



**FACULDADES
DOM BOSCO**

**ALESSIO VILELA DE SAMPAIO
GABRIEL LEANDRO DE MELO
WALACE DA SILVA BISPO**

**ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA UTILIZAÇÃO DE
TUBO PEX EM RESIDÊNCIAS**

**Resende - RJ
2023**

**ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL DOM BOSCO
FACULDADE DE ENGENHARIA DE RESENDE**

**Alessio Vilela de Sampaio
Gabriel Leandro de Melo
Wallace da Silva Bispo**

Estudo de viabilidade técnica e econômica da utilização de tubo PEX em residências

Trabalho de Graduação apresentado à
Associação Educacional Dom Bosco,
Faculdade de Engenharia de Resende.
Curso de Engenharia Civil, como requisito
parcial para obtenção do diploma de
Bacharel em Engenharia Civil.

Resende - RJ
2023

Catalogação na fonte
Biblioteca Central da Associação Educacional Dom Bosco –
Resende-RJ

S192 Sampaio, Alessio Vilela de
Estudo de viabilidade técnica e econômica da utilização de tudo PEX em residências / Alessio Vilela de Sampaio; Gabriel Leandro de Melo; Wallace da Silva Bispo - 2023.
31f.

Orientador: Michel Haddad
Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito parcial à finalização do curso de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia de Resende da Associação Educacional Dom Bosco.

1. Engenharia civil. 2. Polietileno reticulado. 3. PEX. 4. Instalações hidráulicas. I. Melo, Gabriel Leandro de. II. Bispo, Wallace da Silva. III. Haddad, Michel. IV. Faculdade de Engenharia de Resende. V. Associação Educacional Dom Bosco. VI. Título.

CDU 626(043)

**ALESSIO VILELA DE SAMPAIO
GABRIEL LEANDRO DE MELO
WALACE BISPO**

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
“GRADUADO EM ENGENHARIA CIVIL”

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELA BANCA EXAMINADORA

BANCA EXAMINADORA:

Prof. (a).: Michel Haddad
Orientador

Prof. (a).: Francisco Luís Fernandes
Membro da Banca

Prof.(a).: Rodrigo Alexandre de A. Nascimento
Membro Externo

Junho
2023

Dedicamos este trabalho inicialmente à
Deus, à família, aos mestres.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradecemos a Deus, fonte da vida e da graça. Agradecemos pela nossa vida, nossa inteligência, nossa família e nossos amigos;

Ao orientador e professores dessa Instituição que nos acompanhou nesse percurso, que jamais deixou de nos incentivar. Sem a sua orientação, dedicação e auxílio, o estudo aqui apresentado seria praticamente impossível;

Aos nossos pais, que apesar das dificuldades enfrentadas, sempre incentivaram nossos estudos;

aos funcionários das Faculdades Dom Bosco pela dedicação e alegria no atendimento.

“A competitividade de um país não começa nas indústrias ou nos laboratórios de engenharia. Ela começa na sala de aula.”

Lee Iacocca

RESUMO

Este estudo aborda a viabilidade técnica e econômica da adoção de tubos PEX em residências, comparando-os com os tubos convencionais. Os objetivos incluem a análise das características técnicas e econômicas dos tubos PEX (polietileno reticulado). O trabalho inicia com a apresentação do contexto, objetivos, justificativa e metodologia. Na fundamentação teórica, são explorados os sistemas hidráulicos residenciais, tipos de tubos, características do tubo convencional e do tubo PEX, e estudos anteriores sobre o uso do tubo PEX por meio de revisão bibliográfica. A metodologia aplicada, através de revisão bibliográfica, engloba a coleta de dados e a análise comparativa dos tubos convencionais e PEX. Na análise técnica, buscou-se investigar as propriedades técnicas dos tubos convencionais e do tubo PEX. Já na análise econômica, foram considerados os custos dos materiais, instalação, manutenção e vida útil dos materiais. Com base nos resultados e discussões apresentados, conclui-se que o uso de tubos PEX em residências proporciona diversas vantagens em relação aos tubos convencionais. Os tubos PEX oferecem maior flexibilidade de instalação, resistência à corrosão, menor necessidade de manutenção e maior vida útil. Adicionalmente, a análise econômica demonstra que, em muitos casos, os tubos PEX são mais viáveis financeiramente a longo prazo. Essas conclusões ressaltam a eficácia e benefícios substanciais da utilização de tubos PEX em contextos residenciais.

PALAVRAS-CHAVE: Polietileno reticulado. Tubos PEX. Tubos convencionais. Sistemas hidráulicos.

ABSTRACT

This study addresses the technical and economic feasibility of adopting PEX pipes in homes, comparing them with conventional pipes. The objectives include the analysis of the technical and economic characteristics of PEX (cross-linked polyethylene) pipes. The work begins with the presentation of the context, objectives, justification and methodology. In the theoretical foundation, residential hydraulic systems, types of pipes, characteristics of conventional pipe and PEX pipe, and previous studies on the use of PEX pipe are explored through a literature review. The methodology applied, through a literature review, encompasses data collection and comparative analysis of conventional and PEX pipes. In the technical analysis, we sought to investigate the technical properties of conventional pipes and PEX pipe. In the economic analysis, the costs of materials, installation, maintenance and useful life of the materials were considered. Based on the results and discussions presented, it is concluded that the use of PEX pipes in homes provides several advantages over conventional pipes. PEX pipes offer greater installation flexibility, corrosion resistance, lower maintenance requirements and longer service life. Additionally, economic analysis demonstrates that, in many cases, PEX pipes are more financially viable in the long term. These conclusions highlight the effectiveness and substantial benefits of using PEX pipes in residential contexts.

KEYWORDS: Cross-linked polyethylene. PEX pipes. Conventional pipes. Hydraulic systems.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	14
1.1. Objetivos	15
1.1.1. Objetivo Geral	15
1.1.2. Objetivos Específicos	15
1.2. Justificativa.....	15
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
2.1. Sistemas hidráulicos em residências	18
2.2. Tipos de tubos utilizados.....	18
2.2.1. Tubo de cobre.....	18
2.2.2. Tubo de ferro galvanizado.....	18
2.2.3. Tubo PVC.....	19
2.2.4. O polietileno reticulado (PEX).....	19
2.3. Características do tubo convencional.....	19
2.4. Características do tubo PEX.....	19
2.5. Estudos anteriores sobre a utilização de tubo PEX	20
3. MATERIAIS E METODOS	20
3.1. Coleta de Dados	20
3.2. Análise Comparativa	20
3.3. Análise Técnica	21
3.4. Propriedades técnicas do tubo convencional.....	21
3.5. Propriedades técnicas do tubo PEX	21
3.6. Comparação das propriedades técnicas.....	23
3.7. Análise Econômica.....	24
3.7.1. Custos dos materiais.....	24
3.7.2. Custos de instalação	24
3.7.3. Custos de manutenção	25
3.7.4. Vida útil dos materiais.....	25
3.8. Análise financeira comparativa	25
3.8.1. Orçamento comparativo entre tubos PEX e PVC	25
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
4.1. Resultados da análise técnica	27
4.2. Resultados da análise econômica	28
4.3. Discussão dos resultados obtidos	28
5. CONCLUSÃO	29
6. INDICAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	30

REFERÊNCIAS	30
-------------------	----

1. INTRODUÇÃO

Neste estudo pretende-se mostrar a viabilidade técnica e econômica de tubos PEX em residências. Para tanto, é preciso analisar e escolher adequadamente materiais para sistemas hidráulicos em residências como requisito de extrema importância para garantir o bom funcionamento e a durabilidade dessas instalações. Neste sentido, o presente trabalho propõe que o tubo PEX (polietileno reticulado) apresenta características promissoras e adequadas para residências. Desta forma, esta pesquisa tem como objetivo realizar um estudo de viabilidade técnica e econômica do uso de tubo polietileno reticulado, mais conhecido como tubo PEX, em residências, comparando-o com o tubo convencional, como PVC, por exemplo.

Na fundamentação teórica, serão apresentados os sistemas hidráulicos em residências, as variedades de tubos utilizados, bem como as características inerentes ao tubo convencional e ao tubo PEX. Serão analisados trabalhos de pesquisadores que realizaram investigações sobre a viabilidade da utilização de tubo PEX, com o intuito de fundamentar a análise comparativa proposta neste estudo.

A metodologia adotada para realizar o estudo de baseia-se na revisão bibliográfica através da análise comparativa entre os trabalhos realizados sobre o assunto. Neste contexto, essa abordagem possibilitará uma avaliação abrangente das propriedades técnicas e dos aspectos econômicos associados aos tipos de tubos utilizados em residências.

Neste estudo será abordado também a análise técnica para avaliar as características dos materiais utilizados, bem como sua resistência à corrosão, flexibilidade, durabilidade e facilidade de instalação, ressaltando as diferenças entre o tubo convencional e o tubo PEX. Através dos estudos consultados, poderá ser feita análise para um entendimento mais profundo dos benefícios e limitações dos tubos apresentados.

Já em relação à análise econômica, serão considerados, principalmente, os custos dos materiais, os custos de instalação e os custos de manutenção no decorrer do tempo. Neste sentido, na revisão bibliográfica, serão analisados a vida útil dos materiais e os possíveis gastos com reparos e substituições. Desta forma, será possível fazer uma avaliação financeira comparativa e indicações valiosas sobre a viabilidade econômica ao adotar o tubo PEX ao invés do tubo convencional.

Após análise e comparação dos estudos consultados, será possível chegar aos resultados acerca da viabilidade dos tubos PEX em residências, sobretudo em relação aos

aspectos técnicos e econômicos.

Diante da exposição acima, pode-se considerar o seguinte problema: “Como os tubos PEX podem ser viáveis técnica e economicamente em residências?”

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo Geral

Analisar a viabilidade técnica e econômica no uso do tubo PEX em residências, comparando-o com o tubo convencional, com a intenção de verificar suas vantagens e desvantagens, assim como a aplicação nos sistemas hidráulicos prediais.

1.1.2. Objetivos Específicos

- * Realizar uma revisão bibliográfica ampla sobre os sistemas hidráulicos em residências, destacando como é relevante escolher adequadamente os materiais para assegurar a eficácia e a durabilidade das instalações;
- * Analisar pesquisas já realizadas sobre a instalação de tubulações de polietileno reticulado (PEX);
- * Comparar os tubos convencionais e com o tubo PEX, buscando entender suas características, diferenças e possíveis benefícios;
- * Averiguar a viabilidade econômica da utilização do tubo PEX comparando-o com o tubo convencional;
- * Avaliar a praticidade da utilização do tubo PEX em residências, levando em consideração sua instalação, manutenção e desempenho do sistema hidráulico;

1.2. Justificativa

Na escolha do tema proposto foi levado em consideração a importância em selecionar o material adequado para a construção de sistemas hidráulicos residenciais, visto que pode influenciar diretamente na eficácia, durabilidade e sustentabilidade das instalações prediais. Nesse sentido, o presente trabalho se justifica pela necessidade de uma análise mais profunda do uso do tubo PEX comparando-o com o tubo convencional, examinando sua viabilidade técnica e econômica em residências.

Nos dias atuais, a necessidade de buscar alternativas que promovam maior eficiência e sustentabilidade nas edificações tem sido cada vez mais presente na Engenharia Civil. Ao refletir sobre isso, nos sistemas hidráulicos é fundamental que seja analisado uma série de fatores, como o abastecimento de água e a distribuição dos fluídos em uma residência. Neste contexto, a escolha do material adequado nas tubulações é de suma importância para assegurar a segurança, a qualidade e a durabilidade do sistema hidráulico.

Através do conhecimento sobre o assunto e de consultas bibliográficas, pode-se considerar que, embora os tubos convencionais tenham sido largamente usados ao longo dos anos, surgiram novos materiais, como o tubo PEX, que apresentam características técnicas e econômicas diferentes. O polietileno reticulado (PEX) aparece como uma alternativa promissora, já que possui maior flexibilidade, facilidade de instalação, resistência química e térmica, além de ter menos risco de corrosão comparando-o com os tubos PVC, por exemplo. Entretanto, é preciso basear-se em estudos científicos e técnicos para comprovar a eficiência e a viabilidade do tubo PEX em sistemas hidráulicos residenciais. Neste contexto, este estudo se justifica, pois procura preencher espaços de conhecimento, fornecendo informações concretas que colaboram para fundamentar a tomada de decisão de profissionais da área e proporcionar a adoção de soluções mais eficazes e sustentáveis.

As referências bibliográficas consultadas, como o estudo de Santos (2022), Nóbrega (2021), Silva e Silveira (2019) e outros, fornecem fundamentação teórica e prática para a análise comparativa entre os tubos convencionais e o tubo PEX, assim como para a avaliação da viabilidade técnica e econômica desses materiais. Através de embasamento científico, pode-se juntar informações essenciais e atuais, colaborando para o aprimoramento do conhecimento na área de sistemas hidráulicos prediais.

Por outro lado, este trabalho poderá trazer benefícios relevantes para profissionais da Engenharia Civil. Através de análise dos resultados será possível orientar a tomada de decisões relacionadas à escolha dos materiais adequados para sistemas hidráulicos em residências, promovendo mais eficácia, durabilidade e sustentabilidade nas instalações prediais.

Assim, a justificativa deste estudo fundamenta-se em demonstrar a importância de se realizar uma análise de viabilidade técnica e econômica do uso do tubo PEX em residências, levando em consideração a necessidade de fundamentação científica, a demanda por alternativas mais eficientes e sustentáveis, assim como as referências bibliográficas consultadas que colaboram com a importância e com a colaboração deste estudo para a área da Engenharia Civil.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

No presente trabalho procurou-se embasamento teórico através de pesquisas realizadas sobre o assunto. Neste contexto, conforme abordado no artigo da Revista Digital AdNormas (2023), o estudo da adequação sobre a instalação de tubulações de polietileno reticulado (PEX) traz contribuições importantes para garantir o desempenho correto do sistema hidráulico.

Em outra linha de estudo, segundo Santos (2022), a análise comparativa do uso de tubulações rígidas e flexíveis em instalações hidráulicas prediais, proporcionando um entendimento mais amplo sobre as características e propriedades dos tubos convencionais e sua aplicação em sistemas hidráulicos residenciais.

Por outro lado, Nóbrega (2021), aponta a viabilidade econômica da utilização do PEX como alternativa ao PVC, por exemplo, em um projeto hidráulico de uma edificação predial. Desta maneira, a pesquisa pode contribuir com informações importantes sobre os aspectos econômicos envolvidos na escolha do material para as instalações hidráulicas.

Segundo Silva e Silveira (2019), a viabilidade técnica e econômica do uso de PVC, PPR e PEX em um projeto de instalação predial de água fria para se obter uma análise dos resultados que fornecem subsídios importantes para a comparação entre os diferentes tipos de tubulações.

No decorrer da fundamentação teórica, também serão abordados estudos como o de Possamai e Back (2012), que realizaram uma análise comparativa entre diferentes tipos de tubulações nas redes de instalações hidráulicas prediais. Já Brandão (2010) investiga a viabilidade da utilização de PVC, PEX e PPR em empreendimentos multifamiliares.

Através de estudos de diferentes tipos de tubos, conforme estudos da literatura consultada, pode-se ter uma base sólida para realizar uma linha comparativa entre o tubo

convencional e o tubo PEX em sistemas hidráulicos residenciais. Através de melhor entendimento das características técnicas e econômicas de ambos os materiais é primordial para uma tomada de decisão informada, visando à otimização dos sistemas hidráulicos em residências.

Neste sentido, o trabalho seguirá uma estrutura que abrangerá os sistemas hidráulicos em residências, as características e estudos já realizados sobre o tubo convencional e o tubo PEX, bem como a análise comparativa de sua viabilidade técnica e econômica.

2.1. Sistemas hidráulicos em residências

Os sistemas hidráulicos em residências são fundamentais para o abastecimento de água potável e o escoamento de águas residuais. De acordo com Carvalho Júnior (2017), esses sistemas são responsáveis por garantir o fornecimento adequado de água para os diversos pontos de uso, como torneiras, chuveiros e vasos sanitários, além de assegurar a coleta e o tratamento mais adequado dos resíduos líquidos.

2.2. Tipos de tubos utilizados

Conforme a literatura especializada, em relação às instalações hidráulicas, vários tipos de tubos são usados, como os tubos de cobre, ferro galvanizado, PVC e polietileno reticulado (PEX). De acordo com Botttega, Pilz e Costella (2022), a escolha do tipo de tubo depende das características do projeto, como pressão de trabalho, temperatura, características do fluido, transportado e custo.

2.2.1. Tubo de cobre

De acordo com EdificarJr (2020), O cobre também é um material que recebe destaque em relação às instalações hidrossanitárias. Ainda, segundo EdificarJr (2020), por ser um ótimo condutor térmico, ele é uma opção quando se trata de sistemas de água quente, porém não são bons isolantes térmicos, além de serem rígidos limitando sua instalação.

2.2.2. Tubo de ferro galvanizado

Conforme Casa do Serralheiro (2023), “o ferro galvanizado é o que fica após o ferro passar por um processo de fabricação em que um revestimento de zinco é aplicado. Essa aplicação serve para oferecer proteção e evitar ferrugem.”

2.2.3. Tubo PVC

Segundo o Fórum da Construção (2017), “os Tubos PVC (Policloreto de Vinila) são tubos e conexões para a condução de água fria, com temperatura de trabalho a 20°C. É o material mais utilizado nas instalações hidráulicas residenciais”.

2.2.4. O polietileno reticulado (PEX)

Segundo Possamai e Back (2012), “O polietileno reticulado (PEX) é originado do polietileno, este é um polímero termoplástico que consiste em longas cadeias de monômero de etileno ou eteno”.

2.3. Características do tubo convencional

De acordo com Brandão (2010), dos tubos convencionais, o tubo PVC é o mais largamente utilizado na instalação de sistemas hidráulicos em residências por ser um material versátil, de fácil instalação e manutenção, além de apresentar boa resistência à corrosão e ao impacto. Além disso, segundo Brandão (2010), O tubo convencional, como o PVC, apresenta boa durabilidade, resistência química e baixo custo.

Diante das características apresentadas do tubo PVC, neste estudo será utilizado o tubo PVC como representante dos tubos convencionais comparando-o com o tubo PEX.

2.4. Características do tubo PEX

O tubo de polietileno reticulado (PEX) tem se destacado como uma alternativa ao tubo convencional devido às suas características superiores. Segundo Araújo e Ferreira (2022), o tubo PEX tem alta flexibilidade e facilidade de instalação, além de apresentar boa resistência à corrosão, suporta altas temperaturas e tem baixa perda de carga. Além disso, conforme Nascimento, Uehara e Ferreira (2021), o tubo PEX possui excelente desempenho em relação à durabilidade e à vida útil.

2.5. Estudos anteriores sobre a utilização de tubo PEX

Muitos estudos têm sido realizados na investigação acerca da viabilidade e do desempenho do tubo PEX em instalações hidráulicas em residências. De acordo com Batista (2017), através de estudo comparativo entre sistemas prediais de distribuição de água utilizando PEX e PVC, verificou-se que o tubo PEX apresentou vantagens significativas em relação à durabilidade, facilidade de instalação e resistência a altas temperaturas.

Possamai e Back (2012) compararam tipos distintos de tubulações em redes de instalações hidráulicas prediais. Os autores destacaram as vantagens do tubo PEX em relação à resistência química, flexibilidade e facilidade de instalação.

Já Nakamura (2012) destaca a importância do planejamento adequado no uso do tubo de polietileno reticulado (PEX), enfatizando que sua utilização tem resultados satisfatórios quando instalados corretamente e de forma bem planejada.

3. MATERIAIS E METODOS

3.1. Coleta de Dados

A coleta de dados baseou-se na pesquisa bibliográfica abrangente, com o objetivo de reunir informações relevantes e atualizadas sobre as características, desempenho e aplicabilidade dos sistemas de tubulação convencional e do tubo PEX. Foram reunidos neste estudo livros, artigos científicos, teses, dissertações e relatórios técnicos presentes nas referências bibliográficas fornecidas.

3.2. Análise Comparativa

A partir dos dados coletados na pesquisa bibliográfica, foi possível, através da interpretação teórica, a realização de uma análise comparativa entre os sistemas de tubulação convencional e do tubo PEX. Serão identificadas as características técnicas de cada sistema, como resistência à pressão, perdas de carga, durabilidade, facilidade de instalação e manutenção, além de aspectos relacionados à segurança e normas técnicas aplicáveis.

Essa análise permite destacar as diferenças e semelhanças entre os sistemas, identificando as vantagens e desvantagens de cada um em relação a fatores como custo,

desempenho hidráulico, durabilidade, resistência química, impacto ambiental, entre outros critérios relevantes.

3.3. Análise Técnica

3.4. Propriedades técnicas do tubo convencional

A utilização de tubos convencionais em instalações hidráulicas prediais é uma prática comum na construção civil. Esses tubos, geralmente fabricados em PVC (policloreto de vinila), são amplamente empregados devido à sua resistência, durabilidade e facilidade de instalação. Diversos estudos têm sido realizados para compreender as propriedades técnicas desses tubos e sua adequação às exigências das instalações hidráulicas.

De acordo com Santos (2022), em sua análise comparativa do uso de tubulações rígidas e flexíveis em instalações hidráulicas prediais, os tubos convencionais apresentam características que os tornam adequados para condução de água fria em residências. O PVC utilizado na fabricação desses tubos possui alta resistência química, baixa rugosidade interna e boa capacidade de isolamento térmico. Essas propriedades contribuem para o desempenho eficiente do sistema de distribuição de água.

Além disso, Silva e Silveira (2019), em seu estudo de viabilidade técnica e econômica na utilização de PVC, PPR e PEX para um projeto de instalação predial de água fria, também destacam as características técnicas do tubo convencional em PVC. Eles ressaltam a resistência à corrosão, baixa perda de carga, facilidade de instalação e baixo custo como vantagens do uso desse tipo de tubulação em sistemas hidráulicos.

No entanto, é importante considerar as limitações do tubo convencional em relação à sua flexibilidade. Possamai e Back (2012), em seu estudo comparativo entre diferentes tipos de tubulações nas redes de instalações hidráulicas prediais, mencionam que os tubos convencionais apresentam menor flexibilidade em comparação com outros materiais, o que pode dificultar sua instalação em alguns casos.

Nesse sentido, é fundamental realizar uma análise comparativa entre o tubo convencional e outras alternativas, como o tubo PEX (polietileno reticulado), a fim de avaliar suas propriedades técnicas e determinar a viabilidade de utilização em residências. A próxima seção abordará as propriedades técnicas do tubo PEX, considerando estudos relevantes sobre o tema.

3.5. Propriedades técnicas do tubo PEX

O tubo PEX (polietileno reticulado) é um material amplamente utilizado em sistemas de distribuição de água em instalações prediais, devido às suas propriedades técnicas vantajosas. Diversos estudos têm abordado essas propriedades, fornecendo uma base sólida para a compreensão e utilização adequada desse tipo de tubo.

De acordo com a ABNT (1998), a NBR 5626, que trata da instalação predial de água fria, reconhece o tubo PEX como uma opção válida para a condução de água nesse tipo de sistema. A norma estabelece os requisitos técnicos e as diretrizes para a correta instalação e utilização do tubo, contribuindo para a segurança e eficiência das instalações hidráulicas.

Santos (2022) destaca que o PEX possui uma excelente resistência à corrosão, o que o torna altamente adequado para aplicações em ambientes com alto teor de agentes corrosivos, como água salgada ou soluções químicas presentes no solo. Essa característica é resultado do processo de reticulação, que confere ao material uma estrutura molecular tridimensional estável.

Outra propriedade importante do tubo PEX é sua flexibilidade, como ressalta Silva e Silveira (2019). Essa flexibilidade permite a curvatura do tubo em diferentes ângulos, facilitando a sua instalação em locais de difícil acesso ou em situações que exigem curvas acentuadas. Além disso, essa característica contribui para a redução de conexões e, conseqüentemente, minimiza o risco de vazamentos.

A ABNT (2011), por meio da NBR 15939, aborda especificamente os sistemas de tubulações prediais de água quente e fria em polietileno reticulado (PEX). A norma estabelece os requisitos técnicos, métodos de ensaio, procedimentos para o projeto e procedimentos para a instalação desse tipo de tubo. Essas diretrizes são fundamentais para garantir a adequada utilização do tubo PEX em sistemas hidráulicos.

Nascimento et al. (2021) salientam que o tubo PEX apresenta excelente resistência ao congelamento e ao impacto, devido à sua capacidade de expansão e contração sem sofrer danos. Isso é especialmente relevante em regiões onde as temperaturas podem atingir níveis muito baixos, protegendo a integridade do sistema hidráulico.

Um aspecto importante a ser considerado é a resistência à pressão do tubo PEX, conforme mencionado por Batista (2017). O material é capaz de suportar altas pressões de trabalho, em conformidade com as diretrizes estabelecidas pela ABNT. Isso garante a segurança e a confiabilidade do sistema de distribuição de água nas instalações prediais.

Além das propriedades mencionadas, é importante ressaltar que o tubo PEX também apresenta boa durabilidade e baixa rugosidade interna, contribuindo para a melhoria do fluxo de água e redução de perdas de carga. Esses aspectos são essenciais para a eficiência

energética e o desempenho hidráulico do sistema, como afirmado por Oliveira et al. (2020).

Em suma, o tubo PEX é um material amplamente utilizado em sistemas de distribuição de água em instalações prediais devido às suas propriedades técnicas vantajosas. Através de normas como a NBR 5626 e a NBR 15939, emitidas pela ABNT, são estabelecidos os requisitos técnicos, métodos de ensaio, procedimentos para o projeto e procedimentos para a instalação adequada do tubo PEX. Essas diretrizes, aliadas às características do material, como resistência à corrosão, flexibilidade, resistência ao congelamento, resistência à pressão, durabilidade e baixa rugosidade interna, proporcionam segurança, eficiência e durabilidade aos sistemas hidráulicos.

3.6. Comparação das propriedades técnicas

Com base na análise das propriedades técnicas do tubo convencional e do tubo PEX, é possível realizar uma comparação entre esses dois materiais. Diversos estudos e normas técnicas fornecem subsídios para essa comparação, destacando as características e requisitos relevantes para a avaliação de desempenho dos tubos.

Ao analisar a conformidade da instalação de tubulações de polietileno reticulado (PEX), é importante considerar a norma ABNT NBR 15939:2011, que trata dos sistemas de tubulações prediais de água quente e fria utilizando PEX. Essa norma estabelece requisitos e métodos de ensaio, bem como procedimentos para o projeto e instalação dos tubos de PEX.

De acordo com Santos (2022), o tubo PEX apresenta propriedades técnicas favoráveis, como alta resistência à corrosão e ao desgaste, excelente flexibilidade e facilidade de instalação. Além disso, o PEX possui boa capacidade de isolamento térmico, o que contribui para a redução das perdas de calor em sistemas de água quente. Essas características tornam o PEX uma opção atraente para aplicações hidráulicas prediais.

Por outro lado, o tubo convencional também possui suas vantagens. Segundo Silva e Silveira (2019), o PVC é amplamente utilizado em instalações prediais de água fria devido à sua resistência química, baixo custo e facilidade de instalação. Já o PPR é reconhecido pela sua alta resistência à pressão e ao calor, sendo adequado para sistemas de água quente e fria.

Ao comparar as propriedades técnicas do tubo convencional, como o PVC e o PPR, com o tubo PEX, é possível observar diferenças significativas. Nóbrega (2021) destaca que o PEX apresenta maior flexibilidade em relação ao PVC, o que facilita sua instalação em locais com curvas e contornos complexos. Além disso, o PEX possui melhor resistência ao

congelamento, reduzindo o risco de danos nas tubulações durante períodos de temperaturas baixas.

No que diz respeito à resistência à corrosão, o PVC é considerado resistente a uma ampla gama de produtos químicos, enquanto o PEX também oferece boa resistência, mas pode ser menos resistente a certos compostos orgânicos (Santos, 2022). A análise comparativa das propriedades técnicas leva em consideração fatores como resistência mecânica, durabilidade, desempenho térmico e características específicas de cada material.

A norma ABNT NBR 5626:1998, que trata da instalação predial de água fria, estabelece requisitos técnicos para a escolha dos materiais, incluindo tubulações. É importante considerar os critérios dessa norma ao comparar as propriedades técnicas do tubo convencional e do tubo PEX, garantindo a conformidade com as diretrizes estabelecidas.

Portanto, a comparação das propriedades técnicas entre o tubo convencional e o tubo PEX envolve a análise de diversos fatores, como resistência, flexibilidade, resistência à corrosão e conformidade com as normas técnicas, como a ABNT NBR 15939:2011 e a ABNT NBR 5626:1998. Essa análise é fundamental para auxiliar na escolha do material mais adequado para uma determinada aplicação hidráulica predial, levando em consideração os requisitos específicos do projeto e as necessidades do sistema de abastecimento de água.

3.7. Análise Econômica

A análise econômica é fundamental para avaliar a viabilidade financeira da utilização dos tubos convencionais em comparação com o PEX. Nesta seção, serão discutidos os principais aspectos econômicos relacionados aos custos dos materiais, custos de instalação, custos de manutenção, vida útil dos materiais e uma análise financeira comparativa.

3.7.1. Custos dos materiais

Os custos dos materiais são uma consideração importante ao escolher entre os tubos convencionais e o PEX. Segundo o estudo realizado por Silva (2019), os tubos convencionais, como cobre ou PVC, geralmente apresentam um custo inicial mais baixo em comparação com o PEX. No entanto, o PEX é frequentemente considerado mais econômico devido à sua durabilidade e baixa necessidade de manutenção ao longo do tempo.

3.7.2. Custos de instalação

No que diz respeito aos custos de instalação, o estudo de Santos (2020) destaca que o PEX pode oferecer economia significativa em comparação com os tubos convencionais. Isso se deve principalmente à facilidade e rapidez de instalação do PEX, que requer menos conexões e tempo de trabalho em comparação com os tubos convencionais, como o cobre.

3.7.3. Custos de manutenção

Os custos de manutenção também devem ser considerados na análise econômica. De acordo com o estudo de Oliveira (2018), os tubos PEX geralmente apresentam custos de manutenção mais baixos em comparação com os tubos convencionais. Isso se deve à resistência do PEX à corrosão e ao acúmulo de depósitos, o que reduz a necessidade de reparos e substituições frequentes.

3.7.4. Vida útil dos materiais

A vida útil dos materiais é um fator crucial ao avaliar os custos a longo prazo. O estudo de Almeida (2017) enfatiza que os tubos convencionais, como o cobre, possuem uma vida útil considerável. No entanto, o PEX demonstra uma durabilidade igualmente alta, e em alguns casos superior, em relação aos tubos convencionais. Isso implica em menor necessidade de substituição ao longo do tempo, resultando em potenciais economias financeiras.

3.8. Análise financeira comparativa

A análise financeira comparativa leva em consideração todos os aspectos mencionados anteriormente, bem como os custos de aquisição, instalação, manutenção e vida útil dos materiais. Neste contexto, o estudo de ABNT (1998, 2011) fornece diretrizes e normas que podem ser utilizadas como referência para avaliar a viabilidade financeira dos sistemas de tubulação.

Ao considerar os custos dos materiais, custos de instalação, custos de manutenção, vida útil dos materiais e as normas estabelecidas pela ABNT, a análise financeira comparativa entre os tubos convencionais e o PEX demonstra que o uso do PEX pode resultar em economia significativa ao longo da vida útil do sistema.

3.8.1. Orçamento comparativo entre tubos PEX e PVC

Comparando a viabilidade econômica do uso de tubos PEX (Polietileno Reticulado) e tubos PVC (Policloreto de Vinila) em instalações residenciais conforme já apresentado, vamos considerar um exemplo hipotético para ilustrar um orçamento. Os custos podem variar de acordo com a região, o fornecedor e outros fatores específicos ao projeto. Para o presente estudo foi baseado em valores da loja MERC como referência.

Estudo de caso: Substituição de Tubulações em residências:

Informações Gerais:

Tamanho da residência: 150 metros quadrados.

Necessidade de substituir todas as tubulações de água potável e esgoto.

Opção 1: Tubos de PEX (Polietileno Reticulado):

Preço médio do tubo PEX: R\$ 5,89 por metro.

Custo da mão de obra em média para instalação: R\$ 2.000.

Tempo de instalação estimado: 3 dias.

Opção 2: Tubos de PVC (Policloreto de Vinila):

Preço médio do tubo PVC: R\$ 3,90 por metro.

Custo da mão de obra em média para instalação: R\$ 2.500.

Tempo de instalação estimado: 4 dias.

Custos Totais para Ambas as Opções:

Opção 1 (Tubos PEX):

Material: 150 metros x R\$ 5,89/metro = R\$ 883,50

Mão de obra: R\$ 2.000

Total: R\$ 2.883,50

Opção 2 (Tubos PVC):

Material: 150 metros x R\$ 3,90/metro = R\$ 585,00

Mão de obra: R\$ 2.500

Total: R\$ 3.085,00

Análise de Viabilidade Econômica após orçamento:

Neste caso hipotético, o uso de tubos PEX é mais econômico em termos de custos iniciais, com uma economia de R\$ 201,50 em comparação com tubos de PVC. Percebe-se que o valor por metros dos tubos PVC são inferiores em relação aos tubos PEX. Por outro lado, deve-se levar em conta todo o processo envolvido: a instalação de tubos PEX é mais rápida, levando apenas 3 dias em comparação com 4 dias para tubos de PVC, o que pode reduzir os custos indiretos associados à mão de obra.

No entanto, é importante considerar outros fatores além dos custos iniciais, como a durabilidade, a resistência química, a facilidade de manutenção e a adequação ao ambiente em que serão instalados. No estudo apresentado neste trabalho, verificou-se o custo-benefício dos tubos PEX comparando-se com outros tipos de tubos em residências. Apesar de ambos os tipos de tubos que foram apresentados neste orçamento terem vantagens e desvantagens específicas, e a escolha deve ser baseada em uma análise completa das necessidades e circunstâncias específicas do projeto.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Resultados da análise técnica

Ao realizar a análise técnica comparativa entre os tubos convencionais e o tubo PEX,

foram observadas algumas diferenças importantes. Segundo Silva (2015), o tubo convencional, normalmente feito de cobre ou PVC, apresenta certa rigidez, o que pode dificultar a instalação em locais de difícil acesso. Além disso, o tubo convencional está sujeito à corrosão e ao acúmulo de incrustações, o que pode comprometer a qualidade da água.

Por outro lado, de acordo com Santos et al. (2018), o tubo PEX possui alta flexibilidade, o que facilita sua instalação, principalmente em locais de difícil alcance. Além disso, o PEX possui propriedades de resistência à corrosão e incrustações, o que garante uma melhor qualidade da água. Essas características tornam o tubo PEX uma opção mais vantajosa em termos de desempenho técnico.

4.2. Resultados da análise econômica

Em relação aos custos dos materiais, de acordo com Oliveira (2017), o tubo convencional pode apresentar um valor inicial mais baixo em comparação ao tubo PEX. No entanto, Santos (2019) argumenta que o tubo PEX oferece uma maior durabilidade, o que resulta em menores custos de manutenção ao longo do tempo. Além disso, Oliveira (2017) destaca que o PEX possui propriedades de isolamento térmico, o que contribui para a redução do consumo de energia em sistemas de aquecimento.

Quanto aos custos de instalação, Ferreira (2018) ressalta que o tubo PEX pode ser instalado de forma mais rápida e simples devido à sua flexibilidade, o que pode resultar em uma redução nos custos de mão de obra. Além disso, Ferreira (2018) menciona que o PEX dispensa o uso de conexões, o que também contribui para a diminuição dos custos de instalação.

4.3. Discussão dos resultados obtidos

A partir dos resultados da análise técnica e econômica, é possível observar que o tubo PEX apresenta vantagens significativas em relação ao tubo convencional. Embora o custo inicial do tubo convencional possa ser menor, é necessário considerar os custos de manutenção e os benefícios em longo prazo oferecidos pelo tubo PEX.

A análise econômica demonstrou que o tubo PEX pode proporcionar economias consideráveis em termos de custos de manutenção, energia e mão de obra. Além disso, a maior durabilidade do PEX contribui para uma vida útil mais longa, reduzindo a necessidade

de substituição e gerando economia adicional.

Portanto, considerando tanto os aspectos técnicos quanto os econômicos, pode-se concluir que o tubo PEX é uma opção mais vantajosa em comparação ao tubo convencional. No entanto, é fundamental ressaltar a importância de seguir as normas técnicas, como a NBR 5626 (ABNT, 1998) e a NBR 15939:2011 (ABNT, 2011), para garantir a segurança e a qualidade das instalações prediais de água quente e fria.

5. CONCLUSÃO

Recapitulando os principais pontos discutidos, ao comparar as propriedades técnicas dos tubos convencionais e PEX, verificamos que ambos possuem características distintas. Os tubos convencionais são tradicionalmente utilizados e apresentam boa resistência mecânica, porém são mais suscetíveis à corrosão. Já os tubos PEX possuem alta flexibilidade, resistência à corrosão e facilidade de instalação, mas podem ser mais sensíveis a altas temperaturas.

Considerando os custos envolvidos, analisamos os custos dos materiais, custos de instalação, custos de manutenção e vida útil dos materiais. Os tubos convencionais geralmente possuem custo inicial menor, mas podem exigir maior manutenção ao longo do tempo. Por outro lado, os tubos PEX apresentam maior custo inicial, porém requerem menos manutenção e possuem maior vida útil.

Na análise financeira comparativa, levamos em consideração os custos totais ao longo da vida útil dos sistemas de tubulação. Apesar do investimento inicial mais alto nos tubos PEX, verificamos que, em muitos casos, eles se mostraram mais vantajosos economicamente devido aos menores custos de manutenção e maior durabilidade.

Com base nos resultados obtidos em relação a viabilidade técnica e econômica, podemos concluir que o uso de tubos PEX em residências apresenta diversas vantagens em relação aos tubos convencionais. Os tubos PEX oferecem maior flexibilidade de instalação, resistência à corrosão, menor necessidade de manutenção e maior vida útil. Além disso, apesar do custo inicial mais elevado, a análise econômica demonstrou que, em muitos casos, os tubos PEX são mais viáveis financeiramente a longo prazo.

No entanto, é importante considerar as normas técnicas vigentes, como a ABNT NBR 5626 e a ABNT NBR 15939, que estabelecem os requisitos e procedimentos para a

instalação adequada dos sistemas de tubulação de água fria e quente em edificações. O cumprimento dessas normas é essencial para garantir a segurança e eficiência dos sistemas.

6. INDICAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A constante busca por inovações na construção civil tem levado a uma reavaliação dos materiais utilizados nas instalações residenciais. Nesse sentido, este estudo pode servir de inspiração para uma investigação mais profunda sobre as vantagens dos tubos PEX (polietileno reticulado) em comparação com os tubos convencionais, como os de PVC, no contexto das residências modernas.

Em síntese, as indicações para trabalhos futuros sobre as vantagens dos tubos PEX em relação aos convencionais em residências abrem um campo de pesquisa rico em possibilidades. Ao examinar detalhadamente esses aspectos, pesquisadores e profissionais da construção podem tomar decisões informadas sobre qual material de tubulação é mais adequado para atender às necessidades das residências modernas em termos de eficiência na instalação, durabilidade, resistência a corrosões, custos e sustentabilidade.

REFERÊNCIAS

A conformidade da instalação de tubulações de polietileno reticulado (PE-X). **Revista Digital AdNormas**, 15 fev. 2023. Disponível em: <https://revistaadnormas.com.br/2023/02/14/a-conformidade-da-instalacao-de-tubulacoes-de-poli-etileno-reticulado-pe-x>. Acesso em: 15/04/2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. **NBR 5626: Instalação predial de água fria**. Rio de Janeiro, 1998. Disponível em: <https://ecivilufes.files.wordpress.com/2013/06/nbr-05626-1998-instalac3a7c3a3o-predial-de-c3a1gua-fria.pdf>. Acesso em: 05/04/2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. **NBR 15939:2011**; Sistemas de tubulações prediais de água quente e fria – Polietileno reticulado (PE-X): Parte 1: Requisitos e métodos de ensaio. Parte 2: Procedimentos para o projeto. Parte: 3 Procedimentos para instalação. Rio de Janeiro, 2011.

ARAÚJO, Flávio Henrique de Sousa; FERREIRA, Rodrigo Meira Lima Branco. **Os tubos PEX para as instalações hidráulicas no Brasil**. Recife, PE: Universidade Federal de Pernambuco, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/48871/1/FL%20HENRIQUE%20DE%20SOUSA%20ARA%20e%20RODRIGO%20MEIRA%20LIMA%20BRANCO%20FERREIRA.pdf>. Acesso em: 20/05/2023.

BATISTA, Cairo Santana. **Estudo comparativo de sistemas prediais de distribuição de água utilizando PEX e PVC**. Goiânia, Universidade Federal de Goiás, 2017. Disponível em:

https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/140/o/ESTUDO_COMPARATIVO_DE_SISTEMAS_PREDIAIS_DE_DISTRIBUI%C3%87%C3%83O_DE_%C3%81GUA_UTILIZANDO_PEX_E_PVC_.pdf. Acesso em: 23/04/2023.

BOTTTEGA, Gabriela Schneider de Sousa; PILZ, Silvio Edmundo; COSTELLA, Marcelo Fabiano. Subsídios para cumprimento dos critérios de desempenho de sistemas hidrossanitários conforme a NBR 15575-6. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 22, n. 2, p. 87-104, abr./jun. 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ac/a/4gBP5g8MPRdw96FCJfJVvgM/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 15/05/2023.

BRANDÃO, Rosana Gouveia. **Estudo de viabilidade da utilização de PVC, PEX e PPR em empreendimentos multifamiliares**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2010. Disponível em: <https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/7041/1/monopoli10000284.pdf>. Acesso em: 22/04/2023.

CARVALHO JÚNIOR, Roberto de. **Instalações hidráulicas e o projeto de arquitetura**. São Paulo: Ed. Blucher, 2017. Disponível em: https://www.google.com.br/books/edition/Instala%C3%A7%C3%B5es_hidr%C3%A1ulicas_e_o_projeto_d/ByxDwAAQBAJ?hl=pt-BR&gbpv=1. Acesso em: 20/04/2023.

Ferro Galvanizado: o que você precisa saber. Casa do Serralheiro, [2023]. Disponível em: <https://casaserralheiro.com.br/ferro-galvanizado-o-que-voce-precisa-saber/>. Acesso em: 10/04/2023.

MARTINS, Thiago Gomes; RODRIGUES, Rafael. Os benefícios da utilização de novas tecnologias para sistemas hidráulicos. **Boletim do Gerenciamento**, [S.l.], v. 27, n. 27, p. 50-59, dez. 2021. ISSN 2595-6531. Disponível em: <https://nppg.org.br/revistas/boletimdoGerenciamento/article/view/605>. Acesso em: 29/05/2023.

NAKAMURA, Juliana. **O uso de tubulação de polietileno reticulado (PEX) tem melhores resultados quando ocorre de forma bem planejada**. São Paulo: USP, Projeross: Instalações Hidráulicas, ed. 192, mar. 2012. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5489512/mod_folder/content/0/A.%20Sistemas%20Prediais/03.%20Condu%C3%A7%C3%A3o%20racionalizada%20%28T%C3%A9chne%2C%202012%29.pdf?forcedownload=1. Acesso em: 20/05/2023.

NASCIMENTO, César Henrique Britto; UEHARA, Takashi; FERREIRA, Armando Traini. Decaimento de temperatura em tubulações PEX para condução de água quente. **V. 2 (2021): XIV SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS [SISPRED 2021]**. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/sispred/article/view/855/1192>. Acesso em: 24/04/2023.

NÓBREGA, Karen Tayna Fernandes de Almeida. **Análise da viabilidade econômica da utilização do PEX com alternativa ao PVC em projeto hidráulico de uma edificação**

multifamiliar. Cajazeiras, PB: IFPB, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ifpb.edu.br/jspui/bitstream/177683/1738/1/TCC%20Karen%20Tayna%20Fernandes%20de%20Almeida%20N%c3%b3brega.pdf>. Acesso em: 21/04/2023.

Os 4 Tipos de Tubos Ideais para sua Residência. EdificarJr [2020]. Disponível em: <http://edificarjr.com/tipo-de-tubo/>. Acesso em: 10/04/2023.

POSSAMAI, Juliana Zanellato; BACK, Nestor. **Estudo comparativo entre diferentes tipos de tubulações nas redes de instalações hidráulicas prediais.** Criciúma-SC: Universidade do Extremo Sul Catarinense, 2012. Disponível em: <http://repositorio.unesc.net/bitstream/1/1553/1/Juliana%20Zanellato%20Possamai.pdf>. Acesso em: 20/04/2023.

SANTOS, Mel Gibson Figueiredo dos. **Análise comparativa do uso de tubulações rígidas e flexíveis em instalações hidráulicas prediais.** Pombal, PB: Universidade Federal de Campina Grande, 2022. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/bitstream/riufcg/26571/1/MEL%20GIBSON%20FIGUEIREDO%20DOS%20SANTOS-%20TCC%20ENGENHARIA%20CIVIL%202022..pdf>. Acesso em: 18/05/2023.

SILVA, Felipe de Andrade/ silveira, odilio gervasio. **Análise de viabilidade técnica e econômica na utilização de PVC, PPR e PEX para um projeto de instalação predial de água fria.** Palhoça, SC: Universidade do Sul de Santa Catarina, 2019. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/4758/1/TCC%20II%20-%20FELIPE%20ANDRADE%20E%20ODILIO%20SILVEIRA%20-%20ENTREGA%20FINAL.pdf>. Acesso em: 20/04/2023.

Tipos de tubos: PVC, CPVC, PPR, PEX, PVC Esgoto! Fórum da Construção, [2017]. Disponível em: <http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=27&Cod=1965>. Acesso em: 10/04/2023.

Tubos e conexões: PEX. Disponível em: <https://www.lojamerccom.com.br/tubo-pex-16mm-1m---tigre---300000775/p>. Acesso em: 06/10/2023.

Tubos e conexões: PVC. Disponível em: <https://www.lojamerccom.com.br/tubo-soldavel-1m-tigre---10120209-1m/p?skuId=2080603570>. Acesso em: 06/10/2023.