: avanços e mecanismos para sua sustentabilidade. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 17., 2007. **Anais [...]**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2007. Disponível em: https://files.abrhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/151/931f07c4c229bbc1b9c1603fa24b7e12_6826f37881689d99197aef832b946486.pdf. Acesso em: 17 maio 2024

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO. **PR 010970/18/DEZ/2006: meio-fio, sarjetas e sarjetões**. São Paulo: DER-SP, 2009. Disponível em: https://www.der.sp.gov.br/WebSite/Arquivos/normas/ET-DE-H00-018_A.pdf. Acesso em: 18 maio 2024.

ESCARIZ, R. C. **Análise comparativa de desempenho mecânico de tubos de concreto reforçados com macrofibras poliméricas e fibras de aço**. 2012. 133 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-09042012-122504/publico/Dissertacao_Renata_C_Escariz.pdf. Acesso em: 17 maio 2024.

KNTS DRAIN. Manual Técnico: Tubo Pead Corrugado com Paredes Estruturadas. Disponível em:
[/http://www.kanaflex.com.br/documentos/MANUAL%20KNTS%20DRAIN.pdf](http://www.kanaflex.com.br/documentos/MANUAL%20KNTS%20DRAIN.pdf). Acesso em 13 de maio. 2024.

MARCONDES, R. A. C. **Estudo do uso das tubulações de PEAD em sistemas de distribuição de água no Brasil**. 2016. 105 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

MAROTTA, T. S. **Drenagem pluvial: tubos de PEAD versus tubos de concreto**. 2022. 45 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Engenharia, Campus de Ilha Solteira, Ilha Solteira, 2022. Disponível em:
<https://repositorio.unesp.br/items/d74ac41c-6e43-433e-aff8-2ef040f940b3>. Acesso em: 31 ago. 2024.

MAURER, L. R. F. **Análise comparativa de custos entre redes em PEAD e concreto para sistemas de drenagem em loteamento**. 2019. 76 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos), São Leopoldo, 2019. Disponível em:
<https://repositorio.jesuita.org.br/handle/UNISINOS/11396?locale-attribute=en>. Acesso em: 19 maio 2024.

NETO, A. C. Sistemas urbanos de drenagem. [S. l.: s. n.], [s. d.]. Disponível em:
https://www.academia.edu/download/63339203/Introducao_a_drenagem_urbana200517-19631-17lg55x.pdf. Acesso em: 18 maio 2024.

OLIVEIRA, H. M. **Drenagem urbana: estudo de caso do residencial Itamaracá**. 2022. 76 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Goiás, Goiânia, 2022. Disponível em:
<https://repositorio.ifg.edu.br/handle/prefix/1483>. Acesso em: 18 maio 2024.

PEREIRA, J. G. **Análise comparativa da viabilidade técnica, econômica e financeira utilizando manilhas de concreto e tubo corrugado PEAD para drenagem urbana**. 2019. 50 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2019. Disponível em:
<https://dspace.bc.uepb.edu.br/xmlui/handle/123456789/21068?show=full>. Acesso em: 13 maio 2024.

PERES, F.M. **Desenvolvimento de métodos alternativos para a avaliação da resistência à fratura por fluência de resinas de polietileno utilizadas para a extrusão de tubos de água**. 2005. 191 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005. Disponível em:
<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3133/tde-08112005-092736/en.php>. Acesso em: 31 ago. 2024.

PESCARINI, T. Saneamento: Galerias de águas pluviais. **Revista Infraestrutura Urbana**. 2011. Disponível em:

<http://infraestruturaurbana.pini.com.br/solucoestecnicas/4/galerias-de-aguas-pluviais-220138-1.aspx>. Acesso em: 15 maio. 2024.

POLETO, C. SUDS (Sustainable Urban Drainage Systems): uma contextualização histórica. **Revista Thema**, Pelotas, v. 8, n. 1, p. 1-12, 2011. Disponível em: <https://periodicos.ifsul.edu.br/index.php/thema/article/download/38/38/203>. Acesso em: 13 maio 2024.

PRATES, C. L. **Drenagem de águas pluviais: estudo de caso de um trecho de uma rua movimentada da capital mineira na Região Noroeste**. 2023. 68 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia, Belo Horizonte, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/58790>. Acesso em: 31 ago. 2024.

SILVEIRA, A. L. L. da. **Drenagem urbana: aspectos de gestão**. 2002. 70 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002. Disponível em: <https://pdfcoffee.com/apostila-drenagem-urbana-ufrgs-pdf-free.html>. Acesso em: 15 set. 2024.

TIGRE-ADS. **Catálogo de tubulações corrugadas: soluções em tubulações corrugadas de PEAD**. Disponível em: http://www.tigreads.com/Content/uploads/arquivos/CATALOGOGERAL-TIGRE-ADS-2016_56c977fdeb93-4cf5-8a68-b1b067a3fda7.pdf. Acesso em: 13 maio 2024.

TIGRE-ADS. **Manual de bolso para instalação de tubulações corrugadas TIGRE-ADS**. Disponível em: http://www.tigre-ads.com/Content/uploads/arquivos/MANUAL-DEINSTALACAO-_2c289565-370c-47c2-8b6c-5d67edc512b0.pdf. Acesso em: 13 maio 2024.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: Editora da Universidade/UFRGS, 1993. Disponível em: https://www.academia.edu/37153390/LIVRO_Hidrologia_ciencia_e_aplicacao_Carlos_Tucci_Pags_01_145. Acesso em: 18 maio 2024.

APÊNDICE

APÊNDICE A - PROJETO EXECUTIVO E PLANILHA DE CUSTO

https://drive.google.com/drive/folders/1rz2DkWMUbp59__2RL83C045vbMjHoQJi?usp=sharing