CENTRO UNIVERSITÁRIO DE GOIÁS – UNIGOIÁS
PRÓ-REITORIA DE ENSINO PRESENCIAL – PROEP
SUPERVISÃO DA ÁREA DE PESQUISA CIENTÍFICA - SAPC
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

Análise da Viabilidade Econômica e Técnica do Uso de Tubos BIAX (PVC-O) como Substituto às Tubulações de DEFOFO e Ferro Fundido na Construção Civil

THALES FELIPE FERREIRA MATIAS
PEDRO GUILHERME BARROS SILVA
ORIENTADORA: **REGINA DE AMORIM ROMACHELI**

GOIÂNIA
Setembro/2024

Análise da Viabilidade Econômica e Sustentável do Uso de Tubos BIAX (PVC-O) como Substituto para Tubulações de DEFOFO e Ferro Fundido na Construção Civil

Thales Felipe Ferreira Matias
Pedro Guilherme Barros Silva
Orientadora: Regina de Amorim Romacheli

Resumo: Este estudo comparou três tipos de materiais de tubulação — DEFOFO (PVC-M), Ferro Fundido e BIAX (PVC-O) — amplamente utilizados em redes de água e esgoto. A análise, focada na perda de carga, revisou manuais técnicos de cada fabricante para extrair especificações essenciais, como diâmetro nominal e parâmetros de pressão, essenciais para a eficiência hidráulica. Observou-se que, enquanto os tubos DEFOFO e BIAX apresentavam cálculos detalhados de perda de carga, os tubos de ferro fundido exigiram um cálculo adicional usando o coeficiente de rugosidade Hazen-Williams (C=130). Para padronização, foi adotada uma velocidade de projeto de 6 m/s, permitindo uma comparação uniforme. Os resultados, organizados em planilhas, evidenciaram diferenças na perda de carga e trouxeram insights sobre durabilidade, custo, impacto ambiental e adequação de cada material para projetos de infraestrutura, contribuindo para uma análise robusta da viabilidade de cada opção.

Palavras-chave: Tubulação. DEFOFO (PVC-M). Ferro Fundido. BIAX (PVC-O). Perda de Carga. Eficiência Hidráulica. Sustentabilidade.

ANALYSIS OF THE ECONOMIC AND SUSTAINABLE VIABILITY OF USING BIAX PIPES (PVC-O) AS A SUBSTITUTE FOR DEFOFO AND CAST IRON PIPES IN CIVIL CONSTRUCTION

Abstract: This study compared three types of pipe materials — DEFOFO (PVC-M), Cast Iron, and BIAX (PVC-O) — widely used in water and sewage networks. The analysis, focused on head loss, reviewed technical manuals from each manufacturer to extract essential specifications such as nominal diameter and pressure parameters, critical for hydraulic efficiency. It was observed that, while DEFOFO and BIAX pipes provided detailed head loss calculations, cast iron pipes required additional calculation using the Hazen-Williams roughness coefficient (C=130). For standardization, a design velocity of 6 m/s was adopted, allowing for uniform comparison. The results, organized into spreadsheets, highlighted differences in head loss and provided insights on durability, cost, environmental impact, and the suitability of each material for infrastructure projects, contributing to a robust analysis of the viability of each option.

KEYWORDS: Pipeline. DEFOFO (PVC-M). Cast Iron. BIAX (PVC-O). Head Loss. Hydraulic Efficiency. Sustainability.

INTRODUÇÃO

A escolha adequada de materiais para sistemas de adução e distribuição de água em condomínios é fundamental para garantir eficiência operacional, durabilidade e controle de custos. Neste contexto, a análise comparativa entre diferentes tipos de tubulações, como os tubos de ferro fundido, DEFOFO e os mais modernos tubos BIAX (PVC-O) é essencial para avaliar não só os aspectos técnicos, mas também a viabilidade econômica a longo prazo.

Os tubos de ferro fundido e DEFOFO são amplamente utilizados em redes de abastecimento devido à sua resistência mecânica e capacidade de suportar altas pressões. No entanto, com o avanço das tecnologias de materiais plásticos, os tubos em PVC Orientado (PVC-O), como os da linha BIAX, têm ganhado destaque pela combinação de alta resistência, leveza e flexibilidade. Estes tubos, fabricados com a tecnologia de orientação bi-axial, oferecem características superiores em termos de desempenho hidráulico, resistência a impactos e facilidade de instalação, representando uma alternativa promissora frente aos materiais tradicionais.

Este estudo de caso tem como objetivo avaliar a viabilidade técnica e econômica do uso de tubos BIAX em sistemas de distribuição de água em condomínios, comparando-os com tubos de ferro fundido e DEFOFO. A análise abrange não apenas a eficiência operacional e durabilidade dos materiais, mas também os custos de implantação, manutenção e substituição ao longo do tempo.

Os resultados deste estudo servirão de base para orientar gestores de obras e engenheiros civis na escolha mais adequada de materiais, levando em consideração não apenas os aspectos técnicos, mas também a sustentabilidade e redução de custos no ciclo de vida dos sistemas de abastecimento.

MATERIAL E MÉTODOS

Para esta pesquisa, foram utilizados como objetos de estudo três tipos de materiais de tubulação de diferentes fabricantes: DEFOFO (PVC-M), Ferro Fundido e BIAX (PVC-O). Esses materiais foram selecionados por serem amplamente aplicados em redes de distribuição de água e esgoto, tanto em infraestrutura pública quanto em obras privadas.

Os manuais técnicos de cada fabricante foram revisados minuciosamente, a fim de se extrair as especificações técnicas detalhadas, como diâmetro nominal, extensão do tubo, bitolas comerciais, e outros parâmetros fundamentais para o estudo comparativo. O foco principal da análise foi a perda de carga nas tubulações, um dos fatores críticos para a eficiência hidráulica dos sistemas de abastecimento.

Durante a análise, observou-se que, embora os três materiais atendam integralmente às normas NBR 15750, NBR 7675 e NBR 7665, os manuais técnicos de cada fabricante apresentavam detalhamentos distintos, especialmente no que diz respeito aos parâmetros de qualidade e metodologias de cálculo. Esses manuais fornecem informações fundamentais para o uso seguro e eficiente das tubulações, abrangendo desde a resistência mecânica até a durabilidade e a capacidade de suportar variações de pressão.

No caso dos tubos DEFOFO e BIAX, os manuais incluíam parâmetros detalhados sobre:

- Diâmetro nominal,
- Cálculo da perda de carga, baseado no método de K e na fórmula de Darcy-Weisbach,
- Extensão dos tubos e bitolas comerciais, com diâmetros compreendidos entre 100 e 400 mm.

Já para os tubos de ferro fundido, os manuais utilizavam como referência parâmetros diferenciados, focando principalmente em:

- Pressão de Serviço Admissível (PSA),
- Pressão Máxima de Serviço (PMS),
- Pressão de Teste Admissível (PTA).

Esses parâmetros, embora importantes para a segurança e durabilidade das tubulações de ferro fundido, não incluíam informações sobre a perda de carga, o que exigiu cálculos adicionais para fins comparativos.

Para a efetivação do cálculo da perda de carga, foi utilizado o coeficiente de rugosidade de tubulações de ferro fundido (novas), conforme estabelecido pela fórmula

de Hazen-Williams, com o coeficiente C = 130. A fórmula utilizada para o cálculo da perda de carga, considerando diâmetros de 100 a 400 mm, foi:

$$hf = \frac{10.67xLxQ^{1.852}}{C^{1.852}xD^{4.8704}}$$

Onde:

- hf = perda de carga (m),
- L = comprimento da tubulação (m),
- Q = vazão (m^3/s),
- C = coeficiente de rugosidade (para o caso de PVC e ferro fundido),
- D = diâmetro interno da tubulação (m).

Para padronizar os resultados, foi definida uma velocidade de projeto de 6 m/s, considerada ideal para escoamento em condutos forçados e sistemas de abastecimento de água. Essa velocidade foi adotada com base em referências da literatura técnica, de modo a garantir uma comparação uniforme entre os diferentes materiais e suas respectivas perdas de carga.

Após a aplicação da fórmula e obtenção dos dados para cada tipo de material e diâmetro, os resultados foram unificados em uma planilha, facilitando a visualização e comparação das variações de perda de carga entre os diferentes materiais. Foram observadas diferenças significativas entre os coeficientes de perda de carga dos materiais analisados. Além disso, a análise técnica permitiu identificar fatores positivos e negativos de cada material, como:

- Durabilidade e resistência à pressão,
- Custo de instalação e manutenção,
- Impacto ambiental e sustentabilidade.

Esses resultados foram essenciais para determinar o desempenho de cada material em cenários reais de abastecimento de água e esgoto, permitindo conclusões robustas sobre a viabilidade de uso de cada tipo de tubulação em projetos de infraestrutura.

REFERENCIAL TEÓRICO

1. A IMPORTÂNCIA DE OBRAS DE INFRAESTRUTURA EM SANEAMENTO

Segundo Oliveira (2020), o saneamento é compreendido como os meios físicos para melhoria da qualidade de vida da população e está ligada a necessidade de investimentos em inovações tecnológicas.

> "o saneamento básico pode ser compreendido como o controle e a manutenção de todos os meios físicos que possam afetar prejudicialmente a saúde da população. Portanto, em questões práticas a importância do saneamento básico está ligada à implantação de sistemas e modelos públicos que promovam a qualidade de vida. É perceptível a busca crescente por materiais e processos cada vez mais eficazes e eficientes na indústria da construção civil, de um modo geral, na área de saneamento e infraestrutura urbana. A fim de atender esta demanda, a cada dia, aumenta a necessidade de investimentos em inovações tecnológicas com o intuito de melhorar os mecanismos de produção, e operação, bem como diminuir prazos e custos."
> (OLIVEIRA, 2020)

Barbosa (2020) explica que nós últimos anos vem se criando uma necessidade de um desenvolvimento de novas tecnologias em diferentes setores, que auxiliem no desenvolvimento deles, mas que também sejam soluções mais sustentáveis que dialoguem com o ambiente já construído e com os serviços urbanos de infraestrutura existentes.

Mascaró (2005) destaca a infraestrutura como um conjunto de serviços e elementos estruturais essenciais para o desenvolvimento das cidades, unindo forma, função e estrutura. Os sistemas urbanos primordiais na infraestrutura incluem transporte, energia, comunicações e saneamento. A busca por melhorias sustentáveis nesses sistemas deve estar fundamentada no conceito de desenvolvimento urbano sustentável, abrangendo

dimensões sociais, econômicas, ambientais e políticas, conforme proposto por Sachs (1993).

Silva (2016) ressalta que a demanda por água para abastecimento é intrínseca à história da civilização, influenciando a formação de comunidades desde a transição para uma vida sedentária baseada na agricultura. A complexidade crescente das demandas hídricas, passando do nível individual para o abastecimento de populações inteiras, deu origem aos sistemas de abastecimento de água (SAA). Esses sistemas desempenham um papel fundamental na saúde pública, na prevenção de doenças de veiculação hídrica e no fomento do desenvolvimento econômico e social das comunidades. Portanto, aprimorar e expandir esses serviços, juntamente com sistemas de esgoto adequados, é crucial para promover hábitos saudáveis e sustentáveis na sociedade.

2. TIPOS DE TUBULAÇÃO UTILIZADAS EM OBRAS DE INFRAESTRUTURA DE SANEAMENTO

2.1. Tubulação em Ferro Fundido

Segundo Barbará (2000) os tubos de ferro fundido têm sido mais empregados tanto em obras de captação como em adutoras e, principalmente, em rede de distribuição." (Garcez,1981). "O termo ferro fundido cobre uma larga variedade de ligas Fe-C-Si. Ele é classificado em família segundo a forma da grafita, como uma diferenciação suplementar devido a estrutura da matriz metálica (ferrita,perlita,etc).

Para Azevedo Netto (1998), os tubos de ferro fundido dúctil, de fabricação brasileira (diâmetros nominais internos em milímetros) apresentam os seguintes diâmetros comerciais: 50,80,100,150,200,250,350,400,500,600,700,800,900,1000 e 1200 mm (ver NBR 07560,07662 e 07663).

2.2. Tubulação em PVC-M (DEFOFO)

Para os tubos de PVC, a orientação molecular influência nas propriedades mecânicas, melhorando a resistência à tração e ao impacto. Isso acontece pelo alinhamento das cadeias macromoleculares em uma direção determinada. Com o aquecimento as cadeias amorfas conseguem adquirir mobilidade e conseguem ser estiradas e posteriormente são resfriadas (KRAMEL, 2022). Isso é um dos fatores que fazem as tubulações de PVC serem as mais utilizadas no ramo da construção civil.

2.3. Tubulação em PVC-O (BIAX)

A fixa técnica do Tubo BIAX (PVC-O) fala que, A linha Amanco BIAX Tubos de PVC orientado (PVC-O) possui a função de adução e distribuição de água bruta ou potável e de recalque de esgoto, para uso enterrado e sob pressão de até 1,6Mpa. E fala que suas aplicações são, Sistema infraestrutura destinado à aplicação em sistemas enterrados de adução e distribuição de água bruta ou potável e sistema de recalque de esgoto, especialmente quando o desempenho frente as cargas de impacto ou oscilações de pressão é necessário, até uma pressão hidrostática interna de 1,6 MPa (PN16), a temperatura de 25°.

3. NORMAS RELATIVAS À APLICAÇÃO DE TUBULAÇÕES EM OBRAS DE INFRAESTRUTURA

O manual do tubo BIAX (2020) prevê que o desenvolvimento dessa nova tecnologia foi feito respeitando as normas NBRS 15.750 e NBR 9822.

> "Os tubos Amanco BIAX são destinados à condução de água e esgoto pressurizado nas redes de infraestrutura, são normalizados pela NBR15750 para aplicação em classe de pressão PN16 e PN12,5, NTS320 e EB USMA363 para aplicação em classe de pressão PN12,5 e a NBR 9822 para transporte, manuseio e assentamento. Atendendo a essa Norma, os tubos Amanco BIAX apresentam segurança a e desempenho elevados, e estanqueidade garantida."

Segundo o Manual Técnico - Linha Amanco BIAX (2020), durante o transporte e manuseio dos tubos, poderá ocorrer impacto, bem como poderão ocorrer cargas pontuais devido ao assentamento dos tubos na vala. Além disso, ocorrem normalmente sobrepressões devido à operação das estações de bombeamento, válvulas e registros do sistema. Tais condições exigem tubos com alta robustez, ou seja, resistência à pressão interna, alta resistência ao impacto e alta tenacidade.

O Manual Técnico - Linha Amanco BIAX (2020), também prevê que os tubos Amanco BIAX são ideais para este tipo de aplicação, com uma pressão de serviço de até 1,6 MPa (PN16) a 25°C, permitindo sobrepressões eventuais de até 1,5 vezes a pressão

de serviço, ou seja, 2,4 MPa. Para temperaturas maiores, deve-se adotar um coeficiente de redução de pressão.

4. CARACTERÍSTICAS DO TUBO AMANCO BIAX E SUA APLICAÇÃO EM OBRAS DE INFRAESTRUTURA

A fabricante Amanco desenvolveu em 2020, a tecnologia o Tubo BIAX. A intenção é que o produto proporcione maior resistência, flexibilidade, durabilidade, leveza, sustentabilidade, dentre outras características importantes na utilização de tubulação em infraestrutura. O Manual Técnico - Linha Amanco BIAX (2020), prevê que o produto resulta alto desempenho, destacando-se as seguintes características:

Resistência: Os tubos Amanco BIAX demonstram uma notável resistência, superando substancialmente outros materiais termoplásticos atualmente disponíveis no mercado. Um gráfico ilustrativo abaixo apresenta uma comparação dos valores de MRS ("Mínima Resistência Exigida", ou seja, a capacidade de resistência a longo prazo dos materiais - 50 anos a uma temperatura de 20°C):

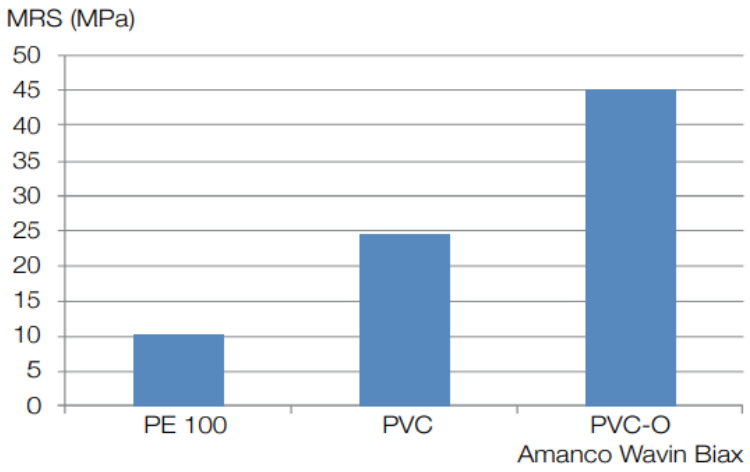


Figura 1 - Valores do MRS de alguns materiais

Fonte: Manual do fabricante (2020)

Leveza: Devido à sua maior resistência e, como resultado, menor espessura de parede, os tubos apresentam um peso reduzido, o que simplifica o transporte, manuseio e instalação. Isso elimina a necessidade de equipamentos pesados. Combinado com um método de acoplamento simples, como o sistema de ponta e bolsa com junta elástica, isso resulta em diferenças significativas em termos de economia, desempenho e rapidez na

instalação, em comparação com tubulações feitas de outros materiais, especialmente em relação aos tubos de ferro dúctil e polietileno.

Robustez: Os tubos exibem uma notável capacidade de resistência a impactos resultantes do transporte, manuseio e instalação. Além disso, apresentam uma resistência interna superior quando comparados a materiais semelhantes, como PVC-U e PE. Isso é alcançado por meio de uma alta ductilidade, que confere a capacidade de deformação plástica, uma notável tenacidade, que indica resistência à propagação de fissuras, resultante da estrutura molecular em camadas da parede, e uma considerável resistência à tração. Essa combinação de fatores confere uma notável robustez ao tubo.

Resistência à Fadiga: A ocorrência de fadiga devido a cargas cíclicas está relacionada à formação e expansão de fissuras nos materiais. O PVC-O, devido à sua estrutura estratificada, impede eficazmente a propagação de fissuras na direção radial, resultando em uma notável resistência à fadiga.

Flexibilidade Longitudinal: Graças ao processo de orientação bi-axial, o tubo demonstra excelente resistência na direção axial, tornando-o capaz de suportar cargas resultantes de movimentos de acomodação do solo. Além disso, essa característica contribui para economia ao permitir curvas com um ângulo de 11° 15' em curvaturas de raio longo.

Capacidade de Fluxo: Graças à sua notável resistência, os tubos Amanco BIAX apresentam uma espessura de parede reduzida, o que resulta em uma maior área de fluxo quando comparados a tubos de PVC, PE e até mesmo a diversas bitolas de tubos de ferro fundido. Essa característica, combinada com uma superfície interna extremamente lisa, proporciona um desempenho hidráulico excepcional aos tubos Amanco BIAX.

Solução sustentável: a melhor performasse do tubo BIAX em relação a outros produtos similares não se restringe somente ao campo da infraestrutura, ele também é uma solução mais sustentável do que os outros produtos similares, possuindo uma economia de energia considerável na sua fabricação e assim diminuindo os impactos causados no meio ambiente.

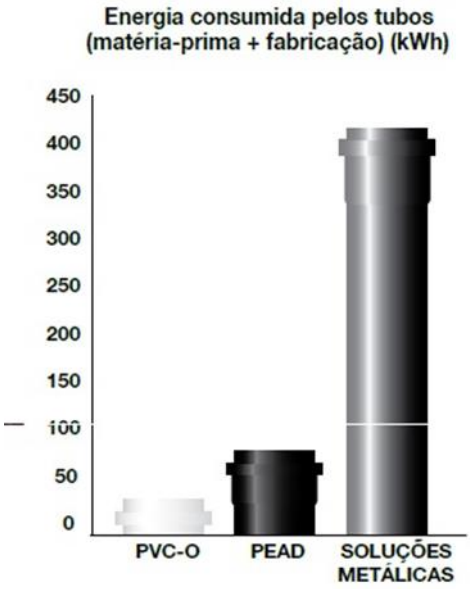


Figura 2 – Gráfico comparativo do consumo de energia

RESULTADOS E DISCUSSÕES

1. **LEVANTAMENTO DE ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS PARA OS TUBOS DEFOFO, FERRO FUNDIDO E BIAX.**

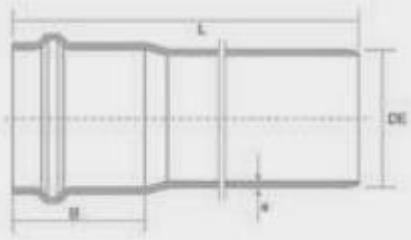
1.1 Tubos DEFOFO (PVC-M)

Os tubos DEFOFO são conhecidos pela sua resistência à corrosão e capacidade de operar em condições de alta pressão. Eles são amplamente utilizados em redes de saneamento, embora algumas limitações em eficiência hidráulica e sustentabilidade estejam associadas a esse material.

Figura 3 – Tudo DEFOFO e modelagem intercambiável

Segundo o catálogo Amanco (2023) os tubos DEFOFO são aplicados em sistemas de adução e distribuição de água bruta ou água tratada, bem como em sistemas de irrigação. Os produtos são utilizados por empresas públicas e privadas responsáveis pela instalação e manutenção de redes. Os tubos DEFOFO são intercambiáveis com os tubos de PVC-O (norma NBR 15750) e tubos de ferro fundido (norma NBR 7675). As conexões que compõem o sistema são de ferro fundido (NBR 7675), exceto a luva de correr que é em PVC, permitindo assim, o acoplamento das pontas dos tubos DEFOFO nas bolsas dos tubos ou conexões de ferro fundido.

Analisando as especificações técnicas do material, o tubo DEFOFO é comercializado nos diâmetros de 100 a 500 metros, com diâmetros nominais (DE) que variam de 118 a 532. São comercializados em barras de 6 metros (6.150 para bitola de 100mm a 6.360 para bitolas de 500).



DIMENSÕES (MM)

BITOLA	B	DE	E	L	Peso (g)
100	125,8	118	4,8	6.150	15,74
150	150,1	170	6,8	6.180	31,50
200	177,8	222	8,9	6.220	54,22
250	187,8	274	11,0	6.230	82,91
300	207,1	326	13,1	6.260	117,89
350	223,5	378	15,2	6.290	166,85
400	248,6	429	17,2	6.320	214,01
500	268,5	532	21,3	6.360	329,22

Figura 4 – Dimensões do tubo Defofo especificados em manual

Em relação a sua característica hidráulica, o manual do fabricante traz um coeficiente de perda de carga de 0,06. Esse coeficiente (K) está relacionado a rugosidade equivalente do material que o tubo é fabricado, e implica diretamente na perda de carga dos tubos, e no cálculo da distribuição/coleta do líquido, inclusive em suas pressões e cargas dinâmicas, como apontado por Azevedo Neto (2018).

De forma a entender os impactos do coeficiente de rugosidade (k) nos escoamentos com uso de Tubo DEFOFO o catálogo do fabricante já aponta a perda de carga relativa a cada diâmetro, por metro de tubo, conforme demonstrado na figura 5.

DN 100

Área interna do conduto = 0,009229 m2

Vazão (l/s)	Velocidade (m/s)	Perda de Carga (K= 0,06)	Vazão (l/s)	Velocidade (m/s)	Perda de Carga (K= 0,06)
0,50	0,05	0,005	4,60	0,48	0,242
0,60	0,07	0,007	4,80	0,50	0,262
0,70	0,08	0,009	5,00	0,52	0,284
0,80	0,09	0,011	5,20	0,54	0,306
0,90	0,10	0,014	5,40	0,56	0,329
1,00	0,11	0,017	5,40	0,59	0,353
1,20	0,13	0,023	5,60	0,61	0,377
1,40	0,15	0,031	5,80	0,63	0,402
1,60	0,17	0,039	6,00	0,65	0,429
1,80	0,20	0,048	6,20	0,67	0,455
2,00	0,22	0,058	6,40	0,69	0,483
2,20	0,24	0,069	6,60	0,72	0,512
2,40	0,26	0,080	6,80	0,74	0,541
2,60	0,28	0,093	7,00	0,76	0,571
2,80	0,30	0,106	7,20	0,78	0,601
3,00	0,33	0,120	7,40	0,80	0,633
3,20	0,35	0,135	7,60	0,82	0,665
3,40	0,37	0,151	7,80	0,85	0,698
3,60	0,39	0,167	8,00	0,87	0,732
4,00	0,41	0,185	8,20	0,89	0,767
4,20	0,43	0,203	8,40	0,91	0,802
4,40	0,46	0,222	8,60	0,93	0,838
8,80	0,95	0,875	17,50	1,90	3,222
9,00	0,98	0,913	18,00	1,95	3,401
9,20	1,00	0,952	18,50	2,00	3,584
9,40	1,02	0,991	19,00	2,06	3,773
9,60	1,04	1,031	19,50	2,11	3,965
9,80	1,06	1,072	20,00	2,17	4,163
10,00	1,08	1,113	21,00	2,28	4,572
10,50	1,14	1,220	22,00	2,38	5,001
11,00	1,19	1,332	23,00	2,49	5,448
11,50	1,25	1,449	24,00	2,60	5,914
12,00	1,30	1,571	25,00	2,71	6,400
12,50	1,35	1,697	26,00	2,82	6,904
13,00	1,41	1,828	27,00	2,93	7,427
13,50	1,46	1,964	28,00	3,03	7,969

Figura 5 – Especificação hidráulica para o tubo Defofo especificado em manual

De forma a verificar a oscilação de velocidade e perda de carga do sistema em cada 100 metros de tudo, foi realizado um comparativo entre os tubos de 100 a 200mm, considerados tubos de pequeno diâmetro e outro comparativo entre os tubos de bitola

maior (entre 250 a 500). A vazão para os pequenos tubos definida como padrão foi a de 17 l/s, e para os tubos maiores 120 l/s.

Observando os tubos com menor diâmetro, observa-se que o tubo de 100 mm possui uma perda de carga 6 vezes maior que o tubo de 150 mm. Isso se deve ao atrito entre as paredes do conduto e a pequena faixa de fluido que consegue atingir a velocidade máxima, devido a pequena bitola. Esse fator é ainda mais discrepante para o tubo de 200 mm.

Diâmetro	**Vazão (l/s)**	**Velocidade (m/s)**	**Perda de Carga a cada 100 m (m)**
100	17	1,84	3,048
150	17	0,88	0,485
200	17	0,52	0,130

Tabela 1. Perda de carga apresentada no manual do fabricante para o tubo DEFOFO

Esta oscilação tão relevante em ter diâmetros reduz a aplicabilidade de bitolas menores nos projetos, forçando o projetista pela escolha de diâmetros acima do calculado, para reduzir perdas de pressão e velocidades, advindas das perdas de carga.

1.2 Tubo BIAX (PVC-O)

O tubo BIAX, fabricado a partir de materiais poliméricos reforçados, surge como uma alternativa inovadora e sustentável, combinando eficiência hidráulica e baixo impacto ambiental. Ele representa uma evolução significativa na tecnologia de tubulações.

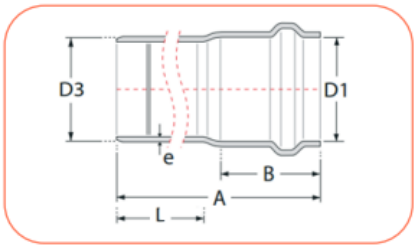
Figura 6 - TUBO BIAX (PVC-O)

Segundo o catálogo Amanco (2020) os Tubo PVC-O é uma revolução na condução de água e esgoto. O processo de orientação molecular modifica a estrutura do PVC-U, dando ao polímero uma orientação especifica das suas cadeias macromoleculares, em uma direção ou plano determinado.

Analisando as especificações técnicas do material, o tubo Biax é comercializado nos diâmetros de 100 a 400 mm, com diâmetros nominais (D3) que variam de 118 a 429. São comercializados em barras de 6 metros (6.160 para bitola de 100mm a 6.345 para bitolas de 400). A figura 7 apresenta as dimensões de cada bitola e as especificações de peso.

Tubo Amanco BIAX Adução PN 12,5 (branco com listras azuis)

Código	Descrição do produto	UR	Peso unit (gramas)	Processo de Fabricação	EAN unitário
20339	TUBO BIAX ADUÇÃO PN 12,5 DN 100	1	9.212,69	Extrusão	7891960819336
20340	TUBO BIAX ADUÇÃO PN 12,5 DN 150	1	19.292,55	Extrusão	7891960819343
20341	TUBO BIAX ADUÇÃO PN 12,5 DN 200	1	32.530,43	Extrusão	7891960819350
20342	TUBO BIAX ADUÇÃO PN 12,5 DN 250	1	50.093,62	Extrusão	7891960819367
20343	TUBO BIAX ADUÇÃO PN 12,5 DN 300	1	71.501,48	Extrusão	7891960819374
22051	TUBO BIAX ADUÇÃO PN 12,5 DN 350	1	95.943,67	Extrusão	7897795000017
22052	TUBO BIAX ADUÇÃO PN 12,5 DN 400	1	125.133,90	Extrusão	7897795000024



BITOLA	D1	D3	e	L	A	B
DN100	119,0	118,0	2,9	6.000,0	6.160,0	126,9
DN150	171,2	170,0	4,2	6.000,0	6.185,0	148,4
DN200	223,4	222,0	5,4	6.000,0	6.210,0	164,6
DN250	275,8	274,0	6,7	6.000,0	6.245,0	188,4
DN300	328,2	326,0	8,0	6.000,0	6.275,0	213,5
DN350	380,9	378,0	9,2	6.000,0	6.315,0	237,5
DN400	432,3	429,0	10,5	6.000,0	6.345,0	262,5

* medidas aproximadas em milímetros (mm).
** L = comprimento de montagem.

Figura 7 - DIÂMETRO DE CADA TUBO

Fonte: Manual do Fabricante, 2024

Em relação a sua característica hidráulica, o manual do fabricante traz um coeficiente de perda de carga de 0,193m para diâmetro de 100 mm em um escoamento laminar com Reynolds de $2{,}1x10^4$ e 0,145 m para diâmetro maior que 150 mm. Comparativamente há no tubo Biax uma perda de carga reduzida linearmente, conforme aumenta-se o diâmetro da tubulação, não se observa a oscilação brusca do tudo DEFOFO, dando a liberdade ao projetista e utilizar bitolas mais ajustáveis ao seu projeto. De forma a entender os impactos do coeficiente de rugosidade (k) nos escoamentos com uso de Tubo BIAX o catálogo do fabricante já aponta a perda de carga relativa a cada diâmetro, por metro de tubo, conforme demonstrado na figura 8.

Bitola	Média dos diâmetros internos (mm)	Área interna média (m²)	Vazão (l/s)	Velocidade (m/s)	Re	K (m)	Perda de carga m/100m
			4	0,41	2,16E+04		0,193
			9	0,92	4,87E+04		0,814
100	111,8	0,009817	14	1,43	7,58E+04	0,00001	1,800
			25	2,55	1,35E+05		5,150
			35	3,57	1,89E+05		9,536
			9	0,44	3,32E+04		0,145
			20	0,98	7,38E+04		0,608
150	161,1	0,020384	40	1,96	1,48E+05	0,00003	2,168
			60	2,94	2,21E+05		4,609
			70	3,43	2,58E+05		6,153
			15	0,43	4,32E+04		0,099
			35	1,01	1,01E+05		0,458
200	210,4	0,034768	55	1,58	1,58E+05	0,00003	1,050
			95	2,73	2,74E+05		2,897
			110	3,16	3,17E+05		3,813
			25	0,47	7,38E+04		0,086
			55	1,04	1,62E+05		0,361
250	259,7	0,052971	95	1,79	2,80E+05	0,00003	0,993
			125	2,36	3,69E+05		1,659
			170	3,21	5,02E+05		2,960
			30	0,40	8,17E+04		0,051
			120	1,60	3,27E+05		0,643
300	309,0	0,074991	250	3,33	6,81E+05	0,00003	2,559
			280	3,73	7,62E+05		3,174
			220	2,93	5,99E+05		2,008
			40	0,40	1,00E+05		0,041
			60	0,60	1,50E+05		0,086
350	358,3	0,100829	110	1,09	2,75E+05	0,00003	0,262
			200	1,98	5,00E+05		0,799
			300	2,98	7,50E+05		1,717
			55	0,42	1,27E+05		0,039
			120	0,92	2,77E+05		0,165
400	406,6	0,129845	250	1,93	5,77E+05	0,00003	0,646
			280	2,16	6,46E+05		0,800
			540	4,16	1,25E+06		2,784

Figura 8 – Dados de perda de carga apresentadas no Catálogo do Tubo BIAX

1.3 Tubos de Ferro Fundido

O Ferro Fundido Dúctil ou Nodular é uma classe de ferro fundido, onde o carbono (grafita) permanece livre na matriz metálica, porém na forma esferoidal. Este formato da grafita faz com que a ductilidade seja superior, conferindo ao material, características que o aproximam do aço. A presença das esferas ou nódulos da grafita preservam as propriedades de boa usinabilidade e estabilidade dimensional.

É um dos materiais mais tradicionais em redes de saneamento, e sua principal vantagem reside na durabilidade e resistência mecânica. No entanto, o avanço de novos materiais tem colocado esse tipo de tubo em desvantagem em termos de eficiência e sustentabilidade.

TK7JGS: Tubo de ferro fundido dúctil centrifugado, para canalizações sob pressão, conforme norma ABNT NBR 7675:2005. Com grafita esferoidal maior ou igual a 95% ou grau de nodularização superior a 80%, classe K7 nos DNs 150 a 1200.

TK9JGS: Tubo de ferro fundido dúctil centrifugado, para canalizações sob pressão, conforme norma ABNT NBR 7675:2005. Com grafita esferoidal maior ou igual a 95% ou grau de nodularização superior a 80%, classe K9 nos DNs 80 a 2000.

O manual do fabricante não traz as perdas de carga da tubulação e sim as pressões esperadas para serviço para cada bitola. A figura 9 apresenta os dados contidos no manual e a visualização da tubulação.

DN	JGS		
	PSA	PMS	PTA
	MPa	MPa	MPa
80	-	-	-
100	-	-	-
150	6,4	7,7	8,2
200	5,3	6,3	6,8
250	4,4	5,2	5,7
300	3,8	4,6	5,1
350	3,4	4,1	4,6
400	3,0	3,6	4,1
450	2,9	3,5	4,0
500	2,8	3,3	3,8
600	2,6	3,1	3,6
700	2,4	2,9	3,4
800	2,3	2,8	3,3
900	2,3	2,7	3,2
1000	2,2	2,6	3,1
1200	2,1	2,5	3,0

Figura 9. Tubo de ferro fundido e as especificações técnicas do manual do fabricante

Como o manual do Tubo de Ferro Fundido não apresentava informações de perda de carga, de forma comparativa, foi realizado o procedimento do cálculo pelo coeficiente de rugosidade de tubulações de ferro fundido (novas), conforme estabelecido pela

fórmula de Hazen-Williams, com o coeficiente C = 130. A fórmula utilizada para o cálculo da perda de carga, considerando diâmetros de 100 a 400 mm, foi:

$$hf = \frac{10.67xLxQ^{1.852}}{C^{1.852}xD^{4.8704}}$$

Onde:

- hf = perda de carga (m),
- L = comprimento da tubulação (m),
- Q = vazão (m^3/s),
- C = coeficiente de rugosidade (para o caso de PVC e ferro fundido),
- D = diâmetro interno da tubulação (m).

Os resultados foram compatibilizados e apresentados na tabela 2, na qual foi definida uma velocidade de fluxo de 6 m/s e comparados os diâmetros de 100 a 350 mm para os três tipos de materiais: DEFOFO, BIAX e Ferro Fundido. Espera-se que o ferro fundido tenha uma perda de carga acima dos demais materiais exatamente pela rugosidade que ele apresenta. Conforme Azevedo Neto, para tubos PVC o coeficiente de rugosidade esperado é de 145-150, não específico para DEFOFO ou Biax, enquanto o do Ferro Fundido é de 130.

Com a ausência das informações equivalentes nos manuais dos fabricantes, procedeu-se a padronização das variáveis para a realização de uma comparação mais assertiva, apresentado no tópico seguinte.

2. ANÁLISE TÉCNICA/FINANCEIRA ENTRE OS MATERIAIS HIDRÁULICOS

Para padronizar os resultados, foi definida uma velocidade de projeto de 6 m/s, considerada ideal para escoamento em condutos forçados e sistemas de abastecimento de água. Como já dito, essa velocidade foi adotada com base em referências da literatura técnica, de modo a garantir uma comparação uniforme entre os diferentes materiais e suas respectivas perdas de carga.

$$h_f = 10.67 \cdot \frac{L \cdot Q^{1,852}}{C^{1,852} \cdot D^{4,87}}$$

Onde:

- hf = perda de carga (m)
- L = comprimento da tubulação (m)
- Q = vazão (L/s)
- C = coeficiente de Hazen-Williams (130 para ferro fundido)
- D = diâmetro interno da tubulação (m)

		hf=K.(v2/2g)													hf=K.(v2/2g)						
		Defofo							Ferro Fundido						Biax						
Diâmetro Comercial	V	Diâmetro interno	Area Interna	Q (m^3/s)	k	L	g	hf	Diâmetro interno	Area Interna	Q (m^3/s)	C	L	Hf	Diâmetro interno	Area Interna	Q (m^3/s)	k	L	g	hf
100	6	118	0,0109	0,0656	0,03	6	9,81	0,055046	121	0,0115	0,0690	130	6	1,6128	118	0,0109	0,0656	0,01	6	9,81	0,018349
150	6	170	0,0227	0,1362	0,06	6	9,81	0,110092	173	0,0235	0,1410	130	6	1,0630	170	0,0227	0,1362	0,03	6	9,81	0,055046
200	6	222	0,0387	0,2322	0,06	6	9,81	0,110092	225	0,0398	0,2386	130	6	0,7825	222	0,0387	0,2322	0,03	6	9,81	0,055046
250	6	274	0,0590	0,3538	0,06	6	9,81	0,110092	277	0,0603	0,3616	130	6	0,6140	274	0,0590	0,3538	0,03	6	9,81	0,055046
300	6	326	0,0835	0,5008	0,06	6	9,81	0,110092	329	0,0850	0,5101	130	6	0,5024	360	0,1018	0,6107	0,03	6	9,81	0,055046
350	6	378	0,1122	0,6733	0,06	6	9,81	0,110092	381	0,1140	0,6840	130	6	0,4234	378	0,1122	0,6733	0,03	6	9,81	0,055046

Tabela 2. Comparativo entre os materiais estudados

2.1 Tubo DEFOFO

- **Diâmetro Interno e Área Hidráulica:** No tubo de 100 mm, o diâmetro interno de 118 mm e a área de 0,0109 m² proporcionam uma boa capacidade de escoamento, permitindo vazões consideráveis para abastecimento.
- **Perda de Carga (hf):** A perda de carga calculada para o DEFOFO, com um valor de 0,0550 m no tubo de 100 mm, é relativamente alta, o que pode resultar em maiores demandas energéticas para o bombeamento de fluido ao longo de grandes distâncias.
- **Durabilidade:** Os tubos DEFOFO possuem uma longa vida útil, sendo resistentes à pressão e desgaste, porém sua fabricação envolve processos que podem não ser tão ecológicos quando comparados a materiais mais modernos.
- **Aplicações:** Utilizados principalmente em sistemas de abastecimento de água potável e redes de esgoto pressurizadas, o DEFOFO é uma escolha sólida para ambientes com exigências rigorosas de pressão.

2.2 Tubo de Ferro Fundido

- **Diâmetro Interno e Área Hidráulica:** Comparado ao DEFOFO, o ferro fundido oferece um leve aumento no diâmetro interno (121 mm para o tubo de 100 mm), resultando em uma área interna um pouco maior (0,0115 m²), o que contribui para uma vazão mais eficiente.
- **Perda de Carga (hf):** A perda de carga no ferro fundido é superior à do DEFOFO, com 1,6128 m no tubo de 100 mm, sugerindo que os dois materiais são equivalentes em termos de resistência ao fluxo.
- **Durabilidade e Resistência:** O ferro fundido é extremamente durável, especialmente em ambientes corrosivos. Entretanto, sua resistência vem ao custo de maior peso e dificuldade de manuseio em campo.
- **Sustentabilidade:** O processo de produção do ferro fundido gera um impacto ambiental significativo, e sua reciclagem, embora possível, não compensa totalmente esse custo.

2.3 Tubo BIAX

- **Diâmetro Interno e Área Hidráulica:** O BIAX apresenta um diâmetro interno de 118 mm no tubo de 100 mm, semelhante ao DEFOFO, com uma área interna também de 0,0109 m². No entanto, sua estrutura permite uma maior eficiência hidráulica.
- **Perda de Carga (hf):** Uma das grandes vantagens do tubo BIAX está na redução das perdas de carga. Com apenas 0,0183 m de perda no tubo de 100 mm, o BIAX oferece um desempenho hidráulico superior, permitindo a redução de custos operacionais, como consumo de energia nas estações de bombeamento.
- **Sustentabilidade e Custo-Benefício:** O BIAX é um material ecologicamente mais sustentável, tanto em sua fabricação quanto em sua durabilidade. A leveza do material também facilita o transporte e a instalação, reduzindo custos logísticos e operacionais. Além disso, sua menor necessidade de manutenção contribui para uma maior vida útil do sistema.
- **Aplicações:** Combinando leveza, alta resistência e excelente desempenho hidráulico, o BIAX é especialmente indicado para sistemas de distribuição de água, redes de esgoto e instalações industriais.

3. ANÁLISE FINANCEIRA

A escolha de materiais para sistemas de tubulação em obras de construção civil envolve não apenas critérios técnicos e de desempenho, mas também uma análise detalhada do custo-benefício. Para isso além dos aspectos técnicos que já foram analisados também é de extrema importância fazer um comparativo entre os preços básicos dos três tipos de tubulações em estudo.

Material	Prazo estoque	Quantidade	Unid. de Medida	Valor Unit. (R$)	Valor Líquido	% IPI	% ICMS	Valor Total com Impostos	C.O.
10801818 - TB MPVC 1MPA JEI DN100 6MU NCM:3917.23.00	40	1	PEC	194,82	194,82	0,00	19,00	194,82	SP
10801834 - TB MPVC 1MPA JEI DN150 6MU NCM:3917.23.00	30	1	PEC	368,55	368,55	0,00	19,00	368,55	SP
10801850 - TB MPVC 1MPA JEI DN200 6MU NCM:3917.23.00	1	1	PEC	623,58	623,58	0,00	19,00	623,58	SP
10801877 - TB MPVC 1MPA JEI DN250 6MU NCM:3917.23.00	1	1	PEC	980,02	980,02	0,00	19,00	980,02	SP
10801893 - TB MPVC 1MPA JEI DN300 6MU NCM:3917.23.00	75	1	PEC	1.394,51	1.394,51	0,00	19,00	1.394,51	SP
10804051 - TB MPVC 1MPA JEI DN350 6MU NCM:3917.23.00	1	1	PEC	1.907,90	1.907,90	0,00	19,00	1.907,90	SP
10801915 - TB MPVC 1MPA JEI DN400 6MU NCM:3917.23.00	75	1	PEC	2.436,92	2.436,92	0,00	19,00	2.436,92	SP

Tabela 3. Preços dos Tubos DEFOFO

Descrição	Emb	Centro	Qtde.	Preço Líq.	Total Item
TUBO BIAX PN12,5 ADUCAO (DEFOFO) DN100	1	0100 - Mexichem Sumare	1	R$ 168,21	R$ 168,21
TUBO BIAX PN12,5 ADUCAO (DEFOFO) DN150	1	0100 - Mexichem Sumare	1	R$ 330,58	R$ 330,58
TUBO BIAX PN12,5 ADUCAO (DEFOFO) DN200	1	0100 - Mexichem Sumare	1	R$ 552,19	R$ 552,19
TUBO BIAX PN12,5 ADUCAO (DEFOFO) DN250	1	0100 - Mexichem Sumare	1	R$ 853,71	R$ 853,71
TUBO BIAX PN12,5 ADUCAO (DEFOFO) DN300	1	0100 - Mexichem Sumare	1	R$ 1224,82	R$ 1224,82
TUBO BIAX PN12,5 ADUCAO (DEFOFO) DN350	1	0100 - Mexichem Sumare	1	R$ 1650,20	R$ 1650,20
TUBO BIAX PN12,5 ADUCAO (DEFOFO) DN400	1	0100 - Mexichem Sumare	1	R$ 2169,28	R$ 2169,28

Tabela 4. Preços Tubos Biax

DESCRIÇÃO	UND	QTD	UNIT	TOTAL
MATERIAL REDE DE ÁGUA				
LISTA DE MATERIAIS / MDV				
TUBO FERRO FUDIDO PONTA/BOLSA K-7 PN-10/16 DN100	BR	1	2.455,20	R$ 2.455,20
TUBO FERRO FUDIDO PONTA/BOLSA K-7 PN-10/16 DN150	BR	1	2.791,80	R$ 2.791,80
TUBO FERRO FUDIDO PONTA/BOLSA K-7 PN-10/16 DN200	BR	1	3.194,40	R$ 3.194,40
TUBO FERRO FUDIDO PONTA/BOLSA K-7 PN-10/16 DN250	BR	1	4.415,40	R$ 4.415,40
TUBO FERRO FUDIDO PONTA/BOLSA K-7 PN-10/16 DN300	BR	1	4.791,60	R$ 4.791,60
TUBO FERRO FUDIDO PONTA/BOLSA K-7 PN-10/16 DN350	BR	1	5.940,00	R$ 5.940,00
TUBO FERRO FUDIDO PONTA/BOLSA K-7 PN-10/16 DN400	BR	1	7.128,00	R$ 7.128,00
			TOTAL	R$ 30.716,40

Tabela 5. Preços Tubos de Ferro Fundido

Ao comparar os preços dos tubos Biax, Defofo e Ferro Fundido, fica evidente que a escolha do material deve ser baseada não apenas no custo inicial, mas também nas características específicas de cada tipo de tubo e nas necessidades do projeto. Os tubos de Ferro fundido, embora mais bem mais caros, oferecem uma resistência a pressão muito mais elevada que os demais, e é a única escolha para certas obras. Os tubos Biax se destacam pelo custo-benefício em aplicações de drenagem, tendo diversos benefícios técnicos e sendo o mais barato entre os três, e por fim os tubos DEFOFO não ficam muito atrás em termos de preço e também em comparativos técnicos, sendo preferível em algumas obras.

CONCLUSÃO

Este estudo de caso tem como objetivo avaliar a viabilidade técnica e econômica do uso de tubos BIAX em sistemas de distribuição de água em condomínios, comparando-os com tubos de ferro fundido e DEFOFO em relação a perda de carga. Os resultados deste estudo buscar servir de base para orientar gestores de obras e engenheiros civis na escolha mais adequada de materiais, levando em consideração não apenas os aspectos técnicos, mas também a sustentabilidade e redução de custos no ciclo de vida dos sistemas de abastecimento.

Para esta pesquisa, foram utilizados como objetos de estudo três tipos de materiais de tubulação de diferentes fabricantes: DEFOFO (PVC-M), Ferro Fundido e BIAX (PVC-O). Esses materiais foram selecionados por serem amplamente aplicados em redes de distribuição de água e esgoto, tanto em infraestrutura pública quanto em obras privadas.

Os manuais técnicos de cada fabricante foram revisados minuciosamente, a fim de se extrair as especificações técnicas detalhadas, como diâmetro nominal, extensão do tubo, bitolas comerciais, e outros parâmetros fundamentais para o estudo comparativo. O foco principal da análise foi a perda de carga nas tubulações, um dos fatores críticos para a eficiência hidráulica dos sistemas de abastecimento.

As informações técnicas foram compatibilizadas e calculadas em função da velocidade, diâmetro da tubulação e perda de carga. Os resultados demonstram que, com base na análise dos diâmetros de 100 mm a 400 mm, o BIAX surge como a melhor opção em termos de eficiência hidráulica e sustentabilidade. Ele oferece menor perda de carga, leveza e maior facilidade de instalação, tornando-o mais adequado para projetos modernos de infraestrutura. O DEFOFO e o ferro fundido, embora duráveis e amplamente utilizados, apresentam perdas de carga mais elevadas, necessitando de maior investimento em estruturas hidráulicas de manutenção de vazão e pressão, o que pode onerar o projeto e demandar mais manutenções para contenções de perdas.

REFERÊNCIAS

AFONSO, Ivan Oliveira et al. Análise do processo executivo da rede de interceptores de esgoto utilizando tubulação em polietileno de alta densidade. 2020. Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/37258/5/ANÁLISE%20DO%20PROCESSO%20EXECUTIVO%20DA%20REDE%20DE%20INTERCEPTORES%20DE%20ESGOTO%20UTILIZANDO%20TUBULAÇÃO%20EM%20POLIETILENO%20DE%20ALTA%20DENSIDADE.pdf. Acesso em: 22 Fev. 2024.

Amanco Wavin, **Catálogo Infraestrutura – AMANCO,** 2018. Disponível em: https://cdn.awsli.com.br/508/508844/arquivos/Catalogo_Infraestrutura_2018-WEB-FINAL.pdf

Amanco Wavin, **Ficha Técnica - Linha DEFOFO,** 2023. Disponível em: http://assets.production.amanco.com.br.s3.amazonaws.com/uploads/asset/file/804/FTC000092_-_DEFoFo.pdf

Amanco Wavin, **Ficha Técnica BIAX – AMANCO,** 2023. Disponível em:

Amanco Wavin, **Manual Técnico - Linha Amanco BIAX,** 2023. Disponível em:

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15750: Tubulações de PVC-O (cloreto de polivinila não plastificado orientado) para sistemas de transporte de água ou esgoto sob pressão — Requisitos e métodos de ensaios. Rio de Janeiro, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7665: Sistemas de transporte de água ou de esgoto sob pressão — Tubos de PVC-M DEFOFO com junta elástica — Requisitos. Rio de Janeiro, 2000. 22 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7675: Conexões de ferro fundido dúctil. Rio de Janeiro, 1997.

BARBOSA, Matheus Gomes. **Infraestrutura de saneamento básico do Conjunto Habitacional Lindóia: análise sob uma perspectiva de sustentabilidade do Sistema Condominial de Esgoto**. 2020. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pelotas. Disponível em: https://guaiaca.ufpel.edu.br/bitstream/handle/prefix/7508/Dissertacao_Matheus_Gomes_Barbosa.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 22 Fev, 2024.

https://eu-assets.contentstack.com/v3/assets/blt573fdbfcb1106c2a/blt9bb18f46df549abb/6491f73fb3cdfd9b4e715f9b/Manual_Técnico_Infraestrutura.pdf

https://euassets.contentstack.com/v3/assets/blt573fdbfcb1106c2a/blt8cf759977c1cd62f/64661f5997a89a7679868bba/FTC000064_-_Tubos_BIAX.pdf

SAINT-GOBAIN, **Catálogo Saint-Gobain Canalização,** 2021. Disponível em: https://sic.cagepa.pb.gov.br/_lib/file/doc/licitacao/CATÁLOGO%20GERAL%20SAINT%20GOBAIN.pdf

SILVA, F. B. O sistema de abastecimento d'água da cidade de Santa Rita-PB. **Trabalho de Conclusão de Curso (TCC). Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa**, 2016. Disponível em: http://ct.ufpb.br/ccec/contents/documentos/tccs/copy_of_2016.1/o-sistema-de-abastecimento-d2019agua-da-cidade-de-santa-rita-pb.pdf. Acesso em: 22 Fev, 2024