

**CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ**  
**BRENA SCHMIDT GONÇALVES DIAS**

**ANÁLISE TEÓRICA EM RELAÇÃO AO USO DE TUBOS DE PEAD E PVC PARA  
IMPLANTAÇÃO DE REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA**

**CASCABEL - PR**

**2018**

**CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ**  
**BRENA SCHMIDT GONÇALVES DIAS**

**ANÁLISE COMPARATIVA DO USO DE TUBOS DE PEAD E PVC PARA  
IMPLANTAÇÃO DE REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA**

Trabalho apresentado na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso de Engenharia Civil, do Centro Universitário Assis Gurgacz, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

**Professora Orientadora: Mestre Engenheira Civil  
Camila Forigo.**

**CASCADEL - PR**  
**2018**

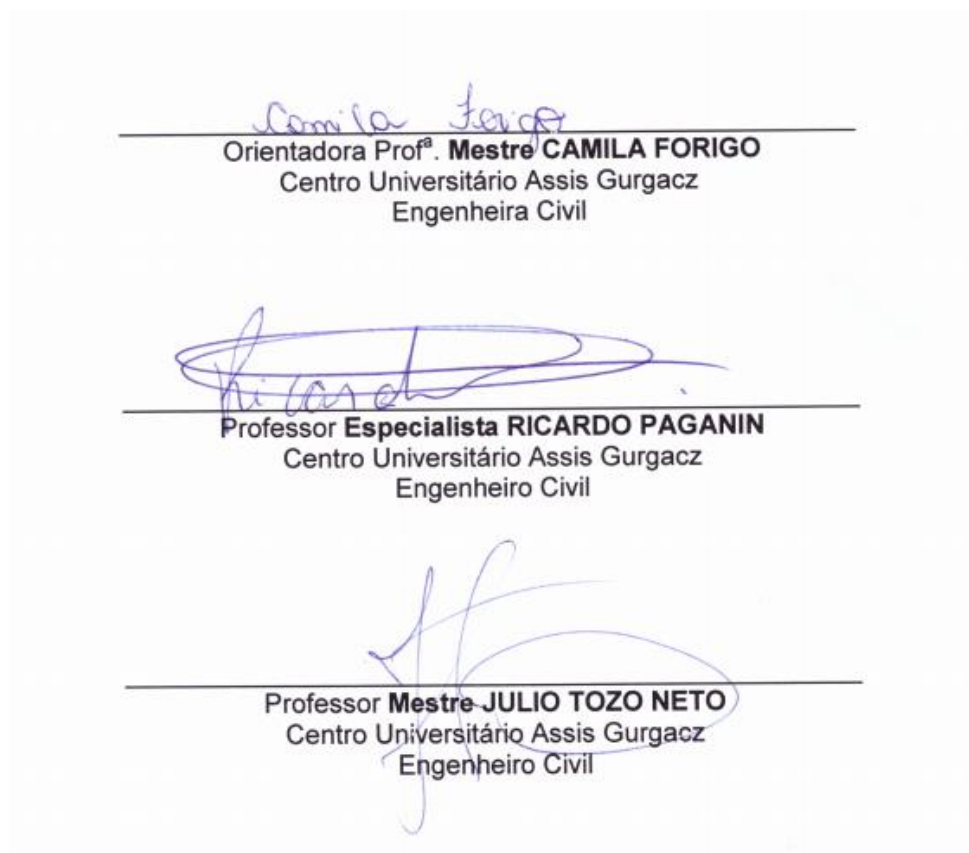
**CENTRO UNIVERSITÁRIO FUNDAÇÃO ASSIS GURGACZ**

**BRENA SCHMIDT GONÇALVES DIAS**

**ANÁLISE COMPARATIVA DO USO DE TUBOS DE PEAD E PVC PARA  
IMPLANTAÇÃO DE REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA**

Trabalho apresentado No Curso de Engenharia Civil, do Centro Universitário Fundação Assis Gurgacz, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, sob orientação da **Professora Mestre Engenheira Civil Camila Forigo**.

**BANCA EXAMINADORA**



Cascavel, 04 de dezembro de 2018.

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho à minha família por todo o suporte, motivação e paciência, principalmente à minha Tia Rita por sua participação em minha formação, tanto acadêmica quanto humana.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos meus pais, Eleane e Mario Jorge, pela dádiva da vida.

À Rita Luiza, minha tia, que durante toda minha vida atuou como uma segunda mãe.

Aos meus irmãos, Nathaly e Octávio, por todo carinho e suporte.

À minha orientadora, Camila Forigo, por todas as sugestões, correções e apoio, que foram decisivos para a conclusão exitosa deste trabalho.

Aos meus amigos e familiares, pelo amparo, principalmente à Cynthia Uebel, que esteve ao meu lado durante todo esse processo.

À Sanepar, pela experiência e conhecimento que me foi transmitido durante meu período de estágio, especialmente ao meu supervisor, engenheiro Reni Heerdt, que foi imprescindível para a execução desta atividade.

## **Epígrafe**

“A água de boa qualidade é como a saúde ou a liberdade: só tem valor quando acaba.”

João Guimarães Rosa

## RESUMO

Os sistemas de distribuição de água têm como objetivo a prestação de um serviço público essencial para saúde e o bem-estar dos cidadãos. Na maioria dos casos, são empresas públicas encarregadas desse setor, desde sua execução e ampliação, até sua manutenção e administração. Devido a isso, qualquer desperdício ou gasto extra, seja de matéria ou de capital, têm impacto aos cofres públicos e, conseqüentemente, à população. Com as constantes inovações tecnológicas no âmbito material, surgem materiais cada vez mais aperfeiçoados, podendo ser aplicados de forma a gerar melhorias. É o caso do PEAD, quando comparado ao usual PVC, em obras de distribuição de água em redes públicas. Este trabalho ambiciona definir qual dos materiais em análise é mais adequado à função de distribuir água à população de maneira otimizada, utilizando um estudo bibliográfico para realizar a comparação entre PEAD e PVC, valendo-se de informações disponibilizadas, principalmente, pelas fabricantes dos materiais. Quando comparados os atributos dos tubos de PEAD e PVC, se nota uma diferenciação entre a resistência, durabilidade, configuração e, principalmente, no modo de execução de rede pública de água. É nítida a superioridade dos tubos PEAD, sobre suas características e aplicabilidade, em relação aos tubos de PVC, portanto, há benefício na substituição deste pelo polietileno de alta densidade.

**Palavras-chave:** Policloreto de vinila. Polietileno de alta densidade. Obras públicas. Resistência. Durabilidade.

## LISTA DE FIGURAS

|                                                      |    |
|------------------------------------------------------|----|
| Figura 1: Bobina de PEAD de 100m de comprimento..... | 28 |
| Figura 2: Tubos de PVC .....                         | 28 |
| Figura 3: Carretel de PEAD com 1400m de tubo.....    | 29 |
| Figura 4: Mecanismo de junta de eletrofusão.....     | 29 |
| Figura 5: Mecanismo de junta de termofusão .....     | 30 |
| Figura 6: Junta mecânica de PEAD.....                | 30 |
| Figura 7: Junta elástica em tubo de PVC.....         | 31 |
| Figura 8: Adesivo utilizado em solda a frio .....    | 31 |

## **LISTA DE TABELAS**

|                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1: Propriedades do PEAD de diferentes fornecedores..... | 25 |
| Tabela 2: Propriedades do PVC de diferentes fornecedores ..... | 26 |
| Tabela 3: Comparativo da marca Tigre entre PEAD e PVC .....    | 26 |

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

**ABCON** - Associação Brasileira das Concessionárias Privadas de Serviços Públicos de Água e Esgoto

**DCE** - Dicloro etano

**DN** - Diâmetro Nominal

**IBPVC** - Instituto Brasileiro do PVC

**MCV** - Monômero cloreto de vinila

**MND** - Métodos não destrutivos

**NUCASE** - Núcleo Sudeste De Capacitação E Extensão Tecnológica Em Saneamento Ambiental

**PEAD** - Polietileno de Alta Densidade

**PVC** - Policloreto de Vinila

**SINDCON** - Sindicato Nacional das Concessionárias Privadas de Serviços Públicos de Água e Esgoto

**UV** - Ultravioleta

## SUMÁRIO

|          |                                                           |           |
|----------|-----------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>CAPÍTULO 1.....</b>                                    | <b>11</b> |
| 1.1      | INTRODUÇÃO .....                                          | 11        |
| 1.2      | OBJETIVOS .....                                           | 12        |
| 1.2.1    | Objetivo Geral.....                                       | 12        |
| 1.2.2    | Objetivos Específicos.....                                | 12        |
| 1.3      | JUSTIFICATIVA.....                                        | 12        |
| 1.4      | FORMULAÇÃO DO PROBLEMA .....                              | 13        |
| 1.5      | FORMULAÇÃO DA HIPÓTESE .....                              | 13        |
| 1.6      | DELIMITAÇÃO DA PESQUISA .....                             | 14        |
| <b>2</b> | <b>CAPÍTULO 2.....</b>                                    | <b>15</b> |
| 2.1      | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....                               | 15        |
| 2.1.1    | Breve histórico sobre distribuição de água no Brasil..... | 15        |
| 2.1.2    | Atributos de redes de distribuição de água .....          | 17        |
| 2.1.3    | PEAD .....                                                | 19        |
| 2.1.4    | PVC .....                                                 | 21        |
| <b>3</b> | <b>CAPÍTULO 3.....</b>                                    | <b>23</b> |
| 3.1      | METODOLOGIA .....                                         | 23        |
| 3.1.1    | Tipo de estudo .....                                      | 23        |
| 3.1.2    | Instrumentos e procedimentos para coleta de dados .....   | 23        |
| 3.1.3    | Análise dos dados.....                                    | 24        |
| <b>4</b> | <b>CAPÍTULO 4.....</b>                                    | <b>25</b> |
| 4.1      | RESULTADOS E DISCUSSÕES .....                             | 25        |
| 4.1.1    | Quanto à resistência .....                                | 26        |
| 4.1.2    | Quanto à durabilidade .....                               | 27        |
| 4.1.3    | Quanto à aplicação .....                                  | 27        |
| 4.1.4    | Quanto aos riscos e falhas .....                          | 32        |
| <b>5</b> | <b>CAPÍTULO 5.....</b>                                    | <b>33</b> |
| 5.1      | CONSIDERAÇÕES FINAIS.....                                 | 33        |
| <b>6</b> | <b>CAPÍTULO 6.....</b>                                    | <b>34</b> |
| 6.1      | SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....                    | 34        |
|          | REFERÊNCIAS .....                                         | 35        |

## 1 CAPÍTULO 1

### 1.1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, tem sido cada vez mais recorrente a busca por sustentabilidade, do ponto de vista econômico, social e ambiental. É nítida a necessidade de buscar soluções para proteger os finitos recursos do planeta. Portanto, é de suma importância que seja levado em consideração todo tipo de impacto na escolha de um material para aplicação em obras de engenharia, principalmente quando sua função básica é servir à sociedade, deve ser levado em consideração a geração de poluentes, detritos, custos e riscos.

Além do preço, é importante levar em consideração a resistência, durabilidade e facilidade de aplicação na escolha do material. Se tratando de redes de distribuição de água, tais características são relevantes para diminuir as perdas em possíveis extrusões do líquido e reduzir o tempo de execução de obra, promovendo benefício social de existir água encanada acessível à população, com o menor custo e maior qualidade possível.

A rede de distribuição de água é composta por um conjunto de tubulações e conexões que deve garantir a condução da água potável em quantidade e pressões adequadas sem alterar sua qualidade. Assim como qualquer obra, o projeto e a construção de uma rede pública de distribuição de água requer planejamento devendo ser observados seus aspectos construtivos e atendimento as especificidades de cada projeto.

De acordo com a ABNT NBR 12.218/2017 que trata do projeto de redes de distribuição de água para abastecimento público, deve-se realizar estudo e definir os tipos de materiais adequados para implantação.

Portanto, este trabalho ambiciona concluir, por meio de pesquisa, se o PVC, material mais comum em redes de água no Brasil, seria, teoricamente, o mais adequado para essa aplicação, quando comparado ao PEAD.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

Detalhar um estudo bibliográfico realizando um comparativo entre a utilização de tubos de PEAD e PVC na execução de redes de distribuição de água.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Analisar as características dos tubos;
- Indicar principais falhas e riscos em cada tipo de material PEAD e PVC;
- Definir a mais vantajosa opção entre os dois materiais estudados para aplicação prática.

## 1.3 JUSTIFICATIVA

A razão deste trabalho acadêmico é buscar justificativas para a determinação da diretoria operacional da Sanepar, Companhia de Saneamento do Paraná, de priorizar o uso de tubos de PEAD em obras de melhorias e ampliação da rede em substituição dos tradicionais tubos de PVC.

Estudos relacionados à resistência e durabilidade sugerem que tubos de PVC podem não ser a melhor opção de material a ser empregado em sistemas de distribuição de água, impulsionando a busca de um substituto para otimizar estas obras. Quando há perdas de água na rede pública, o efeito é ambiental e social, portanto, devem ser evitadas.

Desde 1987, mais de 270 cidades da Alemanha e muitas outras em outros países europeus (Áustria, Dinamarca, Luxemburgo, Espanha, Inglaterra, Holanda, Noruega e Suécia) além de outras nos Estados Unidos, Canada e o Japão proibiram ou restringiram o uso do PVC em materiais de construção para obras públicas. Mesmo o uso do PVC em obras privadas foi restringido (European Comission, 2016)

A iniciativa começou na cidade alemã de Bielefeld devido a corrosão causada pelo ácido clorídrico. Além disso, também houve contaminação por dioxina. Então a câmara da cidade decidiu banir o PVC e entre 1987 e 1988 a cidade já havia eliminado 90% do uso do PVC.

Após esse incidente o Greenpeace também passou a fazer campanha pela redução do uso de PVC e substituição deste por outros materiais (como o PEAD ou o PP). Esta iniciativa fez com que um grande número de governos, empresas e outras organizações criassem leis ou projetos para restringir ou até mesmo eliminar o uso do PVC.

Devido às restrições em regiões de grande consumo como UE e América do Norte, as indústrias petroquímicas direcionaram suas produções de PVC para a Ásia e países emergentes onde há maior crescimento da demanda de PVC devido a praticamente ausência de leis restringindo seu uso. A Ásia em 2013 já era responsável por 56% do consumo de PVC no mundo, com foco na China que sozinha consome 38%. No Brasil não são encontradas informações oficiais com estudos sobre o impacto do PVC.

Neste trabalho, para a pesquisa bibliográfica, serão considerados os aspectos físicos, químicos e ambientais do PEAD e do PVC, com o intuito de contribuir para a tomada de decisão, para verificação se há mais vantagens na utilização do material PEAD em redes de distribuição de água.

#### 1.4 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

Quando se pode optar pelo uso de tubos de PEAD em substituição da tradicional alternativa dos tubos de PVC?

#### 1.5 FORMULAÇÃO DA HIPÓTESE

A resistência e durabilidade dos tubos de PEAD superam essas características em relação aos tubos de PVC, explicitando, assim, a vantagem da substituição deste material nas instalações de distribuição de água.

## 1.6 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa será limitada à uma pesquisa bibliográfica sobre os tubos de PVC e PEAD, no âmbito físico, químico, ambiental e prático da sua aplicação em redes de distribuição de água.

## 2 CAPÍTULO 2

### 2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 2.1.1 Breve histórico sobre distribuição de água no Brasil

Segundo Barros (2014), o primeiro indício de saneamento no Brasil ocorreu em 1561, quando Estácio de Sá mandou escavar no Rio de Janeiro o primeiro poço para abastecer a cidade. Em 1673, deu-se início do primeiro aqueduto do País, que ficou pronto em 1723, transportando águas do rio Carioca em direção ao Chafariz, atualmente o aqueduto é conhecido como os Arcos da Lapa. Em 1746, foram inauguradas linhas adutoras para os conventos de Santa Tereza, e na Luz, Em São Paulo. Na capital paulista, o primeiro chafariz foi construído em 1744 e em 1842, havia cinco chafarizes na cidade. No período colonial, ações de saneamento eram feitas de forma individual, resumindo-se à drenagem de terrenos e instalação de chafarizes.

No final do século XIX, ocorreu a organização dos serviços de saneamento e as províncias entregaram as concessões às companhias estrangeiras, principalmente inglesas. O Governo de São Paulo construiu o primeiro sistema de abastecimento de água encanada, entre 1857 e 1877, após assinar contrato com a empresa Achilles Martin D'Étudents. Em Porto Alegre, o sistema de abastecimento de água encanada foi concluído em 1861, e o do Rio de Janeiro em 1876, por Antônio Gabrielli. Com o uso do decantador Dortmund, o sistema do Rio de Janeiro se tornou pioneiro na inauguração em nível mundial de uma Estação de Tratamento de Água (ETA), com seis filtros rápidos de pressão ar/água (BARROS, 2014).

Para Cerqueira (2010) devido à má qualidade dos serviços prestados pelas companhias estrangeiras, o Brasil estatizou o serviço de saneamento no início do século XX. A partir dos anos 1940, se iniciou a comercialização dos serviços de saneamento. Surgem então as autarquias e mecanismos de financiamento para o abastecimento de água, com influência do Serviço Especial de Saúde Pública (SESP), hoje denominada Fundação Nacional de Saúde (FUNASA).

Em 13 de outubro de 1969, o Decreto Lei 949, autorizou que o Banco Nacional de Habitação (BNH) a aplicar nas operações de financiamento para o saneamento, além de seus próprios recursos, os do Fundo de Garantia por Tempo de Serviço (FGTS). Em 1971, foi instituído o Plano Nacional de Saneamento (PLANASA), onde foram consolidados os valores que surgiram nos anos de 1950, autonomia e autossustentação, por meio das tarifas e financiamentos baseados em recursos retornáveis. As decisões passaram a ser concentradas, com imposições das companhias estaduais sobre os serviços municipais, e uma separação das instituições que cuidavam da saúde e as que planejavam saneamento. (BARROS, 2014)

Conforme Barros (2014), com a falência da PLANASA e a extinção do BNH, o setor de saneamento viveu um vazio institucional. Em 1991, a Câmara Federal iniciou debates com a tramitação do PLC 199, que dispunha sobre a política nacional de saneamento. Após quatro anos de discussões foi vetado integralmente o PLC 199, sob a justificativa do governo federal de que era incompatível com a Lei das Concessões. Em 1995, a Lei de Concessão nº 8.987 regulamentou o artigo 175 da Constituição Federal, que previu a concessão de serviços públicos e autorizou a outorga desses serviços. Foram tentadas estratégias de privatização com outros Projetos de Lei para o saneamento, como o PLS 266 que buscava transferir a titularidade dos serviços para o Estado, com um inter-relacionamento entre União, Estados, Distrito Federal e Municípios.

De acordo com Cerqueira (2010), o PL 4.147/2001 foi mais uma tentativa de tomar dos Municípios a titularidade dos serviços de saneamento. Todos os projetos foram negados no Congresso Nacional por iniciativa do movimento municipalista brasileiro, que batalhou pelo arquivamento definitivo de tais propostas. Em 2004, a Lei da PPP (Parceria Público-Privada), nº 11.079, definiu regras gerais para licitar e contratar parcerias público-privadas por parte dos governos federal, estaduais, do Distrito Federal e municipais, permitindo que fossem realizadas as primeiras concessões para companhias privadas. A resolução nº 518 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – Conama e do Ministério da Saúde, estabeleceu normas e padrões de potabilidade da água para o consumo humano, iniciando a formação do marco legal do setor de saneamento no Brasil.

Em 2005, a Lei de Consórcio Público nº 11.107 definiu as condições para que a União, Estados, Distrito Federal e Municípios estabelecessem consórcios públicos para desenvolver projetos de interesse comum. Após intensa luta dos Municípios pela titularidade dos serviços de saneamento, no dia 05 de janeiro de 2007, foi sancionada a Lei Federal nº 11.445, chamada de Lei Nacional do Saneamento Básico – LNSB, que teve vigência a partir de 22 de fevereiro do mesmo ano, estabelecendo as diretrizes nacionais para o saneamento básico no Brasil,

determinando que a União elabore o Plano Nacional de Saneamento Básico (PNSB). Para usufruir dos benefícios estabelecidos por lei, os Municípios devem elaborar seus planos municipais definindo horizontes de universalização da prestação de serviços (CERQUEIRA, 2010).

A Lei Federal nº 11.445 esclareceu e deu encaminhamento a várias questões que não estavam cobertas pela legislação até então, definindo diretrizes nacionais para a prestação de serviços de água e esgoto, fixando os direitos e obrigações da União de manter, estabelecendo regulação, inspecionando e planejando políticas para o setor. A lei determinou a criação de entidade reguladora específica em cada instância governamental e estabeleceu objetivos para o planejamento municipal de saneamento e criou mecanismos legais e políticos de pressão para atingir metas (BARROS, 2014).

Após a aprovação do marco regulatório, em complemento a Lei nº 11.445, os municípios passaram a se estruturar como poder concedente. Desde então, tem sido crescente a participação de empresas privadas no setor de saneamento, chegando em 2014 com pouco mais de 10% do setor e a expectativa da ABCON (Associação das Concessionárias Privadas de Água e Esgoto) era de que a iniciativa privada atingisse 30% do setor até o final de 2017, quando o marco regulatório completaria 10 anos (BARROS, 2014).

Entretanto, a participação dos prestadores privados de saneamento nos municípios brasileiros permanece no mesmo patamar há dois anos. Em 2016, eram 322 cidades atendidas parcial ou totalmente em seus serviços de água e esgoto em todo o Brasil, o que corresponde a 5,78% de participação. O número permaneceu o mesmo até março de 2018, conforme levantamento do Panorama da Iniciativa Privada no Saneamento, da Associação Brasileira das Concessionárias Privadas de Serviços Públicos de Água e Esgoto e do Sindicato Nacional das Concessionárias Privadas de Serviços Públicos de Água e Esgoto (ABCON, 2018).

### 2.1.2 Atributos de redes de distribuição de água

Para construir, operar e realizar manutenções necessárias nas redes de distribuição de água, vários aspectos devem ser considerados. A rede de distribuição é a estrutura do sistema mais integrada à realidade urbana. Esta é constituída de um conjunto de tubulações interligadas instaladas ao longo das vias públicas ou nos passeios, junto aos edifícios, conduzindo a água aos pontos de consumo, como residências, edifícios comerciais, escolas, hospitais, entre outros (NUCASE, 2013).

A necessidade de serviços de manutenção em redes de distribuição é constante e o bom funcionamento do sistema de distribuição é determinado por como é administrada a rotina de manutenção. É importante que o controle das obras seja previsto para a execução rápida e, para que as redes de distribuição funcionem adequadamente, os profissionais que as projetam e constroem devem ter conhecimento das propriedades dos materiais disponíveis no mercado. Assim, poderão fazer uma boa escolha e instalá-los da maneira adequada. (NUCASE, 2013)

De acordo com Tsutiya (2006) as etapas do sistema de abastecimento de água da captação até a reservação recebem, normalmente, mais atenção das equipes de operação, por estarem espacialmente mais concentradas, e também, são mais visíveis e visitadas. Já as redes de distribuição de água e os ramais prediais estão enterrados e dispersos pela cidade e às vezes de difícil acesso, por isso não recebem a devida atenção. No entanto, estas últimas partes, se encontram mais próximo do consumidor, por isso, devem merecer especial atenção, em particular no que se refere à qualidade da água e perdas por vazamentos.

As perdas de água por vazamentos representam a maioria das perdas em um sistema e, em geral, são resultados de pressões elevadas na rede de distribuição, redes antigas, materiais de baixa qualidade, sistemas mal gerenciados operacionalmente e má qualidade da mão de obra na execução de consertos (PINTO, 2012).

Os materiais mais utilizados em tubulações de distribuição de água são:

- Ferro fundido dúctil
- Ferro fundido cinzento
- Aço
- Poliéster reforçado com fibra de vidro
- PVC
- PEAD

A escolha do material adequado para uma determinada aplicação depende principalmente dos seguintes fatores:

- Custo: Para ter o melhor custo o material deve ser durável, resistente e permitir o menor número de juntas, acessórios e facilitar a instalação, operação e manutenção.
- Da pressão e temperatura de trabalho; os materiais devem resistir aos esforços internos sem trincar, deformar ou vazar.

- Disponibilidade de equipamentos na companhia operadora de saneamento, para instalação e manutenção da rede.
- Da resistência ao escoamento (perdas de cargas): A seção da tubulação e o coeficiente de rugosidade, não deverão sofrer alteração sensível durante o decorrer do tempo.
- Qualidade da água: O material da tubulação não deverá prejudicar a qualidade de água, não deverá ser dissolvido ou absorvido pela água (ex: corrosão e contaminação), e se dissolver, não provocar danos aos usuários.

De acordo com a ABPE (2013), é possível realizar reparos nos tubos de PEAD com luvas de eletrofusão ou selas de reparo em linhas sem carga, ou seja, com o sistema vazio. No caso de linha em carga, a flexibilidade do PEAD propicia o uso de ferramentas estranguladoras para estancar o fluxo. Já no caso do PVC, sua rigidez não permite este tipo de reparo, sendo necessário o fechamento do sistema, o corte do trecho com dano e colocação de um novo pedaço de tubo.

### 2.1.3 PEAD

De acordo com Coutinho (2003), o polietileno é o polímero com a estrutura química mais simples. Ele é obtido por meio da polimerização do eteno e por isso também pode ser conhecido como polieteno. Por ser constituído apenas de hidrogênio e carbono, o produto é atóxico e possui uma grande resistência química.

Com peso molecular elevado, o polietileno de alta densidade (PEAD) é indicado especialmente para a fabricação de tubos. Com excelentes propriedades mecânicas, físicas, químicas e hidráulicas, os tubos apresentam uma ótima resistência ao tensofissuramento e às deformações, garantindo durabilidade superior a 50 anos. Além disso, como são aditivados com o pigmento negro de fumo possuem resistência à fotodegradação, podendo ser usados em áreas abertas e expostos às ações do tempo (FGS, 2016).

Amplamente utilizados e padronizados por regulamentações nacionais da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e internacionais (ISO, EN, ASTM, etc.), os tubos de PEAD são produzidos com resinas especiais qualificadas como PE 80 e PE 100. Possuem tensões de dimensionamento hidrostático a 20°C, o que garante uma longa vida útil. Estão disponíveis em diâmetros de 20 mm a 1600 mm e têm ampla gama de pressões, que vão de 4 a 20 bar (0,4 a 2 MPa) (FGS, 2016).

Há mais de 30 anos, os tubos de PEAD são utilizados em todo o mundo em diversas aplicações, como redes e ramais de distribuição de água, de gás e adutoras, agregando vantagens econômicas e técnicas a diversos projetos. Por serem flexíveis, resistentes ao impacto e à tração, permitem a instalação por meio de sistemas não-destrutivos, ou seja, sem a abertura de valas. Esse método, além de proporcionar mais agilidade à execução das obras, também é benéfica ao meio ambiente e garante economia financeira (FGS, 2016).

A utilização dos tubos de PEAD cresce a cada dia em razão dos grandes benefícios que proporciona, o que permite mais flexibilidade na execução de obras, economia financeira, preservação do meio ambiente, entre outras vantagens. O polietileno não enferruja, apodrece, ou corrói por resultado de ação química, eletrolítica ou galvânica. A superfície de baixa rugosidade do PEAD também aumenta a resistência ao crescimento de bactérias, algas, fungos e ataques biológicos que poderiam impedir a fluidez ou causar odores (ECOPIPE, 2017).

a) Livre de vazamentos: Tubos e conexões em PEAD são unidos por processos de solda utilizando calor que funde as extremidades tornando uma peça perfeitamente unida sem a necessidade de cola ou juntas mecânicas. Esse processo extremamente eficiente garante a resistência mecânica e é totalmente livre de vazamentos.

b) Melhor para o meio ambiente: O PEAD é o material mais seguro e ecologicamente correto utilizado atualmente. Além de ser um plástico reciclável ainda promove redução de consumo energético em função da baixa rugosidade tornando os sistemas de bombeamento e distribuição mais eficientes. Além disso o material não libera partículas tóxicas e sua perfeita estanqueidade previne vazamentos de esgoto e efluentes industriais no solo.

c) Melhor para os consumidores: A eficiência do PEAD também pode ser sentida pelos consumidores finais de água potável. Como é livre de vazamentos e requer menos gasto energético para ser bombeado e distribuído, os consumidores sentem a redução dos custos nas contas de água e luz de seus condomínios e residências. Além disso o material totalmente atóxico garante uma água de elevada qualidade e pureza.

d) Resistente a corrosão e a ataques químicos: Tubos e conexões em PEAD não sofrem com a corrosão ou ataques químicos do cloro, flúor e outros produtos utilizados no tratamento de água. Essa resistência garante uma elevada vida útil e tempo de serviço sem manutenções.

e) Menos gasto público: Além de sua vida útil elevada, baixa manutenção, redução de desperdício e eficiência energética. Os órgãos públicos ainda têm um menor custo

na instalação em função de facilidade e rapidez da instalação. Com grande flexibilidade o material pode ser moldado de acordo com o percurso a ser instalado reduzindo a necessidade de conexões e mão de obra para soldagem.

f) Perfeito para métodos não destrutivos (MND): PEAD é a escolha primordial para instalações sem abertura de vala. Esses métodos reduzem o custo de restaurações e reconstrução de estradas e vias públicas. Com menos interrupções e transtorno a população. Permite a instalação sem intervenções civis significativas em diversas situações.

g) Leve e flexível: PEAD é leve e não requer o uso de equipamentos pesados de elevação para a instalação. Reduz a necessidade de acessórios, é excelente em solos com movimentações e tem um bom desempenho nas áreas sujeitas a terremotos. Graças a sua flexibilidade resolve inúmeros problemas que não podem ser corrigidos com tubulações rígidas como o concreto, PVC ou tubo de ferro fundido.

#### 2.1.4 PVC

O PVC é um plástico com características únicas. Sua grande versatilidade faz com que esteja mais presente no cotidiano do que se pode imaginar e o torna uma alternativa viável e atrativa em muitos mercados, substituindo materiais como alumínio, borracha, cobre, alvenaria, cerâmica, vidro ou madeira. O resultado são milhares de aplicações, que oferecem contribuições fundamentais para a qualidade de vida e o desenvolvimento sustentável. O PVC contém, em peso, 57% de cloro, obtido através da eletrólise do sal marinho (um recurso natural inesgotável) e 43% de eteno, derivado do petróleo. A eletrólise é a reação química resultante da passagem de uma corrente elétrica por água salgada (salmoura) (IBPVC, 2017).

Para a obtenção do eteno, que representa apenas 43% desta resina, o óleo cru passa por uma destilação na qual é obtida a nafta leve. O eteno é gerado a partir do processo de craqueamento catalítico (quebra de moléculas grandes em moléculas menores com a ação de catalisadores para aceleração do processo) da nafta. Tanto o cloro como o eteno estão na fase gasosa e da reação dos dois é produzido o DCE (dicloro etano). A partir do DCE, obtém-se o MVC (monômero cloreto de vinila). As moléculas de MVC são submetidas ao processo de polimerização, ou seja, elas se ligam formando uma molécula muito maior (polímero), conhecida como PVC (policloreto de vinila), que é um pó muito fino, de cor branca e totalmente inerte (IBPVC, 2017).

A resina de PVC, na sua forma pura, pós-fabricação, é um pó branco que sozinho não tem nenhuma aplicação industrial, pois não é processável devido às suas características físicas e químicas. Para a fabricação de produtos em PVC, é necessária a adição de produtos químicos (aditivos) à resina de PVC. A esta mistura dá-se o nome de composto de PVC. A ação de misturar resina e aditivos é chamada de formulação. O composto de PVC é, então, inserido em máquinas específicas (a depender do produto a ser fabricado) como extrusoras, injetoras, sopradoras, etc. onde serão transformados ou processados no produto desejado, como tubos, conexões, frascos, etc. O tipo de resina e os aditivos utilizados determinarão as características finais dos produtos em PVC, que podem se apresentar nas formas rígida ou flexível, transparente ou opaco, dentre diversas outras características (IBPVC, 2017).

PVC é o segundo termoplástico mais consumido no mundo, atrás apenas do polietileno. Seu grande diferencial perante outros termoplásticos é a sua versatilidade, a inclusão de plastificantes de baixo peso molecular deixam a resina flexível ou com comportamento de borracha, essa adição de plastificante também baixa a temperatura de transição vítrea. Já o PVC não-modificado possui alta rigidez. Outros aditivos que são amplamente utilizados com o PVC são: estabilizantes, pigmentos, lubrificantes e cargas. As cargas são utilizadas geralmente para redução de custo, e são as principais o talco, o carbonato de cálcio e a argila (RABELLO, 2000).

O PVC é totalmente atóxico e inerte, isso significa que ele pode ser aplicado em produtos médico-hospitalares, filmes para cobertura de alimentos e brinquedos; desde que os aditivos também possuam essas características, obviamente (RABELLO, 2000).

O grande problema do PVC é sua sensibilidade térmica, para a qual é requerida muito controle a fim de evitar a decomposição do polímero durante o processamento. Soma-se a isso, as pequenas quantidades de HCl que são liberadas da resina e podem provocar a corrosão do equipamento se suas partes metálicas não tiverem tratamento adequado. Para aplicações externas, o PVC demanda de estabilizante UV, caso contrário também poderá haver liberação de HCl (RABELLO, 2000).

### 3 CAPÍTULO 3

#### 3.1 METODOLOGIA

##### 3.1.1 Tipo de estudo

Trata-se de uma pesquisa descritiva para comparação de dois materiais usualmente utilizados em redes de distribuição de água. São eles tubos de PEAD e PVC.

A pesquisa foi realizada pelo método qualitativo, pois foram levantadas as principais características relevantes nesse tipo de aplicação dos materiais em questão através de revisão bibliográfica. Após a coleta de dados foram comparados e foi definida a melhor opção entre PVC e PEAD neste padrão de aplicação.

##### 3.1.2 Instrumentos e procedimentos para coleta de dados

A coleta de dados foi realizada de forma teórica, com uso de tabelas e dados fornecidos pelas marcas Tigre, Amanco, Belfano, Polierg, FGS Brasil, Ferroplast, Krona e Cardinali; foram utilizadas as informações sobre resistência, toxicidade, impermeabilidade, flexibilidade, corrosibilidade, formas de união de peças, quantidade de juntas necessárias, da vala necessária para execução, vida útil, temperatura e pressão de serviço, configuração física, diâmetros disponíveis e a densidade dos tubos.

### 3.1.3 Análise dos dados

Após a coleta de dados, foi realizada a respectiva análise por meio da revisão bibliográfica relacionando a resistência, a vida útil, os possíveis impactos ambientais, a facilidade de execução e problemas relacionados ao uso dos tubos de PVC e PEAD.

## 4 CAPÍTULO 4

### 4.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES

De acordo com informações disponibilizadas pelas principais fabricantes fornecedoras de tubos de PEAD e PVC, é possível fazer uma comparação entre as principais características dos materiais em questão, conforme pode ser observado na Tabela 1 e Tabela 2.

Na Tabela 3, há um comparativo direto entre PEAD e PVC da mesma fabricante, Tigre, que utiliza os mesmos padrões de controle na produção dos tubos de diferentes materiais.

**Tabela 1:** Propriedades do PEAD de diferentes fornecedores

| Material              | PEAD                                      |                                           |                                                 |                                                                  |
|-----------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| Marcas                | Tigre                                     | Belfano                                   | Polierg                                         | FGS Brasil                                                       |
| Resistência a impacto | Elevada                                   | Elevada                                   | Elevada                                         | Elevada                                                          |
| Resistência química   | Elevada                                   | Elevada                                   | Elevada                                         | Elevada                                                          |
| Toxicidade            | Atóxico                                   | Atóxico                                   | Atóxico                                         | Atóxico                                                          |
| Impermeabilidade      | Impermeável                               | Impermeável                               | Impermeável                                     | Impermeável                                                      |
| Flexibilidade         | Flexível                                  | Flexível                                  | Flexível                                        | Flexível                                                         |
| Corrosão              | Imune                                     | Imune                                     | Imune                                           | Imune                                                            |
| União                 | Junta mecânica, termofusão ou eletrofusão | Junta mecânica, termofusão ou eletrofusão | Junta mecânica, soldagem de topo ou eletrofusão | Junta mecânica, soldagem de topo ou eletrofusão                  |
| Número de juntas      | Reduzido                                  | Reduzido                                  | Reduzido                                        | Reduzido                                                         |
| Soldagem em vala      | Dentro ou fora                            | Dentro ou fora                            | Dentro ou fora                                  | Dentro ou fora                                                   |
| Largura da vala       | Reduzida                                  | Reduzida                                  | Reduzida                                        | Reduzida                                                         |
| Vida útil             | Elevada                                   | Elevada                                   | Elevada                                         | Elevada                                                          |
| Temperatura máxima    | 50°C                                      | 50°C                                      | 50°C                                            | 50°C                                                             |
| Pressão de serviço    | 2,5 a 25 kgf/cm <sup>2</sup>              | 4 a 25 kgf/cm <sup>2</sup>                | 5 a 25 kgf/cm <sup>2</sup>                      | 4 a 25 kgf/cm <sup>2</sup>                                       |
| Stress-cracking       | Resistente                                | Resistente                                | Resistente                                      | Resistente                                                       |
| Configuração física   | Bobinas de 50m ou 100m; Barras 6m ou 12m  | Bobinas de 100m; barras de 6m             | Bobinas de 100m                                 | Bobinas de 50 e 100m; barras de 6m a 18m; carretéis de até 2000m |
| Diâmetros             | 25mm a 1600mm                             | 20mm a 800mm                              | 63mm a 1200mm                                   | 20mm a 1600mm                                                    |
| Densidade             | Aprox. 0,95g/cm <sup>3</sup>              | Aprox. 0,95g/cm <sup>3</sup>              | Aprox. 0,95g/cm <sup>3</sup>                    | Aprox. 0,95g/cm <sup>3</sup>                                     |

Fonte: Construído pela autora com base em dados fornecidos pelos fabricantes (2018)

**Tabela 2:** Propriedades do PVC de diferentes fornecedores

| Material              | PVC                          |                              |                              |                              |                             |
|-----------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| Marcas                | Tigre                        | Amanco                       | Ferroplast                   | Krona                        | Cardinali                   |
| Resistência a impacto | Baixa                        | Baixa                        | Baixa                        | Baixa                        | Baixa                       |
| Resistência química   | Elevada                      | Elevada                      | Elevada                      | Elevada                      | Elevada                     |
| Toxicidade            | Atóxico                      | Atóxico                      | Atóxico                      | Atóxico                      | Atóxico                     |
| Impermeabilidade      | Impermeável                  | Impermeável                  | Impermeável                  | Impermeável                  | Impermeável                 |
| Flexibilidade         | Sólido                       | Sólido                       | Sólido                       | Sólido                       | Sólido                      |
| Corrosão              | Imune                        | Imune                        | Imune                        | Imune                        | Imune                       |
| União                 | Junta elástica, solda a frio | Junta elástica, solda a frio | Junta elástica, solda a frio | Junta elástica, solda a frio | Solda a frio                |
| Número de juntas      | Elevado                      | Elevado                      | Elevado                      | Elevado                      | Elevado                     |
| Soldagem em vala      | Dentro                       | Dentro                       | Dentro                       | Dentro                       | Dentro                      |
| Largura da vala       | Padrão                       | Padrão                       | Padrão                       | Padrão                       | Padrão                      |
| Vida útil             | Padrão                       | Padrão                       | Padrão                       | Padrão                       | Padrão                      |
| Temperatura máxima    | 20°C                         | 25°C                         | Não informado                | Não informado                | 20°C                        |
| Pressão de serviço    | 10 kgf/cm <sup>2</sup>       | 12,5 kgf/cm <sup>2</sup>     | 12,5 kgf/cm <sup>2</sup>     | 7,5 kgf/cm <sup>2</sup>      | 7,5 kgf/cm <sup>2</sup>     |
| Stress-cracking       | Não resistente               | Não resistente               | Não resistente               | Não resistente               | Não resistente              |
| Configuração física   | Barras de 6m                 | Barras de 6m                 | Barras de 3m ou 6m           | Barras de 3m ou 6m           | Barras de 6m                |
| Diâmetros             | 20mm a 500mm                 | 100mm a 300mm                | 110mm a 800mm                | 20mm a 110mm                 | 20mm a 110mm                |
| Densidade             | Aprox. 1,4g/cm <sup>3</sup>  | Aprox. 1,4g/cm <sup>3</sup>  | Aprox. 1,4g/cm <sup>3</sup>  | Aprox. 1,4g/cm <sup>3</sup>  | Aprox. 1,4g/cm <sup>3</sup> |

Fonte: Construído pela autora com base em dados fornecidos pelos fabricantes (2018)

**Tabela 3:** Comparativo da marca Tigre entre PEAD e PVC

|                       | Tigre                                     |                              |                     |                                        |                              |
|-----------------------|-------------------------------------------|------------------------------|---------------------|----------------------------------------|------------------------------|
|                       | PEAD                                      | PVC                          |                     | PEAD                                   | PVC                          |
| Resistência a impacto | Elevada                                   | Baixa                        | Soldagem em vala    | Dentro ou fora                         | Dentro                       |
| Resistência química   | Elevada                                   | Elevada                      | Largura de vala     | Reduzida                               | Elevada                      |
| Toxicidade            | Atóxico                                   | Atóxico                      | Vida útil           | 50 a 100 anos                          | 25 a 50 anos                 |
| Impermeabilidade      | Impermeável                               | Impermeável                  | Temperatura máxima  | 50°C                                   | 20°C                         |
| Flexibilidade         | Flexível                                  | Sólido                       | Pressão de serviço  | 2,5 a 25 kgf/cm <sup>2</sup>           | 10 kgf/cm <sup>2</sup>       |
| Stress-Cracking       | Resistente                                | Resistente                   | Densidade           | Aprox. 0,95 g/cm <sup>3</sup>          | Aprox. 1,4 g/cm <sup>3</sup> |
| União                 | Junta mecânica, termofusão ou eletrofusão | Junta elástica, solda a frio | Configuração física | Bobinas de até 100m, barras de até 12m | Barras de 6m                 |
| Número de juntas      | reduzido                                  | Elevada                      | Diâmetros           | 25mm a 1600mm                          | 20mm a 500mm                 |

Fonte: Construído pela autora com base em dados fornecidos pela Tigre (2018)

#### 4.1.1 Quanto à resistência

Analisando as características resistivas dos tubos, nota-se que os tubos de PEAD resistem a impactos, enquanto os tubos de PVC não apresentam essa resistência. É frequente que obras sobre ou em torno da rede de água provoque fissuração de tubos de PVC, que não ocorre com os tubos de PEAD devido a sua flexibilidade. O mesmo ocorre nos casos de *stress-cracking*, ou fissuramento sob pressão, muito comum em redes profundas.

Ambos possuem elevada resistência química, e são imunes à corrosão e atóxicos. Sem essas características, os materiais não seriam adequados para condução de água potável de forma segura.

A pressão de serviço varia entre os fornecedores, contudo, em nenhum dos casos a pressão máxima dos tubos de PVC supera a dos tubos de PEAD. Não obstante, em situações normais dificilmente se alcança a pressão máxima do PVC, tendo em vista que a pressão de distribuição de água não deve superar 40 m.c.a., equivalente a 4 kgf/cm<sup>2</sup>. Essa resistência excessiva se faz necessária em casos de adução, como no caso da saída de poços de captação de água.

#### 4.1.2 Quanto à durabilidade

Conforme informado na tabela 3, tubos de PVC têm durabilidade de 25 anos, podendo se estender a 45 anos com a devida manutenção, enquanto o PEAD tem vida útil de 50 anos, podendo ser estendida ainda mais, devido ao seu simples sistema de manutenção, no qual não se faz necessária a substituição do tubo, dessa forma, existe uma economia significativa no número de obras de substituição da rede antiga no caso de ser executada com tubos de PEAD.

#### 4.1.3 Quanto à aplicação

A configuração como são fabricados e comercializados os dois tipos de tubo favorece muito a aplicação do PEAD. Este é vendido em bobinas de até 100 metros de comprimento, como mostra a Figura 1, não sendo necessária a execução de uma junta a cada seis metros, como é no caso do PVC, que, devido a sua rigidez, só é comercializado em barras, que podem chegar a 18 metros (Figura 2). Em casos específicos, os tubos de PEAD podem ser produzidos em carreteis de até 2000 metros de comprimento, como pode ser visto na Figura 3.

**Figura 1:** Bobina de PEAD de 100m de comprimento



Fonte: Transpol (2017)

**Figura 2:** Tubos de PVC



Fonte: Amanco (2018)

**Figura 3:** Carretel de PEAD com 1400m de tubo



Fonte: FGS (2017)

O reparo do PEAD, devido a sua alta flexibilidade, pode ser executado dentro ou fora da vala, acelerando esse processo. Os métodos utilizados variam bastante entre os dois materiais, sendo mais seguros e resistentes os métodos aplicáveis em PEAD, que são a eletrofusão (Figura 4), termofusão (Figura 5) e as juntas mecânicas (Figura 6).

**Figura 4:** Mecanismo de junta de eletrofusão



Fonte: Tecnofusion (2016)

**Figura 5:** Mecanismo de junta de termofusão



Fonte: Tecnofusion (2016)

**Figura 6:** Junta mecânica de PEAD



Fonte: Tigre (2015)

As juntas utilizadas em tubos de PVC são elásticas ou de solda a frio. As Juntas elásticas (Figura 7) dependem de um anel de vedação para garantir a estanqueidade do sistema, entretanto, essas juntas costumam ressecar com o tempo, provocando fissuras e vazamentos. A solda a frio, utiliza um adesivo (Figura 8) para fazer a junção das duas pontas

de tubo, um processo mais lento e artesanal, quando comparado aos métodos aplicáveis em PEAD.

**Figura 7:** Junta elástica em tubo de PVC



Fonte: Tigre (2015)

**Figura 8:** Adesivo utilizado em solda a frio



Fonte: Amanco (2016)

#### 4.1.4 Quanto aos riscos e falhas

Durante a fabricação de materiais, há risco de vazamento e contaminação causada pela matéria prima. No caso do PVC, o cloro, matéria tóxica muito instável, pode ser liberado no ambiente em forma de gás. O HCl também pode se desprender das resinas que compõe os tubos, quando estes estão próximos a alcançar sua vida útil. Esse tipo de problema não é apresentado na fabricação, nem no uso do PEAD.

Entretanto, assim como ocorria com malha de aço quando era comercializada em bobinas, ao soltar a amarração da bobina de tubo PEAD, acontece um efeito de chicote, causado pela tendência do material a voltar para seu estado original, reto, que pode ferir os operários ao redor. Acidentes deste tipo podem ser evitados quando os tubos são manuseados por mão de obra especializada, fazendo uso de EPI.

## 5 CAPÍTULO 5

### 5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

PEAD e PVC são semelhantes em algumas características, mas se diferenciam muito no modo de execução de redes de água. Fica claro que os tubos de PEAD são de mais fácil execução, abreviando o tempo de obra e, por exigir um número muito menor de juntas, possui menor risco de vazamentos de água e perdas econômicas. A elevada resistência à pressão do PEAD e sua maior vida útil também são grandes vantagens deste material. Somado a isso, em nenhuma das propriedades, é percebida alguma preeminência do PVC sobre o PEAD.

Em decorrência dessa análise, pode-se concluir que existe notável superioridade dos tubos de PEAD em relação aos tubos de PVC e, portanto, é interessante que empresas como a Sanepar, Companhia de Saneamento e Água do Paraná, efetuem a substituição das antigas redes públicas de distribuição de água executadas com os tubos de PVC pelo PEAD, promovendo benfeitorias econômicas, sociais e ambientais.

## 6 CAPÍTULO 6

### 6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- ✓ Análise em laboratório quanto à resistência dos materiais;
- ✓ Estudo de caso da substituição de PVC por PEAD;
- ✓ Uso de aditivos no PVC para aumento da flexibilidade;
- ✓ Desenvolvimento de novo método para juntas de tubos de PVC.

## REFERÊNCIAS

ABCON SINDCON. **Participação da iniciativa privada no saneamento ficou “congelada” em 2017**. Disponível em: <<http://abconsindcon.com.br/imprensa/participacao-da-iniciativa-privada-no-saneamento-ficou-congelada-em-2017/>>. Acesso em: 10 out. 2018.

ABPE. **Manual de boas práticas: Módulo 4 – Procedimentos de Reparo**. Disponível em: <[http://www.abpebrasil.com.br/cartilha/4\\_5.pdf](http://www.abpebrasil.com.br/cartilha/4_5.pdf)>. Acesso em: 10 out. 2018.

AECWEB. **Cardinali silver indústria e comércio de acessórios para construção civil**. Disponível em: <[https://www.aecweb.com.br/emp/a/cardinali\\_15076](https://www.aecweb.com.br/emp/a/cardinali_15076)>. Acesso em: 10 out. 2018.

AMANCO. **Tubo amanco pba**. Disponível em: <<http://amanco.com.br/produtos/infraestrutura/saneamento-agua/pbafort/tubo-amanco-pbafort-classe-20>>. Acesso em: 10 out. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12.218: Projeto De Rede De Distribuição De Água Para Abastecimento Público**. Rio de Janeiro, p. 24. 2017.

BARROS, Gustavo Mendes. **Infraestrutura e Saneamento Básico**. 3 ed. São Paulo: Moderna, 2007. 147 p.

CERQUEIRA, Flávio Modesto. **Histórico sobre os serviços de saneamento no Brasil**. 1 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012. 122 p.

COUTINHO, Fernanda; MELLO, Ivana; MARIA, Luiz De Santa. Polietileno: Principais Tipos, Propriedades e Aplicações. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 1, p. 1-13, jan./fev. 2003.

ECOPIPE. **Pead - polietileno de alta densidade**. Disponível em: <<http://www.ecopipe.com.br/pead/polietileno-pead/>>. Acesso em: 12 out. 2018.

FERROPLAST. **Catálogo de produtos**. Disponível em: <[http://www.ferroplast.es/files/tarifa\\_ferroplast.pdf](http://www.ferroplast.es/files/tarifa_ferroplast.pdf)>. Acesso em: 10 out. 2018.

FGS BRASIL. **Tubos de polietileno**. Disponível em: <<http://www.fgsbrasil.com.br/conteudo/download/171.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DO PVC. **O que é pvc**. Disponível em: <<http://pvc.org.br/o-que-e-pvc>>. Acesso em: 21 set. 2018.

KRONA. **Linha soldável**. Disponível em: <<http://www.krona.com.br/categoria/linha-soldavel/>>. Acesso em: 10 out. 2018.

NUCASE, . **Abastecimento de água**: Construção, operação e manutenção de redes de distribuição de água. 2 ed. Belo Horizonte: UFMG, 2013. 72 p.

PINTO, Roberval Tavares. **Perdas de água no Brasil: atitude para mudar**. Disponível em: <<http://abes-dn.org.br/?p=3063>>. Acesso em: 10 out. 2018.

POLIERG. **Tubos pead (polietileno de alta densidade)**. Disponível em: <[http://www.polierg.com.br/tubos\\_em\\_pead.asp](http://www.polierg.com.br/tubos_em_pead.asp)>. Acesso em: 10 out. 2018.

RABELLO, Marcelo. **Aditivação de polímeros**. 2 ed. São Paulo: Artliber, 2000. 242 p.

TECNOPLÁSTICO BELFANO. **Tubo pead**. Disponível em: <<http://www.belfano.com.br/index.php/tubos-conexoes-pead-tubelli/tubo-pead-norma-din-8074/>>. Acesso em: 10 out. 2018.

TIGRE. **Tubos e conexões para rede de distribuição**. Disponível em: <<https://www.tigre.com.br/infraestrutura/agua/rede-distribuicao>>. Acesso em: 10 out. 2018.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de água**. 3 ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006. 643 p.