

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS DO SERTÃO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

FELIPE BARBOSA DE LIMA

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE PROJETOS HIDRÁULICOS UTILIZANDO PVC
E PEX EM EDIFÍCIO RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR**

DELMIRO GOUVEIA – AL

2022

FELIPE BARBOSA DE LIMA

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE PROJETOS HIDRÁULICOS UTILIZANDO PVC
E PEX EM EDIFÍCIO RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao curso de Engenharia Civil da Universidade
Federal de Alagoas - UFAL, Campus do Sertão,
como pré-requisito para a obtenção do Título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Dr. Odair Barbosa de Moraes

DELMIRO GOUVEIA – AL

2022

Catálogo da biblioteca

Catálogo na fonte

Universidade Federal de Alagoas

Biblioteca do Campus Sertão

Sede Delmiro Gouveia

Bibliotecária responsável: Renata Oliveira de Souza CRB-4/2209

L732e Lima, Felipe Barbosa de

Estudo comparativo entre projetos hidráulicos utilizando PVC e PEX em edifício residencial multifamiliar / Felipe Barbosa de Lima. - 2023.

61 f. : il.

Orientação: Odair Barbosa de Moraes.

Monografia (Engenharia Civil) – Universidade Federal de Alagoas. Curso de Engenharia Civil. Delmiro Gouveia, 2023.

1. Construção civil. 2. Projeto hidráulico. 3. Hidráulica. 4. Instalações hidrossanitárias. 5. Edifício residencial. 6. Policloreto de Vinila – PVC. 7. Polietileno Reticulado – PEX. I. Moraes, Odair Barbosa de. II. Título.

CDU: 624.05

Folha de Aprovação

FELIPE BARBOSA DE LIMA

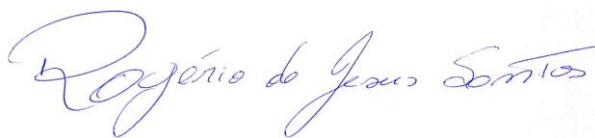
ESTUDO COMPARATIVO ENTRE PROJETOS HIDRÁULICOS UTILIZANDO PVC E PEX EM EDIFÍCIO RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à banca examinadora do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Alagoas – Campus do Sertão e aprovada em 07 de fevereiro de 2023.

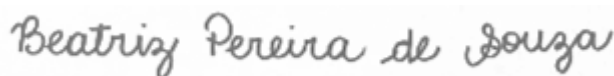
Banca examinadora:



(Orientador - Dr. Odair Barbosa de Moraes, UFAL – Campus do Sertão)



(Examinador Interno – Prof. MSc. Rogério de Jesus Santos)



(Examinador Externo – Eng. Beatriz Pereira de Souza, UFPE – Centro de Tecnologia e Geociências)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por todas as bênçãos, livramentos e conhecimento concedido durante essa jornada longe de casa. Agradeço aos meus pais Maria e Jelson (*in memoriam*), à minha irmã Mariana e à minha namorada Bruna por todos os conselhos e apoio incondicional durante esse período extremamente importante para meu desenvolvimento pessoal e profissional.

Agradeço aos meus irmãos com quem convivi bons anos de estudos e aventuras: Ailton, Anthony, Beatriz, Ewerton, Guilherme, Islas, João, Laura, Leonardo, Micael, Murilo, Nathan e Noé. Sem vocês provavelmente não teria conseguido nem seria a pessoa que sou hoje. Agradeço também a todo corpo docente e aos colegas universitários.

RESUMO

O maior avanço nas instalações hidrossanitárias ao longo dos anos foi a substituição dos tubos de ferro pelos tubos de plástico. Em meados dos anos de 1990, chegaram ao mercado o Polipropileno Copolímero Random (PPR) e o Polietileno Reticulado (PEX). O PEX surge como alternativa viável para empreendimentos que além da água fria, também utilizam água quente, oferecendo maior produtividade, montagem ágil, redução na quantidade de peças, economia de custos de mão de obra e menor índice de manutenções pós-obra. No entanto, apesar das vantagens, nota-se o pouco uso desta tecnologia no cotidiano das construções. Neste sentido, este trabalho busca contribuir para o entendimento das possíveis barreiras que este material encontra para uma melhor difusão do seu uso. Diante disso, esse estudo apresenta a comparação entre tubulações PVC e PEX, a fim de que as vantagens decorrentes da utilização da tubulação PEX proporcionem maior visibilidade do produto no mercado como alternativa para sistemas hidráulicos prediais. Para isso, a metodologia faz uso da concepção do projeto e do dimensionamento das tubulações PVC e PEX para analisar e comparar os resultados, além do levantamento de quantitativos para obter o melhor orçamento. O traçado presente no projeto preliminar foi o mesmo para os dois sistemas, devido a presença de shafts previstos na estrutura da edificação, além de facilitar o dimensionamento e o levantamento quantitativo. Vale destacar que o PEX apresenta redução no número de itens presentes no projeto quando comparado ao sistema convencional, devido à não necessidade de algumas conexões, resultando em 122 peças a menos. Apesar de apresentar um maior custo dos materiais, superando o PVC em R\$6.922,45, o sistema PEX revela uma redução de 32,31% na perda de carga total em relação ao PVC, consequentemente concedendo uma maior pressão disponível residual para os pontos de consumo.

Palavras-chave: Instalações hidrossanitárias; PVC; PEX; água fria; perda de carga.

ABSTRACT

The biggest advance in hydrosanitary installations over the years was the replacement of iron pipes to plastic pipes. In the mid-1990s, Random Copolymer Polypropylene (PPR) and Reticulated Polychloride (PEX) arrived on the market. The PEX emerges as a viable alternative for enterprises that, besides cold water, also use hot water, offering greater productivity, agile assembly, reduction in the number of parts, cost savings of labor and lower rate of post-work maintenance. However, despite the advantages, it is noted the little use of this technology in everyday construction. In this sense, this work seeks to contribute to the understanding of the possible hurdles that this material encounters for a better diffusion of its use. Therefore, this study presents a comparison between PVC and PEX pipes, with the objective that the advantages resulting from the use of PEX pipes provide greater visibility of the product in the market as an alternative for predial hydraulic systems. For this, the methodology makes use of the project's conception and the sizing of the PVC and PEX pipes to analyze and compare the results, besides the quantitative survey to obtain the best budget. The layout present in the preliminary project was the same for both systems, due to the presence of shafts expected in the building's structure, besides facilitating the sizing and the quantitative survey. It is worth noting that the PEX presents a reduction in the number of items present in the project when compared to the conventional system, due to the non-need of some connections, resulting in 122 fewer pieces. Although it presents a higher cost of materials, the PEX system presents a considerable reduction in the total loss of load about PVC, consequently conceding a higher residual available pressure for the consumption points.

Keywords: Hydrosanitary installations; PVC; PEX; cold water; loss of load.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Execução de instalações de tubos e conexões soldáveis.....	23
Figura 2 - PEX monocamada	25
Figura 3 - PEX multicamadas.....	26
Figura 4 - Instalação do sistema PEX ponto a ponto	29
Figura 5 - Montagem da tubulação PEX por crimpagem.	30
Figura 6 - Ferramentas para instalação do PEX	31
Figura 7 - Bobinas de PEX.....	32
Figura 8 - Nomograma de pesos, vazões e diâmetros.....	36
Figura 9 - Conexões de PVC	37
Figura 10 - Conexões PEX.....	40
Figura 11 - Vista 3D do Projeto Arquitetônico da Edificação	42
Figura 12 - Planta Baixa.....	43
Figura 13 - Vista em corte da Instalação Hidráulica Preliminar PVC	43
Figura 14 -Vista 3D do Projeto Hidráulico PVC.....	44
Figura 15 -Vista 3D do Projeto Hidráulico PEX.....	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Propriedades do Tubo PEX monocamada	26
Tabela 2 - Propriedades do Tubo PEX multicamada	26
Tabela 3 - Pesos relativos nos pontos de utilização identificados em função do aparelho sanitário e da peça de utilização	35
Tabela 4 - Perda de carga em conexões: comprimento equivalente para tubo liso	38
Tabela 5 - Raio mínimo de curvatura	39
Tabela 6 - Comprimentos virtuais	41
Tabela 7- Quantitativos do PVC.....	46
Tabela 8 - Quantitativos do PEX.....	46
Tabela 9 - Orçamento do PVC, Arapiraca Material de Construção Ltda	47
Tabela 10 - Orçamento do PVC, Sinapi.....	48
Tabela 11 - Orçamento do PVC, Carajás	48
Tabela 12 - Orçamento do PEX, Astra	49

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Vantagens e desvantagens do sistema PVC.....	50
Quadro 2 - Vantagens e desvantagens do sistema PEX.....	51

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CPVC	Policloreto de Vinila Clorado
NBR	Norma Brasileira
ONU	Organizações das Nações Unidas
PEX	Polietileno Reticulado
PPR	Polipropileno Copolímero Random
PVC	Policloreto de Vinila

Sumário

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Considerações iniciais	13
1.2 Justificativa	14
1.3 Objetivos	14
1.3.1 Objetivo geral	14
1.3.2 Objetivos específicos	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1 Inovações tecnológicas no contexto da construção civil brasileira	15
2.2 Abastecimento de água e instalações hidráulicas	18
2.3 Policloreto de vinila (PVC)	21
2.4 Polietileno reticulado (PEX)	24
3 METODOLOGIA	34
3.1 Concepção do projeto	34
3.2 Dimensionamento das tubulações	34
3.2.1 Policloreto de vinila (PVC)	34
3.2.2 Polietileno reticulado (PEX)	39
3.3 Análise e comparação dos resultados	41
3.4 Levantamento de quantitativos e orçamento	41
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	42
4.1 Concepção do projeto	42
4.2 Análise e comparação dos resultados	45
4.3 Levantamento de quantitativos e orçamento	45
5 CONCLUSÃO	52
5.1 Sugestões para trabalhos futuros	52
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53
APÊNDICE A - Dimensionamento PVC	56
APÊNDICE B - Dimensionamento PEX	57
APÊNDICE C – PRANCHA PAVIMENTO TIPO E DETALHES	58
APÊNDICE D – PRANCHA ÁGUA FRIA - BANHEIRO	59
APÊNDICE E – PRANCHA ÁGUA FRIA - COZINHA E ÁREA DE SERV.	60

1 INTRODUÇÃO

1.1 Considerações iniciais

Diante da necessidade de aprimoramentos em todas as etapas da construção civil, o mercado é pressionado a desenvolver novas tecnologias capazes de proporcionar sustentabilidade, rápida execução, melhor qualidade, menores custos, entre outros requisitos. No que se refere aos sistemas prediais hidráulicos e sanitários, a evolução de materiais e técnicas é expressiva e capaz de promover tecnologias acessíveis.

A introdução de inovações tecnológicas, seja no processo ou no produto, nos meios de produção apresenta-se como uma solução eficaz na redução dos custos e de mão de obra, como também no incremento de qualidade exigido pelas novas especificações de desempenho das edificações (MOURA, 2015).

Olive e Pereira (2018) afirmam que uma edificação não se limita às armações de estruturas metálicas, à alvenaria, aos sistemas elétricos e revestimentos; existem ainda os sistemas prediais de água fria, água quente, esgotos e águas pluviais, entre outros, que possibilitam a utilização plena das edificações pelos seus respectivos moradores ou ocupantes. Desta forma, as instalações prediais de distribuição de água surgem na construção civil pela necessidade de garantir o fornecimento de água potável, com níveis de conforto e qualidade satisfatórios às condições de utilização, configurando uma ligação da rede pública de abastecimento de água e os dispositivos finais dos consumidores (SÁ, 2012).

É indiscutível que o maior avanço nas instalações hidrossanitárias ao longo dos anos foi a substituição dos tubos de ferro pelos tubos de plástico. Antes de 1970, era predominante o uso do ferro galvanizado. Entre os anos de 1970 e 1980, surgiu o Policloreto de Vinila (PVC) marrom para água fria e tubos de cobre para o transporte de água quente. No início da década de 1980, sucedeu o uso de tubos de material plástico resistentes à água quente, o Policloreto de Vinila Clorado (CPVC) que possui todas as características inerentes ao PVC, adicionando-se a resistência à condução de líquidos sob pressão e a altas temperaturas.

Em meados dos anos de 1990, chegaram ao mercado o Polipropileno Copolímero Random (PPR) e o Polietileno Reticulado (PEX) para a condução tanto de água fria como de água quente em instalações prediais. Atualmente, o mercado oferece os tubos em PEX multicamada, que apresentam forma estável e barreira de oxigênio graças à presença do alumínio.

O PEX surge como alternativa viável para empreendimentos que além da água fria, também utilizam água quente, oferecendo maior produtividade, montagem ágil, redução na quantidade de peças, economia de custos de mão de obra e menor índice de manutenções pós-obra. No entanto, apesar das vantagens, nota-se o pouco uso desta tecnologia no cotidiano das construções. Neste sentido, este trabalho busca contribuir para o entendimento das possíveis barreiras que este material encontra para uma melhor difusão do seu uso.

1.2 Justificativa

O estudo, a gestão e o tratamento objetivo sobre o uso de materiais e da mão de obra em qualquer indústria são imprescindíveis. Na construção civil, a mão de obra e os materiais têm relevância considerável devido ao grande volume utilizado em comparação a outros segmentos da indústria (CAVALCANTE, 2019).

Frequentemente surgem e são desenvolvidos novos materiais com o intuito de melhorar os resultados, seja aumentando a produtividade, diminuindo o custo ou melhorando a satisfação do usuário da edificação (CÂNDIDO e PEIXOTO, 2019). Diante disso, esse estudo apresenta a comparação entre tubulações PVC e PEX, a fim de que as vantagens decorrentes da utilização da tubulação PEX proporcionem maior visibilidade do produto no mercado como alternativa para sistemas hidráulicos prediais.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

Realizar o estudo comparativo entre tubulações PVC e PEX em termos de viabilidade técnica e custo do material do sistema hidrossanitário de uma edificação residencial.

1.3.2 Objetivos específicos

- Dimensionar e projetar o sistema hidrossanitário em PVC e PEX;
- Realizar o levantamento de projeto hidrossanitário em PVC e PEX;
- Realizar o comparativo de custo dos materiais necessários para a implementação do projeto em PVC e em PEX.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Inovações tecnológicas no contexto da construção civil brasileira

A história da construção civil está atrelada ao desenvolvimento da sociedade e seu advento ocorreu diante da necessidade do homem de se proteger de animais selvagens e dos fenômenos naturais, bem como organizar o espaço em que vive.

Desse modo, surgiram novas incumbências sociais com o crescimento da população, como a expansão territorial, a interligação entre cidades por meio de estradas e/ou pontes, a geração de energia elétrica, o tratamento de esgoto, o abastecimento de água, entre outros. Essas demandas impulsionaram a concepção de novos materiais, ferramentas e técnicas de construção a fim de proporcionar melhoria nas edificações.

É indiscutível que a infraestrutura interfere diretamente na qualidade de vida dos indivíduos. Durante muito tempo, determinados serviços, como a água tratada, a coleta e o tratamento de esgoto, não recebiam a devida atenção. Embora sejam considerados fundamentais, esses serviços não estão acessíveis a uma boa parte da população. Do mesmo modo que acontece atualmente; no passado, a parcela que não usufruía dessas atividades referia-se às classes menos favorecidas e ações só eram executadas no caso da existência de um grande problema (BRANDÃO, 2010).

Vale ressaltar que as Organizações das Nações Unidas através dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável apresentaram a universalização desses serviços em um dos objetivos: garantir a disponibilidade e a gestão sustentável da água potável e do saneamento para todos até 2030. Outro objetivo que merece destaque é construir infraestruturas resilientes, promover a industrialização inclusiva e sustentável e fomentar a inovação (ONU, 2022).

De acordo com Cândido e Peixoto (2019), busca-se tornar os processos construtivos cada vez mais sustentáveis, rápidos e limpos. No entanto, muitos desses processos ainda são altamente poluidores para a natureza e para a população. Diante disso, alternativas eficazes surgem gradualmente, permitindo uma evolução em todas as etapas construtivas, da fundação ao acabamento.

A indústria da construção foi instituída no Brasil na segunda metade do século XX, como uma indústria manufatureira com algumas especificidades e com o emprego intensivo de mão de obra. Entretanto, grande parcela da construção de edifícios seguiu sendo executada com

baixa produtividade e com elevado desperdício de materiais, mesmo com os esforços para racionalizar e industrializar as obras (FABRICIO, 2013).

Segundo Ferreira (2014), atualmente o que incentiva a industrialização do setor no Brasil é a internacionalização da economia, com a participação no mercado de empreendedores estrangeiros. Em contrapartida, o país se encontra atrasado quando se trata desta "evolução" do setor. Apesar de haver mercado para a industrialização da construção civil, existem empecilhos como falta de mão-de-obra qualificada e até mesmo o preconceito do consumidor final.

Por outro lado, Melhado (2001) afirma que embora seja considerado um setor atrasado nos meios industriais, a construção civil brasileira tem manifestado, nos últimos anos, mudanças contínuas e crescente em direção a um estágio mais elevado de evolução como indústria, realizando esforço intenso de padronização de seus procedimentos de execução e controle, tencionando o aumento da eficiência de produção.

O avanço gradual da industrialização da construção civil vem tornando o consumidor mais habituado com o tipo de edificação resultado do uso dos sistemas industrializados e fazendo com que o trabalhador do setor adquira conhecimento e experiência para a execução de obras utilizando esses sistemas (FERREIRA, 2014).

Devido às transformações que vem acontecendo no setor da construção civil, é evidente que os profissionais e as empresas desse ramo devem se adequar a utilização de técnicas e ferramentas inovadoras a fim de entregar resultados com níveis maiores de produtividade e menores de desperdícios. Para Fabricio (2013), se a atividade final de construção ainda não se industrializou, os fabricantes de vários materiais passaram por um intenso processo de industrialização, modernização e inovação, ao longo da segunda metade do século XX e início do século XXI.

Progressivamente as empresas construtoras brasileiras se veem obrigadas a adotar inovações tecnológicas que aumentem sua produtividade, racionalizem processos construtivos, reduzem o consumo de materiais e otimizem o serviço através de um melhor aproveitamento dos mesmos, além de promover a dignificação dos operários com condições seguras na realização das atividades (FRANCKLIN JUNIOR e AMARAL, 2008).

Ferreira (2014) cita como vantagens da industrialização do setor da construção civil: maior rapidez na conclusão da obra, eliminação de custos indiretos de difícil contabilização, maior qualidade de material, substituição de mão de obra manual por mecanizada, rastreabilidade de processos, canteiro de obra mais limpo e organizado.

Em suma, a industrialização da construção civil consiste em transformar os canteiros de obras em sede de produção de sistemas industrializados com alta produtividade aliada a qualidade e tecnologia. Além disso, é possível reduzir o impacto no meio ambiente e o desperdício de material, consequentemente, diminuição nas despesas.

A introdução e disseminação de inovações tecnológicas na indústria da construção civil, de acordo com Aro e Amorim (2004), são semelhantes a qualquer outro setor industrial. Apesar disso, a particularidade do setor está na resistência dos profissionais envolvidos em assumir os riscos da incerteza em mudar a sua conjuntura. Os autores destacam que essa resistência somada à estrutura multidisciplinar nos projetos que, ocasionalmente resulta no envolvimento de várias empresas, e a dependência do setor quanto à pesquisa de novos materiais e equipamentos, faz com que a construção civil não se modernize no ritmo dos outros setores produtivos.

Francklin Junior e Amaral (2008) ressaltam que o uso de inovações se destaca como uma via importante para que as empresas construtoras alcancem um diferencial frente a concorrência e vantagens competitivas sobre a mesma, agregando maior eficiência em suas atividades produtivas. Além da maior lucratividade, pode proporcionar às empresas uma melhoria na qualidade do produto final e tudo isto a um custo inferior de produção (ARO e AMORIM, 2004).

Em consequência da industrialização e do uso de novas tecnologias no setor, todos os anos são apresentados novos produtos, *softwares* e normas capazes de abranger todas as etapas da construção. Com isso, em boa parte dos casos, a obra torna-se mais limpa e mais eficaz no quesito problemas e defeitos. Nota-se, a necessidade em se adaptar ao novo e evoluir juntamente com o meio (CÂNDIDO e PEIXOTO, 2019).

Como mencionado anteriormente, a aplicação de inovações tecnológicas e de novos sistemas construtivos tem ganhado maior relevância nos últimos anos como solução para a redução de custos e aumento de produtividade da mão de obra. Quanto às instalações hidráulicas e sanitárias, o desenvolvimento dos materiais e métodos de execução é significativa, com diversas tecnologias presentes e acessíveis no mercado (CAVALCANTE, 2019).

Moreira (2010) afirma que no que diz respeito às instalações hidráulicas e sanitárias, as exigências crescem quanto a: projetos integrados; racionalização da mão de obra; lucratividade condicionada pela redução de custos; redução da quantidade de entulho; projetos voltados para produção; otimização de custos; qualidade em todas as fases da obra; industrialização.

2.2 Abastecimento de água e instalações hidráulicas

Quando se trata de reconhecimento do indivíduo, Souza (2011) considera que um marco para a sociedade foi disponibilizar o acesso à água potável dentro das residências. Para isso, foram utilizados dois sistemas associados: o sistema de abastecimento de água da rede, que percorre, principalmente, os espaços públicos transportando a água até o início da edificação; e posteriormente as instalações hidráulicas, que são responsáveis pela distribuição da água para pontos e ambientes específicos da edificação.

O conceito de abastecimento de água é relativamente novo. O desenvolvimento das instalações prediais iniciou-se a partir da segunda metade do século XIX, há aproximadamente 140 anos, porém foi apenas no século XX que foram estudados e analisados os fenômenos hidráulicos e pneumáticos (LANDI, 1993).

A demanda por água é tão grande, que desde as mais antigas civilizações, constata-se que esses povos preferiam se desenvolver próximos aos cursos d'água para maior facilidade no abastecimento da água para o consumo humano (CREDER, 2006). Souza (2011) alerta que o correto abastecimento evita que doenças se proliferem, além de trazer mais dignidade à população da região.

Com o desenvolvimento da sociedade, das técnicas de construção e do modo que o ser humano vive, tornou-se fundamental a existência de estratégias para abastecer a população com água tratada, bem como a adoção de inovações tecnológicas capazes de proporcionar instalações mais rápidas, maneiras mais econômicas de utilização, formas de captação que não degradem o meio ambiente, pois a água é um recurso natural finito, além de várias outras precauções que se deve considerar ao realizar um estudo para execução de um projeto hidráulico (OLIVE e PEREIRA, 2018).

Consoante Borsato e Back (2015), as construtoras não enfatizam o sistema das instalações hidrossanitárias e sua execução, por esse motivo deparam-se com problemas básicos, como produtividade e custo. A execução desse sistema com qualidade dar-se-á em função da elaboração de um projeto por um profissional especializado e a compatibilização do mesmo com os demais projetos envolvidos na construção. A harmonização com os demais projetos faz com que não sejam necessárias alterações durante a execução.

À vista disso, quando se trata do transporte de fluidos, várias condições demandam atenção. O custo desta etapa em um empreendimento, sua execução, as possíveis falhas, os profissionais capacitados e os materiais a serem utilizados são alguns deles. Diante da oferta de

produtos apresentados pelo mercado, são necessárias avaliações e comparações quanto ao custo/benefício de cada item (CÂNDIDO e PEIXOTO, 2019).

Os principais materiais utilizados para o transporte de água eram o chumbo e o cobre. Mediante a evolução de pesquisas na área, bem como a preocupação com os aspectos higiênicos, novos materiais foram desenvolvidos para serem utilizados nas instalações hidráulicas prediais (SOUZA, 2011). Brandão (2010) elucida que ao longo dos anos, foram feitas verificações de que alguns materiais não estavam apresentando o desempenho esperado para esta área. Dessa maneira, alguns foram substituídos e outros tiveram suas áreas de aplicação ampliadas.

O maior avanço dos sistemas prediais hidráulicos e sanitários ao longo do tempo foi à substituição dos antigos tubos de ferro pelos tubos de plástico de Policloreto de Vinila (PVC), que atendem a requisitos de durabilidade e necessidade de manutenção, além dos requisitos de desempenho do material anterior. Com essa mudança, surgiram uma série de peças e acessórios que facilitam o projeto e sua execução (ARO e AMORIM, 2004).

Conforme Moreira (2010) descreve, existem diversas tecnologias construtivas que podem ser adotadas para executar as instalações hidrossanitárias, todavia sua escolha tem influência de inúmeros fatores, que devem ser levados em consideração, tais como: custos, prazos, rentabilidade, entre outros. O profissional além de verificar a viabilidade operacional para sua obra, também analisa a limitação do custo final, frequentemente não se atentando quanto ao futuro da edificação no quesito sustentabilidade da mesma.

Vale ressaltar que, para que o emprego de determinado produto seja tecnicamente executável nas instalações hidrossanitárias, é imprescindível que o mesmo respeite as condições estabelecidas no dimensionamento do sistema, como pressão, diâmetro e temperatura. Os materiais mais recentes para instalações de água fria e quente, esgoto e gás disponíveis no mercado são os mais utilizados na construção civil e foram desenvolvidos a fim de melhorar a qualidade, facilidade e eficácia, garantindo o conforto para seus usuários, evitando futuras manutenções que possam vir a comprometer as edificações (BRANDÃO, 2010).

Borsato e Back (2015) salientam que a falta de mão de obra qualificada ou até mesmo a negligência dos funcionários, que frequentemente executam improvisações por contra própria, são capazes de transformar algumas instalações em futuras manifestações patológicas. Portanto, é imprescindível, a fim de garantir um bom trabalho, o acompanhamento da execução e o domínio das normas de aplicações pelos profissionais que realizarão o serviço.

Atualmente, a implementação dos sistemas prediais ainda acontece, em geral, por meio do embutimento das tubulações na alvenaria. Esse procedimento acarreta a necessidade de cortes na alvenaria, o que gera uma grande quantidade de entulho e causa, consequentemente, a queda na produtividade devido a essa interferência de subsistemas (ARO e AMORIM, 2004).

No que se refere à produtividade, Matos e Paliari (2010) explicam que os sistemas prediais hidráulicos e sanitários são pouco explorados em pesquisas, principalmente, devido à quantidade de componentes que estão envolvidos na execução desses sistemas, dos diversos tipos de materiais empregados e da sua execução ser fragmentada em vários pavimentos ao mesmo tempo, no caso desses sistemas em edificações.

A inovação dentro da área de instalações hidráulicas em edificações no Brasil vem acontecendo paulatinamente. Alguns materiais se mantêm por anos no ápice do mercado, como é o caso do PVC, que demonstrou ser muito promissor em sua criação. Essa circunstância, é considerada rentável quando não há melhores alternativas disponíveis; quando se tem, no entanto, alternativas mais viáveis sendo utilizadas em larga escala em outros lugares do mundo, cabe a análise e, se a inovação for exequível, a implementação desta, consequentemente, haverá a renovação da cadeia construtiva (CÂNDIDO e PEIXOTO, 2019).

Aro e Amorim (2004) constataam que os fornecedores dos sistemas prediais hidrossanitários disponibilizam ao mercado insumos com nível de desenvolvimento relativamente avançado. Esses produtos atendem as necessidades de concepção, execução, uso e manutenção das edificações.

Com o contínuo processo de industrialização da construção civil tradicional, gerou-se inovações de construções, métodos e instalações. A demanda por praticidade e desempenho têm papel fundamental e consequentemente determinam o surgimento de novas tecnologias, e nas instalações hidráulicas não é diferente. Em busca de solucionar alguns pontos mais vulneráveis, como as conexões e a vida útil das tubulações, o mercado empenhou-se em desenvolver produtos viáveis com maior eficácia e produtividade. Dessa maneira, surgiram vários tipos de tubos e conexões, como PPR (Polipropileno Copolímero Random), o tradicional PVC (Policloreto de Vinila) e o PEX (Polietileno Reticulado) (POSSAMAI e BACK, 2012).

Diante do aumento na variedade de materiais disponíveis no mercado para os sistemas prediais hidráulicos e sanitários, manifesta-se o questionamento a respeito do tipo de tubulação com maior viabilidade técnica e econômica para as edificações. À vista disso, as semelhanças e divergências entre o PVC e o PEX serão dissertadas a seguir.

2.3 Policloreto de vinila (PVC)

O Policloreto de Vinila (PVC) foi criado por volta do século XIX e difundiu-se na década de 30 do século XX, quando os primeiros tubos de PVC surgiram no setor da construção civil a fim de realizar um abastecimento com as características adequadas. Para atender essas características, os tubos passaram a possuir uma boa resistência química e ausência de sabor e odor (SÁ, 2012).

A ampliação da utilização de tubos de PVC intensificou-se após alguns materiais não estarem apresentando o desempenho esperado para esta área. As desvantagens das tubulações de metal se manifestaram e evidenciaram uma baixa vida útil, não atendendo a requisitos de durabilidade, além da preocupação com os aspectos higiênicos.

Brandão (2010) afirma que frequentemente são solicitadas para a infraestrutura, alternativas para captação, tratamento, distribuição de água e saneamento, que são elementos vitais para a sobrevivência e saúde dos indivíduos. Diante das condições, o PVC apresenta-se como uma boa opção, uma vez que é atóxico e completamente seguro no contato com a água de consumo humano, proporciona elevada produtividade na instalação e estanqueidade, evitando perdas e contaminação do lençol freático no caso de uso em esgotos.

O Policloreto de Vinila é constituído por cloro e etileno. Sua produção é realizada através de repetidos processos de polimerização que transformam hidrocarbonetos existentes em materiais, como o petróleo, em um único composto chamado polímero (SÁ, 2012). Atualmente, o PVC é o segundo material termoplástico mais consumido no mundo, sendo considerado o mais versátil dentre os plásticos (VINHAS, SOUTO-MAIOR e ALMEIDA, 2005).

Por ser um termoplástico, o PVC é completamente reciclável e pode ser transformado na maioria dos processos industriais de transformação, como injeção, extrusão, calandragem, sopro, entre outros. Devido à sua versatilidade, o Policloreto de Vinila pode gerar um grande número de produtos finais com uma diversidade de características, desde tubos mais rígidos a mangueiras mais flexíveis, com cores, aparências e texturas variadas. Além disso, ainda apresenta excelente relação custo/benefício, resistência à luz e bom isolamento acústico e térmico (BRANDÃO, 2010).

O PVC não é um material inflamável em consequência da presença de cloro em sua composição e não propaga chamas. Dessa forma, é frequentemente utilizado no isolamento e proteção de fios e cabos projetados para conduzir energia elétrica de baixa e média tensão. Além

disso, possui propriedades de barreira, apresentando baixa permeabilidade ao oxigênio e ao gás carbônico (BRASKEM, 2021).

Este é um material leve e inerte, que possui ampla aplicação, pois se adapta a diversos usos, desde a construção civil a embalagens, calçados, itens médico-hospitalares, entre outros. Esse vasto espectro de aplicações é justificável devido ao fato de que o PVC, por ser composto de molécula parte polar e parte apolar, tem afinidade com inúmeros aditivos. A quantidade e as características desses aditivos definem se o produto final será um polímero extremamente rígido e/ou opaco para ser utilizado na construção civil, ou consideravelmente flexível e/ou transparente para ser usado em embalagens alimentícias (LIMA, 2010).

Os produtos fabricados com PVC apresentam uma extensa vida útil, o que viabiliza sua aplicação em bens duráveis. Não obstante, o PVC destaca-se como o material mais utilizado para instalações hidráulicas, em razão de algumas características, como o baixo custo, a boa resistência química e a baixa tendência ao entupimento. Este último fator foi determinante para a substituição de tubulações de metal (BRANDÃO, 2010).

A instalação dos tubos de PVC não necessita de mão de obra especializada e se dá por meio de soldas a frio utilizando cola. Além disso, todos os materiais e itens são facilmente encontrados no mercado, por ser considerado, segundo Olive e Pereira (2018), o sistema convencional de abastecimento hidráulico. Cândido e Peixoto (2019) acrescentam que o PVC atende às construções de pequeno, médio e grande porte, graças a fatores como a fácil execução.

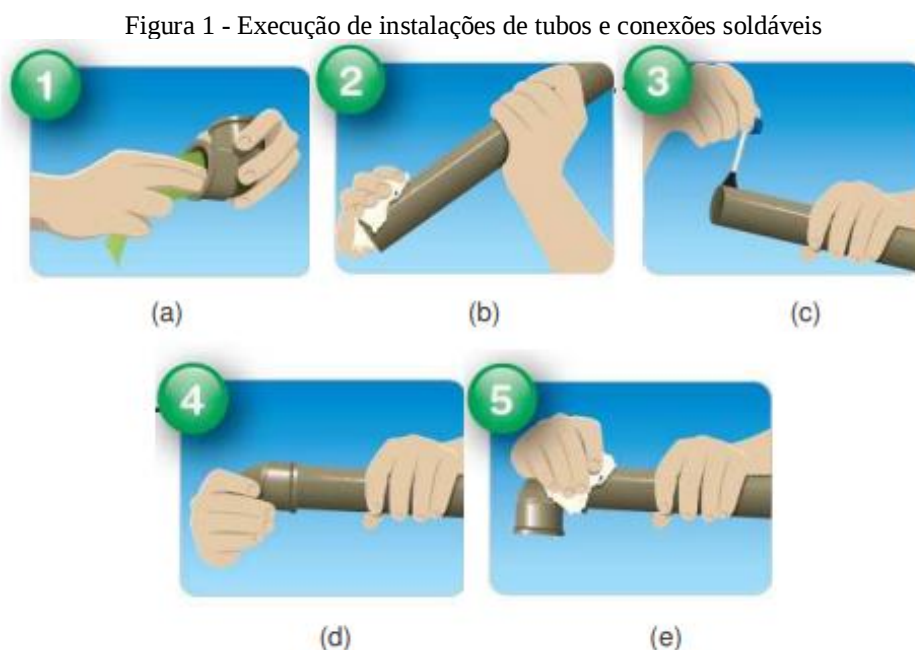
Resumidamente, as principais características da utilização dos tubos de PVC são: alta resistência química; inalterabilidade do gosto/odor; elevada produtividade na instalação e estanqueidade; dispensa utilização de ferramentas especializadas para a instalação; excelente relação custo/benefício; atóxico; leve; inerte; versatilidade; alta durabilidade; ampla variedade de diâmetros no mercado; inflamável e não propaga chamas; reciclável; propriedade de barreira (pequena permeabilidade ao oxigênio e gás carbônico); excelente isolante térmico, elétrico e acústico; resistência à luz; resistência a ação de fungos, bactérias, insetos e roedores.

Brandão (2010) ressalta que em função da grande quantidade de vantagens alcançadas com a utilização do PVC, esse material apresenta alta visibilidade no Brasil e no mundo, visto que o setor da construção civil absorve 73% da sua produção total.

Os tubos de PVC são normatizados por algumas normas técnicas, dentre elas destacam-se, principalmente, NBR 5626 (ABNT, 2020): Sistemas prediais de água fria e água quente – Projeto, execução, operação e manutenção; NBR 5648 (ABNT, 2018): Tubos e conexões de

PVC-U com junta soldável para sistemas prediais de água fria – Requisitos; e NBR 5680 (ABNT, 1977): Dimensões de tubos de PVC rígido.

Os métodos executivos de instalações das tubulações de PVC são popularmente conhecidos no setor da construção civil e, geralmente, os fabricantes disponibilizam o manual com os procedimentos adequados. Na Figura 1, é possível identificar os processos empregados para execução de instalações com tubos e conexões soldáveis.



Fonte: Catálogo Predial Amanco, 2010.

Em seu catálogo da linha predial, Amanco (2010) recomenda iniciar com o preparo dos produtos. Nesta etapa inicial, faz-se necessário cortar o tubo no esquadro e chanfrar a ponta; em seguida, tirar o brilho das superfícies a serem soldadas (ponta do tubo e bolsa da conexão) com uma lixa d'água a fim de melhorar a aderência na soldagem (Figura 1a). A etapa seguinte dar-se-á pela limpeza das superfícies para eliminar as impurezas que podem impedir a ação do adesivo, por consequência é necessário limpar as superfícies lixadas com solução limpadora. Além disso, essa etapa também prepara o PVC para a soldagem (Figura 1b).

Após a limpeza, é realizada a aplicação do adesivo plástico com pincel. É fundamental aplicar uma camada fina e uniforme de adesivo plástico na parte interna da bolsa, cobrindo apenas um terço e uma camada igual na parte externa do tubo (Figura 1c). Posteriormente, junta as duas peças, forçando o encaixe até o fundo da bolsa sem torcer (Figura 1d).

Finalmente, é executada a remoção de excessos de adesivo plástico e a peça é deixada para secar. Recomenda-se aguardar cerca de uma hora para liberar o fluxo de água e doze horas para submeter à pressão a tubulação (Figura 1e).

As instalações hidráulicas em PVC são compostas por tubos e conexões, que transportam a água desde o reservatório até o ponto de utilização dentro da residência. A fácil execução se dá devido a solda fria por meio de colas ou unidos por meio de tubulações roscáveis (OLIVE e PEREIRA, 2018).

Entre as tubulações e conexões de PVC soldáveis ou roscáveis, o sistema de junta soldável é atualmente o mais utilizado devido às vantagens que proporciona, como facilidade de execução; rapidez de montagem; economia pela redução das perdas; dispensa do uso de ferramentas especiais (POMASSAI e BACK, 2012). Por outro lado, as tubulações roscáveis são utilizadas quando são previstas possíveis mudanças na estrutura, visto que o sistema de rosqueamento facilita a troca e a manutenção (SALGADO, 2010). Além disso, os tubos podem ser brancos, que possuem espessura de parede menor e são absolutos nas instalações de esgoto, e marrons, que são de uso específico para abastecimento e distribuição de água (BRANDÃO, 2010).

Salgado (2010) reitera a recomendação de instalar os tubos de PVC dentro de paredes em alvenarias ou lugares cobertos a fim de evitar o ressecamento da tubulação, assegurando a vida útil do material. Por outro lado, essa é uma das principais desvantagens, uma vez que dificulta a manutenção em consequência da necessidade de quebrar as paredes.

Vale destacar que o PVC possui baixa resistência a alta pressão e não apresenta resistência térmica, sendo recomendado apenas o transporte de água fria, enquanto que para a condução de fluidos quentes é necessária a utilização de outros tipos de tubulações e conexões (BRANDÃO, 2010).

2.4 Polietileno reticulado (PEX)

A criação e primeiro desenvolvimento na Europa do Polietileno Reticulado (PEX) aconteceu em meados de 1970. A partir de 1984, começou a ser utilizado na América do Norte para transporte de água quente em países frios (BRANDÃO, 2010). No Brasil, chegou ao mercado com maior força a partir do final dos anos 1990, junto com o Polipropileno Copolímero Random (PPR), tornou-se alternativa de inovação tecnológica aplicada à indústria da

construção civil em relação aos materiais populares, como o PVC e o cobre (CAVALCANTE, 2019).

O PEX é derivado do polietileno, que é um polímero termoplástico formado por longas cadeias de monômero de etileno ou eteno, que sofre um processo químico denominado reticulação (POSSAMAI e BACK, 2012). Em sua composição, as fibras estão dispostas em forma de rede, o que faz com que este material adquira uma maior resistência mecânica e à temperatura. A resistência térmica do polímero passa dos 20°C suportados pelo polietileno de alta densidade (PEAD) para os 95°C, o que torna válida a sua utilização em redes de água quente (SÁ, 2012).

Há dois tipos disponíveis de tubulação PEX: monocamada e multicamada. Os tubos monocamada são fabricados de PEX de grande flexibilidade e durabilidade, e também não são afetados por aditivos derivados do cimento. Enquanto que os tubos multicamada são produzidos com uma camada de alumínio em seu interior, separada por um adesivo das partes de PEX, que é responsável por absorver a dilatação térmica (Catálogo Tigre, 2015).

A Figura 2 exibe a tubulação PEX monocamada e a Tabela 1 aborda as propriedades do tubo.

Figura 2 - PEX monocamada



Fonte: Catálogo Tigre, 2015.

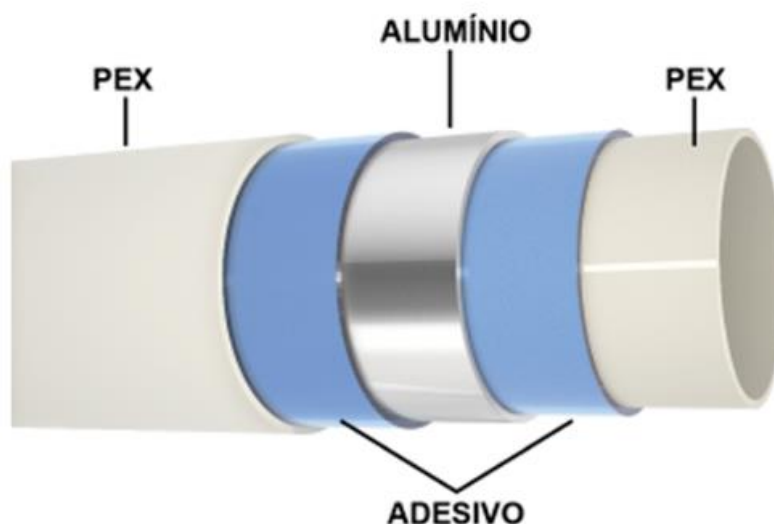
Tabela 1 - Propriedades do Tubo PEX monocamada

Propriedade do Tubo	Valor	Unidade
Coeficiente de dilatação	$1,4 \times 10^{-4}$	m/m°C
Temperatura de serviço	80	°C
Temperatura de pico	95	°C
Pressão de serviço	60	mca
Rugosidade	0,004	
Condutividade térmica	0,35	w/m°C
Densidade	938	Kg/m ³

Fonte: Catálogo Tigre, 2015.

A Figura 3 exibe a tubulação PEX multicamadas e a Tabela 2 aborda as propriedades do tubo.

Figura 3 - PEX multicamadas



Fonte: Catálogo Tigre, 2015.

Tabela 2 - Propriedades do Tubo PEX multicamada

Propriedade do Tubo	Valor	Unidade
Coeficiente de dilatação	$2,3 \times 10^{-5}$	m/m°C
Temperatura de serviço	95	°C
Temperatura de pico	110	°C
Pressão de serviço	100	mca
Rugosidade	0,004	
Condutividade térmica	0,35	w/m°C
Densidade	1470	Kg/m ³

Fonte: Catálogo Tigre, 2015.

Os dois tipos apresentam características em comum, como: o fornecimento em bobinas; a leveza do material, que facilita o transporte, a estocagem e a instalação; a baixa perda de calor em consequência da baixa condutividade térmica, que permite manter a temperatura da água por longo tempo; a alta resistência química e a corrosão; pureza e atoxicidade, visto que não transmite gosto ou odor à água. Além disso, os tubos multicamada apresentam forma estável e barreira de oxigênio graças a presença do alumínio (Catálogo Tigre, 2015).

De todas as características do PEX, segundo Possamai e Back (2012), a flexibilidade é a mais importante, pois permite fazer curvas dispensando o uso de conexões, como joelhos e cotovelos, o que é capaz de evitar vazamentos por não haver emendas. Olive e Pereira (2018) complementam que o sistema em PEX é mais vantajoso, uma vez que o projetista tem mais opções de trajetos para a tubulação devido a essa característica, podendo desenvolver um projeto com menor quantidade de tubos e que atenda todos os pontos de consumo.

Outra vantagem relacionada à flexibilidade, é o fato de apresentar menores perdas de carga em razão de não haver tantas conexões quanto nos métodos rígidos (BRANDÃO, 2010). Olive e Pereira (2018) constataram que a perda de carga total no sistema PEX é 5 vezes menor do que a perda de carga total no sistema PVC, devido ao número de conexões presentes no sistema convencional.

Destaca-se ainda que o PEX soluciona uma adversidade frequente enfrentada por residências térreas ou pavimentos próximos ao reservatório superior de empreendimentos verticais, que é a pressão disponível nestes locais. Por estarem muito próximos ao reservatório, não há um grande acúmulo de pressão, podendo acarretar em casos mais graves até a limitação do uso de alguns equipamentos que necessitam de maiores pressões (CÂNDIDO e PEIXOTO, 2019).

Ademais a utilização do PEX garante um excelente desempenho hidráulico, podendo ser utilizado além das instalações hidráulicas de água fria e água quente, em sistemas como de aquecimento solar, ar condicionado, sistema de refrigeração, dentre outros (CAVALCANTE, 2019).

Possamai e Back (2012) reiteram que para analisar a viabilidade de cada sistema de tubulação é fundamental que o dimensionamento esteja adequado. Diante disso, a fim de garantir maior segurança ao sistema, é necessário que o projeto atenda às normas e especificações dispostas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). A normatização do PEX é dada pela NBR 15939 (ABNT, 2011): Sistema de tubulações plásticas para instalações prediais de água quente e fria – Polietileno reticulado (PE-X).

A NBR 15939 (ABNT, 2011) foi dividida em três partes. A Parte 1 da referida norma trata dos requisitos e métodos de ensaio; a Parte 2 apresenta os procedimentos para projeto e a Parte 3, os procedimentos para instalação.

O sistema em PEX apresenta montagem ágil, característica que confere maior produtividade, e com isso economia com os custos de mão de obra (CAVALCANTE, 2019). O processo executivo é considerado bem simples, no entanto exige prática (POSSAMAI e BACK, 2012). Brandão (2010) aponta outra vantagem do processo, que além da montagem simples, não é necessária a utilização de fogo, como no caso do cobre, e nem de equipamento específico, como no caso do PPR, que depende de um termofusor.

Outro aspecto na utilização do Polietileno reticulado está na possibilidade de variação em sua instalação, podendo ser executada da maneira convencional, ou ponto a ponto por meio do Manifold, nome atribuído a caixa de distribuição desse sistema. A distribuição ponto a ponto assimila o mesmo fundamento de uma instalação elétrica, já que os tubos serão levados da caixa de distribuição até o ponto de consumo através de conduítes ou tubos bainhas, sem a necessidade de conexões intermediárias. (EMMETI, 2011).

A instalação se torna rápida e fácil devido a leveza dos tubos e não necessitar de muitos acessórios. Além disso, a instalação ponto a ponto do sistema permite que seja efetuado um controle independente para cada ponto de utilização. Em razão da simplicidade da execução de um projeto utilizando o sistema ponto a ponto, o tempo gasto com a obra na instalação tende a ser diminuído, fazendo com que sejam também diminuídos os custos totais da obra (SOUZA, 2011).

A Figura 4 exibe todo o esquema de uma instalação utilizando o sistema PEX ponto a ponto, com as tubulações em vermelho representando a instalação de água quente, e as tubulações em azul representando as instalações de água fria.

Figura 4 - Instalação do sistema PEX ponto a ponto



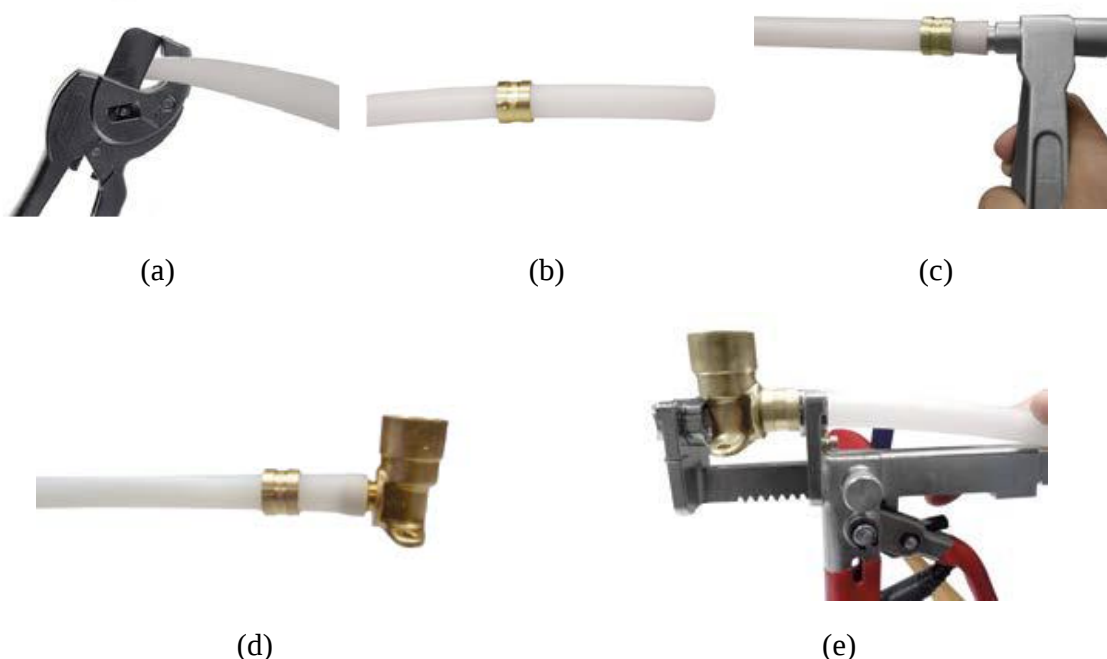
Fonte: Catálogo Tigre, 2015.

Olive e Pereira (2018) relatam que graças às propriedades do sistema PEX, é possível que seja instalado na metade do tempo em relação ao sistema convencional, uma vez que o PEX pode ser instalado por meio de trajetos mais fáceis, enquanto que o PVC deve ter as conexões realizadas em um prazo para que a solda a frio funcione corretamente.

O PEX pode ser instalado de duas maneiras: por crimpagem e por rosca. A crimpagem visa atender instalações permanentes e rosca às instalações provisórias, por permitir o reaproveitamento e fácil troca dos componentes quando necessário. É importante mencionar que as peças fixadas de forma permanente reduzem radicalmente a quantidade de vazamentos nessas ligações, fazendo com que prumadas extensas sejam muito mais duráveis e percam menos pressão ao longo do percurso (CÂNDIDO e PEIXOTO, 2019).

A Figura 5 caracteriza o processo de montagem da tubulação PEX por crimpagem

Figura 5 - Montagem da tubulação PEX por crimpagem.



Fonte: Catálogo de Produtos, 2020.

A recomendação inicial, de acordo com Emmeti (2020), é cortar o tubo com a tesoura, garantindo que o corte seja perpendicular (Figura 5a). Em seguida, é necessário introduzir o anel deslizante no tubo como na Figura 5b e alargar a extremidade do tubo com o alargador de tubos como na Figura 5c. O alargamento deverá ser realizado gradualmente, girando o alargador, expandindo progressivamente a ponta do tubo. A etapa seguinte consiste em introduzir a conexão na ponta alargada do tubo, até a última nervura da conexão (Figura 5d). Finalmente, aciona-se a prensa por pressões sucessivas até o anel deslizante encostar na conexão (Figura 5e).

Cavalcante (2019) afirma que a utilização do PEX proporciona a garantia de acessibilidade das instalações para que ocorram eventuais manutenções, com troca dos condutores de fluidos sem a necessidade de quebrar as paredes. Borsato e Back (2015) destacam que o PEX é compatível com o sistema de paredes divisórias em painéis de gesso acartonado. Além disso, o material pode ser embutido no pavimento, parede ou teto, em que a possibilidade de aplicação no pavimento é a diferença entre os restantes dos materiais normalmente utilizados nos sistemas de abastecimento de água (SÁ, 2012).

Como Brandão (2010) elucida, a manutenção em instalações hidrossanitárias prediais é uma condição importante na definição do material, visto que danos podem ser causados ao usuário quando escolhido de forma inadequada, contribuindo para o surgimento de patologias

como infiltrações por vazamentos, mas também danos à estrutura podem ser ocasionados. Dessarte, o sistema PEX oferece qualidade em relação a manutenções, por ser de fácil acesso e manuseio.

Os tubos em PEX podem ser cortados em qualquer tamanho sem que haja sobras na obra, o que resulta em menos perda de material (Catálogo Tigre, 2015). Essa característica torna este material sustentável, por não gerar muito entulho e suas tubulações serem reutilizáveis (BRANDÃO, 2010). Também, diminui a quantidade de descartes por defeitos pós-instalação dos produtos (CÂNDIDO e PEIXOTO, 2019).

No que se refere à mão de obra na instalação das tubulações PEX, a aplicação é mais reduzida em função da rapidez e facilidade de execução das conexões (CAVALCANTE, 2019). Apesar disso, a mão de obra deve ser especializada em virtude das particularidades no momento da instalação e manuseio das ferramentas próprias para execução do serviço. Em outros termos, é fundamental que o profissional que realize a instalação tenha o conhecimento adequado, diferentemente do sistema convencional onde qualquer profissional pode realizar a instalação, desde que entenda das etapas anteriores a execução (OLIVE e PEREIRA, 2018).

A Figura 6 dispõe das ferramentas específicas para execução da instalação do Sistema PEX.

Figura 6 - Ferramentas para instalação do PEX



Fonte: Catálogo Tigre, 2015.

Sinteticamente, o PEX é um material de fácil manuseio, aplicação e manutenção segundo Sá (2012). Ainda, apresenta boa resistência ao choque e a produtos químicos, elevada resistência à oxidação e boa resistência a temperaturas elevadas. Em contrapartida, suas desvantagens estão relacionadas com a sua vulnerabilidade aos raios ultravioletas, a necessidade de utilização de caixas de derivação, a sua permeabilidade aos gases e a sua baixa resistência a pressões muito elevadas.

O material é comercializado em bobinas de 100 metros e 50 metros, como ilustrado na Figura 6, com diâmetros de 16mm, 20mm, 25mm e 32mm. A pressão máxima e o coeficiente de dilatação dependem do tipo do tubo (Catálogo Tigre, 2015). Alguns fabricantes como a Astra (ASTRA, 2014), fornecem bobinas de até 200 metros para os diâmetros de 16 mm e 20 mm

Figura 7 - Bobinas de PEX



Fonte: Catálogo Tigre, 2015.

Por ser considerado uma inovação e ser pouco difundido, o PEX apresenta um custo alto por não estar disponível em qualquer local, sua aquisição é realizada diretamente com o fornecedor especializado (POSSAMAI e BACK, 2012). A compra é realizada via internet ou telefone, diferentemente do sistema convencional, que é encontrado nas menores lojas de qualquer município (OLIVE e PEREIRA, 2018).

Consoante Brandão (2010) afirma, o PEX se apresenta como uma solução mais cara, porém é excelente para aplicação de obras com prazo curto. Esse material pode ter custos

superiores em relação ao PVC. No entanto, ao se considerar todo o processo construtivo, desde materiais, mão-de-obra, equipamentos até o tempo de produção, o sistema em PEX se torna mais econômico e eficaz para o abastecimento de água fria e quente (CÂNDIDO e PEIXOTO, 2019).

Souza (2011) avalia que o PEX se sobressai no que tange às instalações hidráulicas, que além das características mencionadas, a diferença de gastos com pós obra, como vazamentos, ressecamentos, quebras, etc, é consideravelmente menor. Cândido e Peixoto (2019) incluem que a utilização do PEX proporcionou economia de gastos, mas também grande aumento na satisfação dos clientes, que após mais de um ano de uso não tiveram problemas com este tipo de instalação, que quando ocorre gera um grande desconforto e perda de credibilidade para a empresa.

O PEX vem ganhando espaço no mercado em consequência de suas características específicas. A durabilidade do PEX vale ser evidenciada, dado que a vida útil da tubulação é de 50 anos (Catálogo Tigre, 2015).

Sinteticamente, o PEX apresenta desvantagem no valor alto dos materiais e exigência de mão de obra qualificada. Entretanto esbanja vantagem quanto ao prazo de execução, à perda de carga, à pressão disponível para uso nos pontos de consumo e ao pós obra e manutenções técnicas. Brandão (2010) aponta que apesar da questão econômica, o material se apresenta como substituto dos convencionais, visando menores problemas com pós obra e tempo de execução para empreendimentos de prazos curtos.

A flexibilidade do PEX confere inúmeras vantagens, dentre elas: permite fazer curvas dispensando o uso de conexões, o que dá mais opções de trajetos para o projetista, reduzindo a quantidade de tubos; reduz consideravelmente o risco vazamentos pela grande redução no número de conexões e consequentemente apresenta menores perdas de carga. À vista disso, é um material pouco difundido, fator crucial para o aumento do custo e exigência de mão de obra qualificada, entretanto suas características garantem vantagens quanto ao prazo de execução, à perda de carga, à pressão disponível para uso nos pontos de consumo e ao pós obra e manutenções técnicas, uma vez que vazamentos, ressecamentos, quebras, etc são consideravelmente menores.

3 METODOLOGIA

Este trabalho realiza uma análise comparativa das instalações prediais utilizando PVC e PEX, desta forma partiu-se de um projeto básico para comparação dos resultados. O método utilizado é dividido nas seguintes etapas.

3.1 Concepção do projeto

A eficiência do sistema está diretamente ligada ao dimensionamento correto. Para isso, o projeto foi desenvolvido de acordo com a NBR 5626: Sistemas prediais de água fria e água quente – Projeto, execução, operação e manutenção (ABNT, 2020). Ainda, é fundamental atender as recomendações da NBR 15939: Sistema de tubulações plásticas para instalações prediais de água quente e fria – Polietileno reticulado (PE-X) em suas partes. A Parte 1 trata dos requisitos e métodos de ensaio; a Parte 2 apresenta os procedimentos para projeto e a Parte 3 aborda os procedimentos para instalação (ABNT, 2011).

3.2 Dimensionamento das tubulações

3.2.1 Policloreto de vinila (PVC)

O dimensionamento das tubulações segue as diretrizes da NBR 5626 (ABNT, 2020): Sistemas prediais de água fria e água quente – Projeto, execução, operação e manutenção. De acordo com o item 6.9.2 da referida norma:

A pressão dinâmica requerida para o adequado funcionamento da peça de utilização ou do correspondente aparelho sanitário operando com vazão de projeto pode ser obtida junto ao respectivo fabricante ou responsável pela colocação do produto no mercado nacional, ou à especificação técnica do componente. Alternativamente, pode ser obtido o fator de vazão da peça de utilização ou do aparelho sanitário, se este for constante para a faixa operacional de vazões prevista (ABNT, 2020. p. 30).

A vazão de projeto da peça de utilização ou aparelho sanitário é dada pela Equação 1

$$Q = K\sqrt{P} \quad \text{Equação 1}$$

Em que:

Q é a vazão de projeto da peça de utilização ou aparelho sanitário, expressa em litros por segundo (L/s);

K é o fator de vazão do aparelho sanitário, expresso em ($L \cdot s^{-1} \cdot kPa^{-0,5}$) com valor de 0,3;

P é o peso virtual de cada peça ou conexão dado pela Tabela 3.

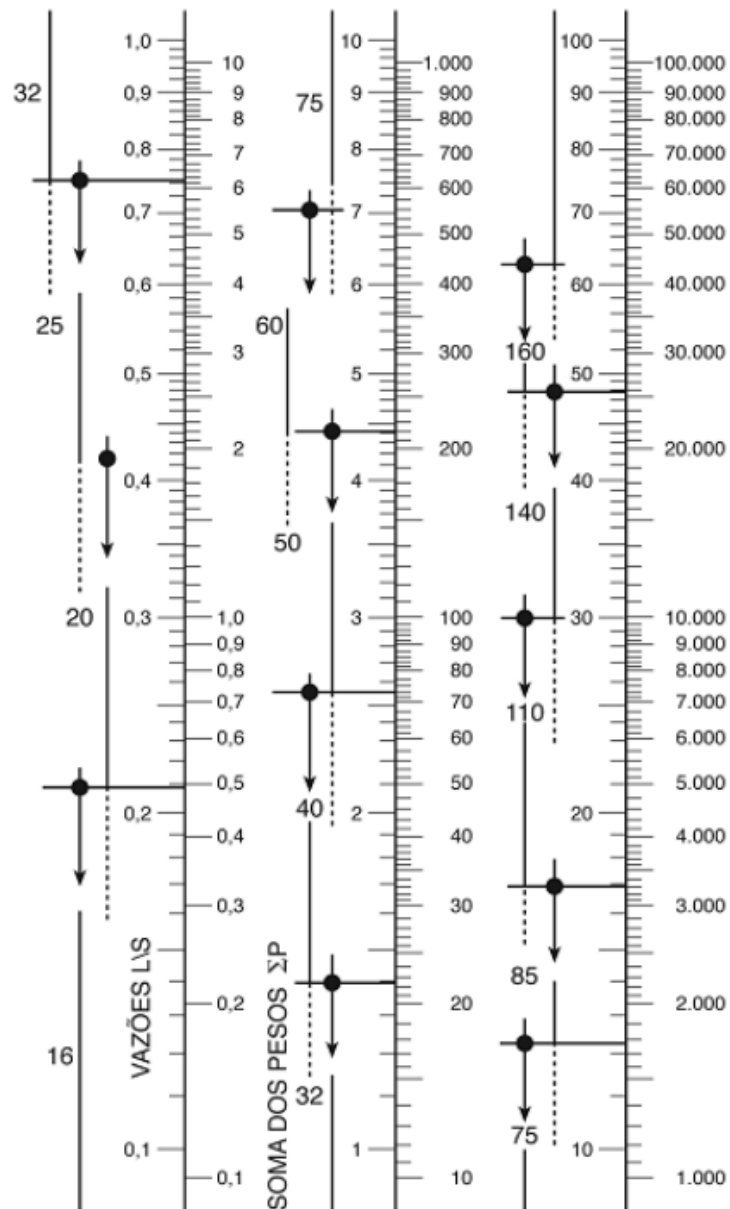
Tabela 3 - Pesos relativos nos pontos de utilização identificados em função do aparelho sanitário e da peça de utilização

Aparelho sanitário		Peça de utilização	Vazão de projeto L/s	Peso relativo
Bacia sanitária		Caixa de descarga	0,15	0,3
		Válvula de descarga	1,70	32
Banheira		Misturador (água fria)	0,30	1,0
Bebedouro		Registro de pressão	0,10	0,1
Bidê		Misturador (água fria)	0,10	0,1
Chuveiro ou ducha		Misturador (água fria)	0,20	0,4
Chuveiro elétrico		Registro de pressão	0,10	0,1
Lavadora de pratos ou de roupas		Registro de pressão	0,30	1,0
Lavatório		Torneira ou misturador (água fria)	0,15	0,3
Mictório cerâmico	Com sifão integrado	Válvula de descarga	0,50	2,8
	Sem sifão integrado	Caixa de descarga, registro de pressão ou válvula de descarga para mictório	0,15	0,3
Mictório tipo calha		Caixa de descarga ou registro de pressão	0,25	0,7
Pia		Torneira ou misturador (água fria)	0,25	0,7
		Torneira elétrica	0,10	0,1
Tanque		Torneira	0,25	0,7
Torneira de jardim ou lavagem em geral		Torneira	0,20	0,4

Fonte: Adaptado de Macintyre (2017)

A partir da vazão Q , determina-se o diâmetro do ramal em função do peso das peças supridas pela tubulação analisada. Para isso, utiliza-se o ábaco apresentado na Figura 8, que é conhecido como Nomograma de pesos, vazões e diâmetros.

Figura 8 - Nomograma de pesos, vazões e diâmetros.



Fonte: Adaptado de Macintyre (2017)

Posteriormente, a perda de carga dos ramais e sub-ramais para cada metro de tubo são calculadas e para isso utiliza-se a equação de Fair-Whipple-Hsiao para tubos lisos, representada a seguir:

$$J = 8,69 \cdot 10^6 \cdot Q^{1,75} \cdot d^{-4,75} \quad \text{Equação 2}$$

Em que:

J é a perda de carga unitária (kpa/m);

Q é a vazão estimada na seção considerada (L/s);

d é o diâmetro interno do tubo, determinado através do Nomograma (mm).

Seguidamente, é necessário quantificar as conexões (curvas, joelhos, tês, etc) determinadas na concepção do projeto, a fim de calcular a perda de carga em cada trecho de acordo com os valores para cada modelo de conexão. As principais conexões utilizadas em uma instalação de água fria predial estão enunciadas na Figura 9; enquanto que na Tabela 4, estão os valores de perda de carga em conexões.

Figura 9 - Conexões de PVC



Fonte: Catálogo Tigre, 2016

Tabela 4 - Perda de carga em conexões: comprimento equivalente para tubo liso

Diâmetro nominal Ø		Joelho 90°	Joelho 45°	Curva 90°	Curva 45°	Tê 90° passagem direta	Tê 90° saída de lado
mm	pol						
15	½	1,1	0,4	0,4	0,2	0,7	2,3
20	¾	1,2	0,5	0,5	0,3	0,8	2,4
25	1	1,5	0,7	0,6	0,4	0,9	3,1
32	1 ¼	2,0	1,0	0,7	0,5	1,5	4,6
40	1 ½	3,2	1,3	1,2	0,6	2,2	7,3
50	2	3,4	1,5	1,3	0,7	2,3	7,6
60	2 ½	3,7	1,7	1,4	0,8	2,4	7,8
75	3	3,9	1,8	1,5	0,9	2,5	8,0
100	4	4,3	1,9	1,6	1,0	2,6	8,3
125	5	4,9	2,4	1,9	1,1	3,3	10,0
150	6	5,4	2,6	2,1	1,2	3,8	11,1

Fonte: Adaptado de Macintyre (2017)

Através da soma da perda de carga dos tubos e das conexões nos trechos analisados, encontra-se a perda de carga máxima em cada trecho ($J_{máx}$) com o auxílio da Tabela 4.

Seguindo os critérios estabelecidos pela NBR 5626, é fundamental a identificação do trecho de tubulação, a soma dos pesos relativos de todas as peças, a vazão estimada, diâmetro, a velocidade da água no interior da tubulação, a perda de carga unitária, diferença de cota, a pressão disponível, o comprimento real e equivalente dos tubos, perda de carga na tubulação e nas conexões, perda de carga total, pressão disponível residual e a pressão requerida no ponto de utilização.

Após definir a velocidade da água e sua pressão em cada trecho da tubulação, seguindo as orientações da NBR 5626, deve-se verificar se o dimensionado atende algumas exigências como, que a velocidade não ultrapasse 3 m/s e que a pressão esteja no intervalo entre os valores definidos para mínimo e máximo. Pressão inferior a 10 *kPa* não é permitida nas tubulações, a não ser quando há bacia sanitária (pressão mínima de 5 *kPa*), ou quando se possui válvula de

descarga (pressão mínima de 15 *kPa*). Por sua vez, o valor máximo para pressão em tubulações estáticas não deve exceder 400 *kPa*.

3.2.2 Polietileno reticulado (PEX)

O dimensionamento das tubulações PEX é similar ao dimensionamento das tubulações em PVC e segue recomendações da ABNT NBR 15939/2011. Com isso, deve-se obter os comprimentos reais das tubulações e os comprimentos equivalentes das peças; em seguida é feito o somatório desses valores que deve ser multiplicado pelo fator de perda de carga por metro de tubulação.

Vale mencionar que o PEX se torna mais viável devido à redução do número de peças dispensando a necessidade do uso de conexões, justificada pela flexibilidade do tubo que permite a realização de curvatura nas tubulações, sem o auxílio de peças. Além disso, a rugosidade desse material é menor, em consequência disso os valores das perdas são consideravelmente menores.

No sistema PEX, é necessário verificar a relação entre o raio de curvatura R e o diâmetro do tubo D . Sendo assim, para que seja possível a utilização do próprio tubo em uma curvatura sem o auxílio de conexões, é necessário a análise através da Equação 3:

$$\frac{R}{D} \geq 8 \quad \text{Equação 3}$$

Em que:

R é o raio de curvatura (mm);

D é o diâmetro do tubo (mm);

A Tabela 5 disposta a seguir apresenta os valores do raio mínimo de curvatura do tubo PEX Tigre Monocamada.

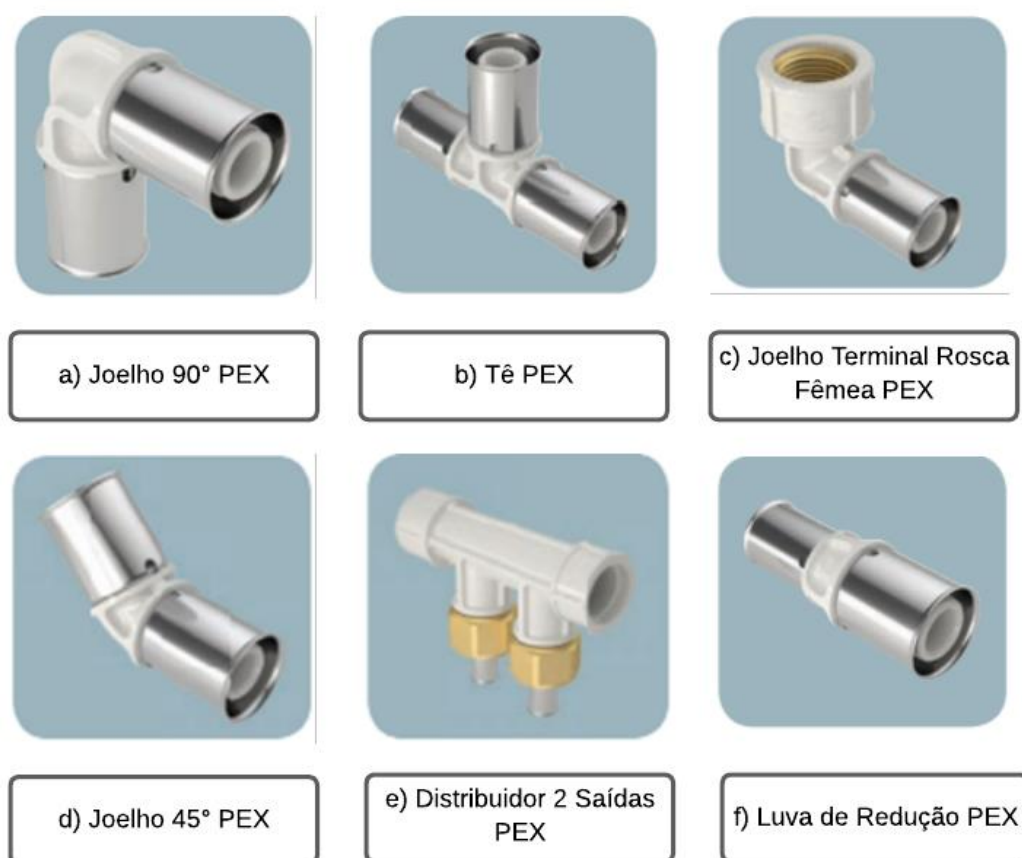
Tabela 5 - Raio mínimo de curvatura	
Diâmetro (mm)	Raio de Curvatura (mm)
16	65
20	100
25	120
32	160

Fonte: Catálogo Tigre, 2015.

É possível que a vida útil da tubulação não atinja o período mínimo de 50 anos, caso essa relação não seja confirmada de maneira positiva; porém, quando se trata de PEX, essa relação é facilmente atendida, já que para os parâmetros de curvaturas executadas em instalações prediais o material se adapta bem.

Após a verificação, o dimensionamento é realizado com o levantamento do quantitativo de peças em cada trecho analisado. A Figura 10 apresenta uma breve relação das principais peças/conexões utilizadas em instalações de PEX. Posteriormente é realizado o somatório dos pesos de cada ponto de consumo em determinado trecho. Estes pesos estão relacionados na Tabela 4 e são os mesmos analisados no dimensionamento em PVC.

Figura 10 - Conexões PEX



Fonte: Catálogo Tigre, 2015.

Encontrado o somatório dos pesos, utiliza-se a Equação 1 para obter a vazão necessária no ramal analisado. De posse das vazões de cada ramal, analisa-se o ábaco Nomograma da Figura 7, para que seja obtido o diâmetro do ramal analisado. Por meio do projeto preliminar, é feito o levantamento do comprimento real das tubulações, que muito se assemelha ao

procedimento de dimensionamento do PVC, tendo origem na coluna d'água e indo até o sub-ramal analisado.

Para que a perda de carga total ao longo de todo o trecho analisado seja calculada, faz necessário encontrar ainda o somatório dos comprimentos virtuais equivalente das peças. Comprimentos esses que mudam em relação ao PVC; como dito anteriormente, são consideravelmente menores e estão representados na Tabela 6.

Tabela 6 - Comprimentos virtuais

Diâmetro Ø (mm)	Joelho 90°	Redução	Derivação do tê	Passagem do tê	Tê com entrada de água na derivação
16	0,37	0,14	0,44	0,10	0,39
20	0,29	0,11	0,34	0,08	0,31
25	0,26	0,10	0,31	0,08	0,28
32	0,26	0,09	0,26	0,07	0,23

Fonte: Catálogo Tigre, 2015.

A perda de carga para cada metro de tubulação PEX é dada pela Equação 2. Para tal fim, utiliza-se os valores Q_{pex} em L/s e o diâmetro obtido pelo Nomograma em mm.

3.3 Análise e comparação dos resultados

A partir dos resultados encontrados com o dimensionamento, dar-se-á início à análise e comparação de pontos importantes em um sistema de instalações hidrossanitárias, como a perda de carga total e a pressão disponível residual em todo o sistema.

3.4 Levantamento de quantitativos e orçamento

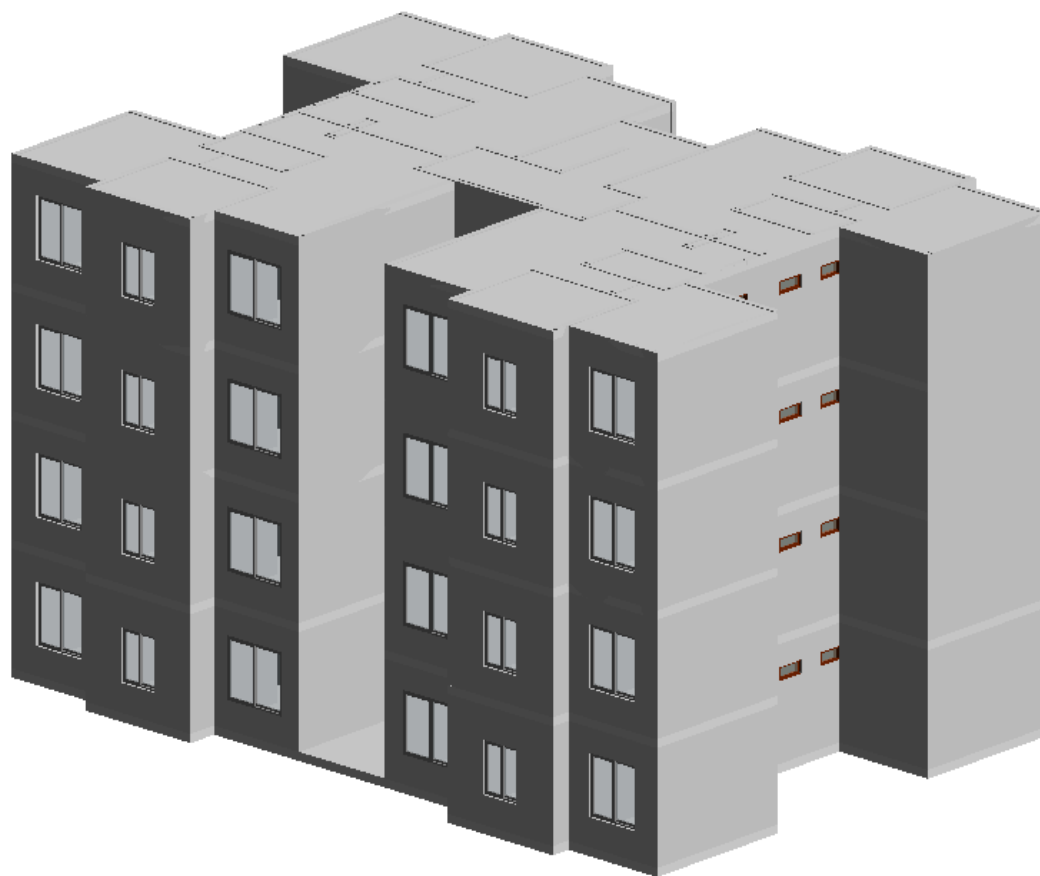
Seguidamente ao dimensionamento das tubulações PVC e PEX, foi necessário realizar o levantamento quantitativo para determinar os custos de implantação do sistema predial. Com isso, o orçamento foi elaborado de acordo com a estimativa preliminar dos custos dos elementos que compõem o sistema hidrossanitário da edificação. Para tal, enumerou-se os materiais necessários, e solicitou-se aos fornecedores os valores dos componentes dos sistemas visando o melhor custo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Concepção do projeto

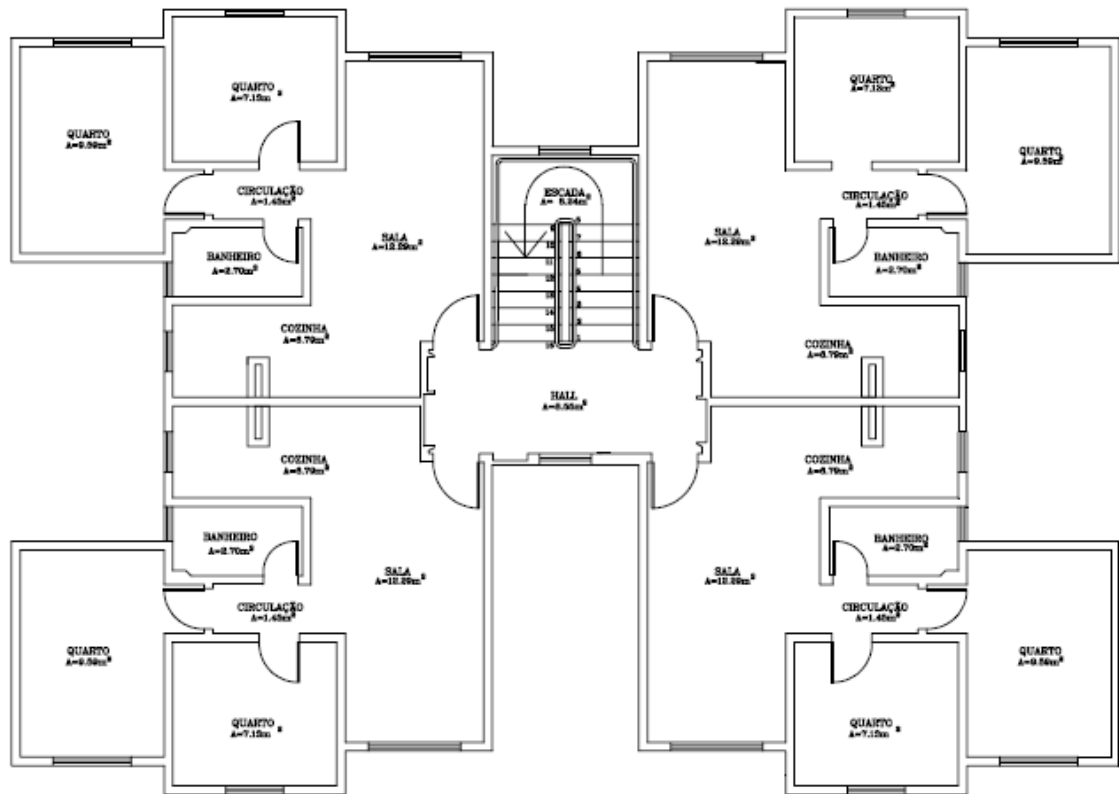
O traçado presente no projeto preliminar foi o mesmo para os dois sistemas, devido a presença de *shafts* previstos na estrutura da edificação. Para o abastecimento, foi definido a divisão em 16 colunas d'água, dessa maneira cada coluna é responsável por abastecer 1 apartamento. Os detalhes da edificação e o projeto preliminar hidráulico realizado para o abastecimento de água fria, estão evidenciados nas Figuras 11, 12, 13, 14 e 15

Figura 11 - Vista 3D do Projeto Arquitetônico da Edificação



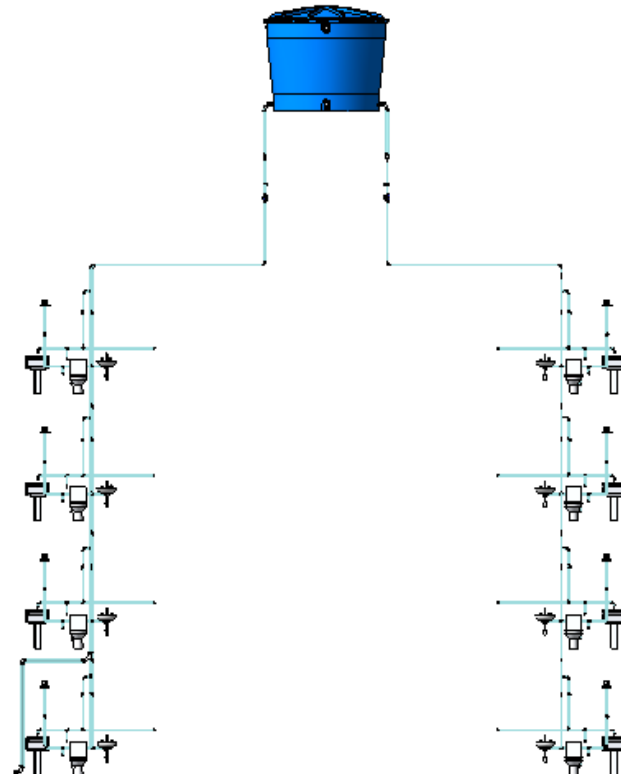
Fonte: Autor, 2022.

Figura 12 - Planta Baixa



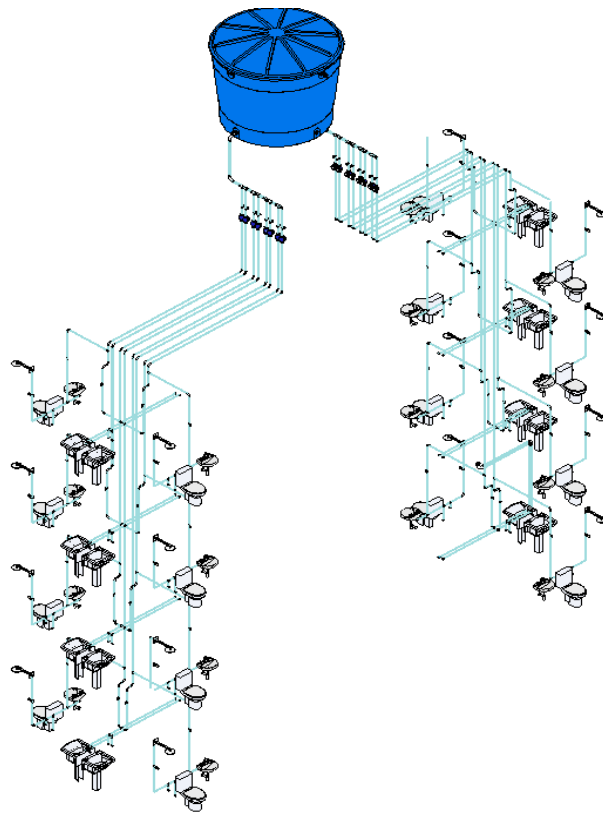
Fonte: Autor, 2022.

Figura 13 - Vista em corte da Instalação Hidráulica Preliminar PVC



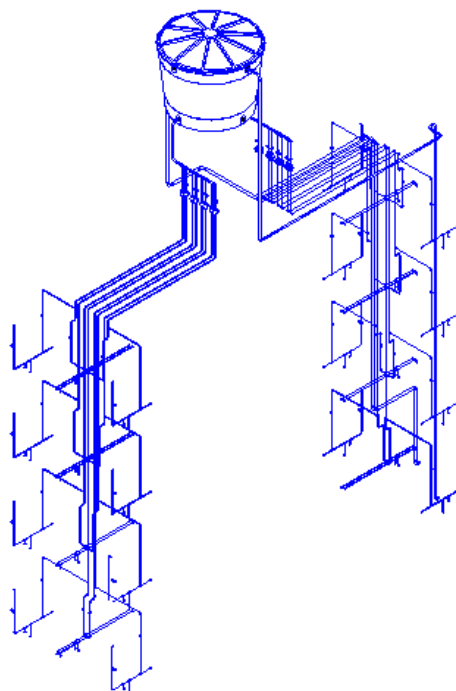
Fonte: Autor, 2022.

Figura 14 -Vista 3D do Projeto Hidráulico PVC



Fonte: Autor, 2022.

Figura 15 -Vista 3D do Projeto Hidráulico PEX



Fonte: Autor, 2022.

A Figura 15 evidencia a utilização do mesmo trajeto do PVC para o PEX, devido a presença de *shafts* presentes na estrutura da edificação, além de facilitar o dimensionamento e o levantamento quantitativo, porém a escolha de outro traçado para as tubulações PEX a fim de reduzir o comprimento da tubulação seria possível, justamente pela flexibilidade do Polietileno Reticulado.

4.2 Análise e comparação dos resultados

No dimensionamento foram identificados valores importantes para o comparativo entre os dois sistemas, como os números para a perda de carga total, tendo sido encontrado 22,9 kPa para as tubulações em PVC e 15,5 kPa para o PEX, além da pressão disponível residual que é diretamente influenciada pela perda de carga, sendo consideravelmente maior para as tubulações PEX.

As planilhas com os valores referentes ao dimensionamento da tubulação PVC e PEX estão dispostas no APÊNDICE.

4.3 Levantamento de quantitativos e orçamento

Posteriormente à realização dos cálculos e dos projetos, foi posto em prática o levantamento do quantitativo tanto do PVC, como do PEX para a consolidação do orçamento, levando em consideração apenas o sistema de distribuição interno da edificação.

Como esperado, foi perceptível no levantamento que o sistema em PEX apresenta redução no número de itens presentes no projeto quando comparado ao sistema convencional, devido à não necessidade de algumas conexões, resultando em 122 peças a menos. O mesmo pode ocorrer com a tubulação do sistema PEX caso o traçado dos tubos no projeto seja alterado, levando em consideração que o traçado do sistema em PVC seria maior, justamente pela limitação dos trajetos.

Tabela 7- Quantitativos do PVC

Descrição	Quantidade	Unidade
Tubo Soldável PVC 25 mm	351,3	Metros
Joelho 90° Soldável 25 mm	122	Peça
Joelho 90° Soldável c/ Bucha Latão	112	Peça
Tê Soldável 25 mm	96	Peça
Registro de Gaveta ¾"	16	Peça
Registro de Esfera 25 mm	32	Peça

Fonte: Autor, 2022.

Tabela 8 - Quantitativos do PEX

Descrição	Quantidade	Unidade
Tubo PEX 25 mm	351,3	Metros
Cotovelo Rosca Fêmea 25 mm	112	Peça
Tê PEX 25mm	96	Peça
Rosca Macho	48	Peça
Kit Ferramental	1	Peça

Fonte: Autor, 2022.

Considerando as informações e análises, como o dimensionamento dos sistemas, os projetos e orçamentos; serão discutidos e comparados os materiais PVC e PEX. Tendo em vista a desigualdade entre os dois sistemas, inicia-se a discussão citando as diferenças entre os cálculos de dimensionamento, posteriormente argumenta-se em relação aos projetos e execução do empreendimento utilizando os diferentes materiais, trazendo ainda a discussão entre as questões orçamentárias e enfim as vantagens e desvantagens na utilização tanto do PVC, quanto do PEX.

Uma notável diferença identificada nos cálculos foi o valor da perda de carga total, em que o valor para a perda de carga na utilização do PVC é de 22,9 kPa. Por sua vez, considerando a utilização do PEX nas instalações de água fria, observou-se uma perda de carga total de 15,5 kPa, evidenciando que o uso das tubulações PEX será mais eficiente com uma redução de 32,31% na perda de carga total quando comparado ao uso do PVC.

Essa diferença ocorre devido a menor solicitação de conexões, facilitando a realização do trajeto que a água percorrerá. Logo, se a perda de carga total é menor, a pressão residual disponível será maior nos pontos de utilização do sistema de água fria do empreendimento.

No que se refere ao projeto e a execução das instalações prediais, é sabido que o PEX apresenta uma maior eficiência também na produtividade, já que a redução no número de conexões, a leveza do material, a flexibilidade que permite a escolha de trechos mais fáceis/curtos e a facilidade de armazenamento/transporte, permite que o sistema seja executado em um tempo 43% mais hábil do que levaria para executar o mesmo procedimento para o sistema em PVC, conforme o estudo de Cândido e Peixoto (2019).

Por sua vez o PVC necessita de um determinado prazo para que a solda a frio funcione corretamente na realização das conexões, além de uma maior dificuldade na escolha do trajeto para tubulação que por vezes faz com que haja aumento no comprimento dos trechos, já que não possui flexibilidade e deve respeitar a estrutura existente.

Vale ainda ressaltar a redução na quantidade de desperdícios, em virtude do fornecimento do PEX em rolos com até 200 metros de comprimento, tornando possível o corte de acordo com a necessidade do projeto em cada trecho, diferentemente ao PVC que é facilmente encontrado em barras de apenas 6 metros.

Adiante estão explicitados os orçamentos dos materiais a serem utilizados no sistema em PVC e em seguida o do sistema em PEX.

Tabela 9 - Orçamento do PVC, Arapiraca Material de Construção LTDA

Item	Descrição	Quantidade	Unidade	Valor Unitário	Valor Total
1	Tubo Soldável PVC 25mm	351,3	Metro	R\$ 3,17	R\$ 1.113,62
2	Joelho 90° Soldável 25mm	122	Peça	R\$ 0,50	R\$ 61,00
3	Joelho 90° c/ Bucha Latão	112	Peça	R\$ 2,22	R\$ 248,64
4	Tê Soldável 25 mm	96	Peça	R\$ 1,70	R\$ 163,20
5	Registro de Gaveta 3/4"	16	Peça	R\$ 78,30	R\$ 1.252,80
6	Registro de esfera 25 mm	32	Peça	R\$ 6,99	R\$ 223,68
				TOTAL	R\$ 3.062,94

Fonte: Autor, 2022.

Tabela 10 - Orçamento do PVC, Sinapi

Item	Descrição	Quantidade	Unidade	Valor Unitário	Valor Total
1	Tubo Soldável PVC 25mm	351,3	Metro	R\$ 4,74	R\$ 1.665,16
2	Joelho 90° Soldável 25mm	122	Peça	R\$ 0,93	R\$ 113,46
3	Joelho 90° c/ Bucha Latão	112	Peça	R\$ 9,25	R\$ 1.036,00
4	Tê Soldável 25 mm	96	Peça	R\$ 1,58	R\$ 151,68
5	Registro de Gaveta 3/4"	16	Peça	R\$ 86,99	R\$ 1.391,84
6	Registro de esfera 25 mm	32	Peça	R\$ 10,85	R\$ 347,20
				TOTAL	R\$ 4.705,34

Fonte: Autor, 2022.

Tabela 11 - Orçamento do PVC, Carajás Material de Construção LTDA

Item	Descrição	Quantidade	Unidade	Valor Unitário	Valor Total
1	Tubo Soldável PVC 25mm	351,3	Metro	R\$ 5,31	R\$ 1.865,40
2	Joelho 90° Soldável 25mm	122	Peça	R\$ 0,70	R\$ 85,40
3	Joelho 90° c/ Bucha Latão	112	Peça	R\$ 8,59	R\$ 962,08
4	Tê Soldável 25 mm	96	Peça	R\$ 1,79	R\$ 171,84
5	Registro de Gaveta 3/4"	16	Peça	R\$ 89,90	R\$ 1.438,40
6	Registro de esfera 25 mm	32	Peça	R\$ 9,29	R\$ 297,28
				TOTAL	R\$ 4.820,40

Fonte: Autor, 2022.

Tabela 12 - Orçamento do PEX, Astra

Item	Descrição	Quantidade	Unidade	Valor Unitário	Valor Total
1	Tubo PEX 25 mm	351,3	Metro	R\$ 8,36	R\$ 2.936,87
2	Joelho 90° PEX 25 mm	112	Peça	R\$ 17,00	R\$ 1.904,00
3	Tê PEX 25 mm	96	Peça	R\$ 36,78	R\$ 3.530,88
4	Conexão Fixo Macho 25 mm	48	Peça	R\$ 14,18	R\$ 680,64
5	Kit Ferramental	1	Peça	R\$ 933,00	R\$ 933,00
				TOTAL	R\$ 9.985,39

Fonte: Autor, 2022.

Dentre os orçamentos levantados, o que apresentou menor valor para os materiais do PVC foi encontrado na Distribuidora Arapiraca, com o valor de R\$3.062,94. Por se tratar de um material facilmente encontrado e bastante comercializado, o PVC apresenta um menor custo por metro de tubulação, porém, deve-se levar em consideração a necessidade de um maior prazo para a execução desse sistema, fator que influenciará diretamente nos custos com a mão de obra.

No que diz respeito ao PEX, o mesmo apresenta maior custo por metro de tubulação, devido a uma maior dificuldade para encontrar o material, além do custo adicional com o frete para a entrega vinda de outros estados. Mesmo possuindo maior custo, o Polietileno Reticulado traz consigo alguns aspectos bastantes relevantes que devem ser levados em consideração, como por exemplo: perda de carga menor em todo o sistema, maior pressão disponível nos pontos de consumo, maior produtividade, além de grande redução no desperdício.

É necessário ressaltar que o kit utilizado para execução das instalações PEX, é uma despesa inicial elevada, mas esta despesa será diluída a cada edifício que se executará posteriormente, já que, normalmente esse tipo de empreendimento trata-se de um condomínio com alguns edifícios presentes no mesmo.

A maior quantidade de conexões presentes no PVC e a solda a frio utilizada em sua execução, resulta no aumento do risco de possíveis vazamentos e maiores custos com manutenção no pós-obra, diferentemente do que acontece no PEX, por possuir menor quantidade de conexões que por sua vez são prensadas ao invés de soldadas, consequentemente apresenta menores riscos e menores custos de manutenção no pós obra.

Considerando o ganho positivo na produtividade, a redução nos custos com o pós obra do empreendimento, além da satisfação dos ocupantes que residem em uma unidade habitacional que terá menores chances de necessidade de manutenção, o PEX ultrapassa outros materiais, apresentando maiores vantagens tanto para a construtora, quanto para os usuários da edificação.

Os quadros apresentados posteriormente são uma síntese das discussões referentes às vantagens e desvantagens dos sistemas PVC e PEX.

Quadro 1 - Vantagens e desvantagens do sistema PVC

Sistema PVC	
Vantagens	Desvantagens
Baixo custo devido à grande oferta no mercado;	Menor produtividade, levando 43% a mais de tempo para execução do sistema;
Não há necessidade de mão de obra especializada;	Maiores riscos de vazamento, devido ao maior número e conexões;
Compõe quaisquer que sejam os elementos da instalação, desde os pontos de consumo até o sistema de bombeamento;	Maior perda de carga em todo o sistema, consequentemente a pressão disponível nos pontos de consumo é menor;
Facilmente encontrado em todos país;	Trajeto limitados para a tubulação, resultado da falta de flexibilidade;
	Maior desperdício e dificuldade de armazenamento quando comparado ao PEX, já que o PVC é fornecido apenas em barras de 6 metros e não possui flexibilidade;

Fonte: Autor, 2022.

Quadro 2 - Vantagens e desvantagens do sistema PEX

Sistema PEX	
Vantagens	Desvantagens
Menor risco de vazamento, devido ao menor número de conexões no sistema, reduzindo bastante a necessidade de custos e a insatisfação dos usuários durante o pós obra;	Maiores custos devido a dificuldade em encontrar o material na maioria das regiões do país;
Maior produtividade, instalação mais hábil;	Necessita de mão de obra especializada;
Menor perda de carga em todo o sistema, resultando em mais pressão disponível nos pontos de consumo;	Utilização de ferramentas específicas para instalação;
Grande número de possibilidades para o trajeto das tubulações, graças a sua flexibilidade.	
Menor desperdício e facilidade no armazenamento, já que o material é fornecido em bobinas de 50, 100 e 200 metros;	

Fonte: Autor, 2022.

5 CONCLUSÃO

Diante dos fatos observados, apesar de apresentar um maior custo dos materiais, com um valor de R\$9.985,39, o sistema PEX apresenta perda de carga total de 15,5 kPa, o que equivale a uma redução de 32,31% em relação ao PVC. Isso acontece devido à redução no número de conexões, favorecendo o trajeto da água. Além de ser um material que proporciona menor desperdício contribuindo para uma obra mais sustentável.

Dentre os orçamentos levantados, o que apresentou menor valor para os materiais do PVC foi encontrado na Distribuidora Arapiraca, com o valor de R\$3.062,94. Entretanto, esse valor ainda pode ser superior devido à maior quantidade de conexões presentes no sistema e a solda a frio, resultando no aumento do risco de possíveis vazamentos e maiores custos com manutenção no pós obra.

O maior custo por metro de tubulação apresentado no material PEX, se dá pela dificuldade para encontrar este material em diversas regiões do país, fazendo com que haja um aumento considerável devido a pequena oferta e à inserção do frete no valor unitário do produto por parte dos representantes. Contudo, como é natural e ocorre com diversos produtos, a partir de uma maior disseminação do PEX em todo o país, os custos devem diminuir significativamente, fazendo com que o polietileno reticulado seja ainda mais viável.

Sinteticamente, o aumento positivo na produtividade, bem como a redução nos possíveis custos com o pós obra da edificação, asseguram um lugar promissor no mercado para o sistema PEX, além de proporcionar satisfação aos usuários da unidade habitacional e maiores vantagens para as construtoras. Vale ressaltar ainda, a resistência térmica da tubulação PEX que garante sua utilização para transporte de água quente.

5.1 Sugestões para trabalhos futuros

Recomenda-se para trabalhos posteriores o comparativo utilizando como objeto de estudo, edificações que também possuam sistema de água quente, ou até mesmo um comparativo entre a utilização do sistema convencional e o sistema ponto a ponto, buscando o melhor desempenho técnico e a viabilidade econômica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMANCO. Soluções Amanco. Linha Predial. 2010. Disponível em: <https://www.wavin.com/pt-br/-/media/project/fluent/mexichem-wavin/wavin-corporate/brazil/images/descargas/catalogo/catalogo-predial.pdf>

ARO, C. R.; AMORIM, S. V. As inovações tecnológicas no processo de produção dos sistemas prediais hidráulicos e sanitários. I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável. X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. São Paulo, 7p. julho, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Sistemas prediais de água fria e água quente – Projeto, execução, operação e manutenção: NBR 5626. Rio de Janeiro, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Tubos e conexões de PVC-U com junta soldável para sistemas prediais de água fria – Requisitos: NBR 5648. Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Dimensões de tubos de PVC rígido: NBR 5680, 1977.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Sistema de tubulações plásticas para instalações prediais de água quente e fria – Polietileno reticulado (PE-X) Parte 1: Requisitos e métodos de ensaio: NBR 15939-1, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Sistema de tubulações plásticas para instalações prediais de água quente e fria – Polietileno reticulado (PE-X) Parte 2: Procedimentos para projeto: NBR 15939-2, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Sistema de tubulações plásticas para instalações prediais de água quente e fria – Polietileno reticulado (PE-X) Parte 3: Procedimentos para instalação: NBR 15939-3, 2011.

ASTRA. Manual Técnico AstraPex Sistemas Hidráulicos. 2014. Disponível em: www.astra-sa.com.br. Acesso em: 30 out 2022

BORSATO, F. T.; BACK, N. Avaliação dos fatores que influenciam na qualidade de execução dos sistemas hidrossanitários. Artigo (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma. 18 f. 2015.

BRASKEM. Soluções em plástico para a Construção – Catálogo Braskem. 2021. Disponível em: <https://www.braskem.com.br/cms/Principal/Catalogo/Download?CodigoCatalogo=51> Acesso em: 11 mar 2022

BRANDÃO, R. G. Estudo de viabilidade da utilização de PVC, PEX e PPR em empreendimentos multifamiliares. Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Escola Politécnica - Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 104p. 2010.

CÂNDIDO, P. A. N.; PEIXOTO, T. A. A. Estudo da viabilidade do uso do PEX em construções civis residenciais. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – UniEVANGÉLICA, Anápolis, GO. 83p. 2019.

CAVALCANTE, F. M. Aplicação de Inovações Tecnológicas e de Novos Sistemas Construtivos nas Instalações Hidráulicas e Sanitárias: Um ganho na produtividade. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Fortaleza, CE. 85p. 2019.

CREDER, H. Instalações hidráulicas e sanitárias. Livros Técnicos e Científicos Editora, 6a Edição, 2006.

EMMETI. Catalogo de Produtos, 2020. Disponível em:
<https://www.emmeti.com.br/pdf/catalogo-emmeti-2020-digital.pdf>

FABRICIO, M. M. Industrialização das construções: Revisão e atualização de conceitos. Pós Revista do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da FAUUSP - Pós v. 20, n. 33, p. 228 - 248, São Paulo, junho, 2013.

FERREIRA, A. S. Estudo comparativo de sistemas construtivos industrializados: paredes de concreto, steel frame e wood frame. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 62p. 2014.

FRANCKLIN JUNIOR, I.; AMARAL, T. G. Inovação tecnológica e modernização na indústria da construção civil. Ciência Et Praxis, Belo Horizonte, v. 1, n. 2, p.11-16, jul. 2008.

LANDI, F. R. A evolução Histórica das Instalações Hidráulicas. São Paulo: EPUSP, 64 p. (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP). 1993.

LIMA, D. S. Avaliação do ciclo de vida dos tubos de PVC produzidos no Brasil. Monografia apresentada à Comissão do Trabalho de Formatura do Curso de Graduação em Engenharia Ambiental do Instituto de Geociências e Ciências Exatas – Unesp, Campus de Rio Claro, Rio Claro. 63p. 2010.

MACINTYRE, Archibald Joseph. Instalações hidráulicas prediais e industriais. 4ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017.

MATOS, A. O.; PALIARI, J. C. Produtividade na execução de sistemas prediais hidráulicos e sanitários utilizando pré-montagem das tubulações. XIII ENTAC –Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construtivo, 6-8 de outubro. Canela, RS. 2010.

MELHADO, S. B. Gestão, cooperação e integração para um novo modelo voltado à qualidade do processo de projeto na construção de edifícios. Tese (Doutorado) – Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 254 f. 2001.

MOREIRA, G. L. A. Inovação tecnológica e aplicação de novos sistemas construtivos nas instalações hidráulicas e sanitárias. Trabalho de Final de Curso - Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 50p. 2010.

MOURA, R. S. L. M. Catalogação de Inovações Tecnológicas na Construção Civil. 2015. 214 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.

OLIVE, L. F. R.; PEREIRA, L. F. F. Estudo comparativo entre projeto hidráulico em PVC e PEX. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – UniEVANGÉLICA, Anápolis, GO. 69 p. 2018.

ONU – Organização das Nações Unidas. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil. 2022. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em 08 out. 2022

POSSAMAI, J. Z.; BACK, N. Estudo comparativo entre diferentes tipos de tubulações nas redes de instalações hidráulicas prediais. Artigo Científico - UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma. 15p. 2012.

SÁ, Nuno José Marques E. Optimização de sistemas prediais de distribuição de água fria. Orientador: Professor Carlos Alberto Baptista Medeiros. 133 p. Dissertação (mestre em engenharia civil — especialização em construções) - Faculdade de engenharia - Universidade do Porto, Portugal, 2012.

SALGADO, Julio. Instalação Hidráulica Residencial: A Prática do dia a dia. 1. ed. São Paulo: Érica, 2010.

SOUZA, C. C. Aspectos econômicos e hidráulicos da utilização do PEX como alternativa em projetos de instalações hidráulicas prediais. Trabalho de conclusão de curso (Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 73 p. 2011.

TIGRE. Catálogo Predial PEX Tigre Monocamada e Multicamada. Linha Predial. 2015. Disponível em: https://cfg.com.br/up_catalogos/TIGRE_-_Pex.pdf

TIGRE. Catálogo Predial: Orientações para Instalações de Água Fria. 2016.

VINHAS, G. M.; SOUTO-MAIOR, R. M.; ALMEIDA, Y. M. B. Estudo de propriedades de PVC modificado com grupos Alquila e Benzila. Polímeros: Ciência e Tecnologia, vol. 15, nº 3, p. 207-211, 2005.

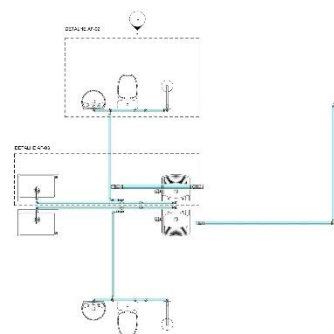
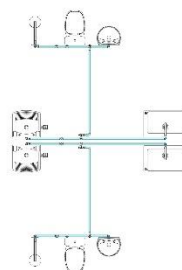
APÊNDICE A - Dimensionamento PVC

Trecho	Soma dos pesos	Vazão estimada	Diâmetro	Velocidade	Perda de carga unitária	Diferença de cota	Pressão disponível	Comprimento da tubulação		Perda de carga			Pressão disponível residual	Pressão requerida no ponto de utilização
						Desce +								
						Sobe -								
								Real	Equivalente	Tubulação	Registro e outros	Total		
		L/s	mm	m/s	kPa/m	m	kPa	m	m	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa
AB	3.8	0.58	25	1.2	0.8	12.4	123.8	15.2	18.2	14.2	0.0	14.2	109.6	10.0
BC	2.4	0.46	25	0.9	0.5	0.3	30.7	0.3	1.1	0.6	0.0	0.6	30.1	10.0
CE	1.4	0.35	25	0.7	0.3	1.2	42.4	1.2	2.7	0.9	0.0	0.9	41.6	10.0
ED	0.7	0.25	25	0.5	0.2	0.0	30.1	1.2	2.4	0.4	0.0	0.4	29.7	10.0
EF	1.4	0.35	25	0.7	0.3	0.0	30.1	0.2	3.3	1.1	0.0	1.1	29.0	10.0
FG	0.7	0.25	25	0.5	0.2	0.3	31.5	0.3	1.5	0.3	0.0	0.3	31.3	10.0
FH	0.7	0.25	25	0.5	0.2	0.1	30.0	0.9	3.6	0.6	0.0	0.6	29.4	10.0
BI	1.4	0.35	25	0.7	0.3	1.9	128.9	3.6	8.2	2.7	0.0	2.7	126.3	10.0
IJ	0.3	0.16	25	0.3	0.1	0.0	126.3	0.3	1.5	0.1	0.0	0.1	126.1	10.0
IK	1.1	0.31	25	0.6	0.3	0.0	126.1	0.4	2.8	0.7	0.0	0.7	125.4	10.0
KL	0.3	0.16	25	0.3	0.1	0.4	129.7	0.4	1.6	0.1	0.0	0.1	129.5	10.0
KM	0.8	0.27	25	0.5	0.2	0.0	125.4	0.1	2.5	0.5	0.0	0.5	124.9	10.0
MN	0.4	0.19	25	0.4	0.1	0.2	126.9	0.2	1.4	0.2	0.0	0.2	126.7	10.0
MO	0.4	0.19	25	0.4	0.1	-1.4	111.3	1.9	4.6	0.5	0.0	0.5	110.8	10.0
												22.9		

APÊNDICE B - Dimensionamento PEX

Trecho	Soma dos pesos	Vazão estimada	Diâmetro	Velocidade	Perda de carga unitária	Diferença de cota	Pressão disponível	Comprimento da tubulação		Perda de carga			Pressão disponível residual	Pressão requerida no ponto de utilização
						Desce +								
						Sobe -								
								Real	Equivalente	Tubulação	Registro e outros	Total		
		L/s	mm	m/s	kPa/m	m	kPa	m	m	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa
AB	3.8	0.58	25	1.2	0.8	12.4	123.8	15.2	15.7	12.2	0.0	12.2	111.6	10.0
BC	2.4	0.46	25	0.9	0.5	0.3	30.7	0.3	0.3	0.2	0.0	0.2	30.5	10.0
CE	1.4	0.35	25	0.7	0.3	1.2	42.8	1.2	1.2	0.4	0.0	0.4	42.5	10.0
ED	0.7	0.25	25	0.5	0.2	0.0	30.5	1.2	1.5	0.3	0.0	0.3	30.3	10.0
EF	1.4	0.35	25	0.7	0.3	0.0	30.5	0.2	0.5	0.2	0.0	0.2	30.4	10.0
FG	0.7	0.25	25	0.5	0.2	0.3	32.9	0.3	0.6	0.1	0.0	0.1	32.8	10.0
FH	0.7	0.25	25	0.5	0.2	0.1	31.4	0.9	1.0	0.2	0.0	0.2	31.2	10.0
BI	1.4	0.35	25	0.7	0.3	1.9	130.9	3.6	4.2	1.4	0.0	1.4	129.5	10.0
IJ	0.3	0.16	25	0.3	0.1	0.0	129.5	0.3	0.6	0.1	0.0	0.1	129.4	10.0
IK	1.1	0.31	25	0.6	0.3	0.0	129.4	0.4	0.7	0.2	0.0	0.2	129.3	10.0
KL	0.3	0.16	25	0.3	0.1	0.4	133.6	0.4	0.7	0.1	0.0	0.1	133.5	10.0
KM	0.8	0.27	25	0.5	0.2	0.0	129.3	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	129.2	10.0
MN	0.4	0.19	25	0.4	0.1	0.2	131.2	0.2	0.5	0.1	0.0	0.1	131.2	10.0
MO	0.4	0.19	25	0.4	0.1	-1.4	115.6	1.9	2.0	0.2	0.0	0.2	115.4	10.0
												15.5		

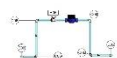
APÊNDICE C – PRANCHA PAVIMENTO TIPO E DETALHES



1 PAVIMENTO TIPO



2 HIDRÔMETRO PRINCIPAL



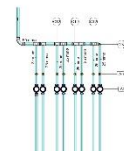
3 ELEVAÇÃO HIDRÔMETRO



4 ENTRADA DE ÁGUA FRIA



5 EXTRAVASOR



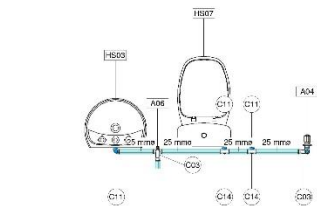
6 BARRILETE
1:25

[illegible][illegible][illegible][illegible]

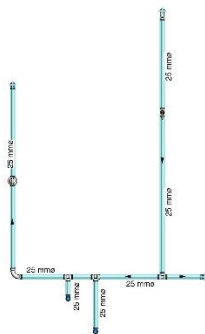
UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS

EMPRESA	FUNDIÇÃO S. BERNARDINO ÁGUAS - CHOCOLATES	FORMA	AF 01
TIPO	RUA JOSÉ HONORATO, Nº 181, PRIMEIRA, ARAPIRACA		
ABRIGO	POVIMENTO TIPO E DETALHES	ECOLOGIA	Custo 110 mil reais
CONSTRUTORA	FILIPES BARROSA DE LIMA	PROJETO	851 021

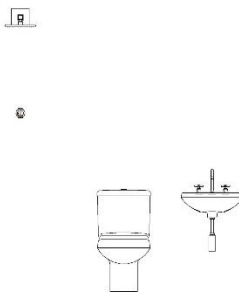
APÊNDICE D – PRANCHA ÁGUA FRIA - BANHEIRO



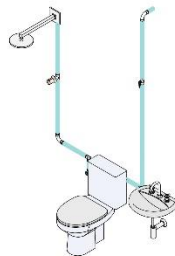
1 PLANTA BAIXA
ESCALA 1 : 20



2 ELEVAÇÃO TUBULAÇÃO
ESCALA 1 : 20



3 ELEVAÇÃO PEÇAS
ESCALA 1 : 20



4 VISTA ISOMÉTRICA

BANHEIRO - ACESSÓRIO DE TUBO			
QTD	DESCRIÇÃO	Fabricante	ID
1	Registo de Chuveiro - Água Fria - MEP - Tigre PVC Areta - 25 mm	Tigre S/A	A04
1	Registo Esfera VS Composto - Água Fria - MBF - Tigre Soldável - 20 mm	Tigre S/A	A08

BANHEIRO - CONEXÕES AF		
QTD	DESCRIÇÃO	ID
Água fria doméstica		
2	Bucha de Redução Soldável Com 25x20mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	C01
3	Cabo 90° Soldável 25mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	C03
4	Joelho 90° Soldável com Bucha de Laço 25 x 3/4", PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	C11
3	Tê Soldável 25mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	C14

BANHEIRO - PEÇA HIDROSSANITÁRIA			
QTD	DESCRIÇÃO	FABRICANTE	ID
1	DC_PIA PARTID: 0.45 x 0.36 x 0.85	Decca	H605
1	Chuveiro: DCCA Cromado CR10	Decca	H616
1	Decca_Bacia Sanitária: 0.39 x 0.65 x 0.74	Decca	H697

BANHEIRO - TUBULAÇÃO AF				
COMP.	DIAM.		TIPO	Vieta
Sanitário				
2.23 m	40 mm	PVC - Esgoto - Série Normal Tigre	BANHEIRO	
0.39 m	50 mm	PVC - Esgoto - Série Normal Tigre	BANHEIRO	
4.96 m	100 mm	PVC - Esgoto - Série Normal Tigre	BANHEIRO	
Ventilação				
1.37 m	50 mm	PVC - Ventilação - Série Normal Tigre	BANHEIRO	
1.63 m	75 mm	PVC - Ventilação - Série Normal Tigre	BANHEIRO	
Água fria doméstica				
4.91 m	25 mm	PVC - Água Fria - Tubo Soldável Tigre	BANHEIRO	



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS

PROJETO: INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS - EDIFÍCIO 4 PAV.

LOCAL: RUA JOSÉ HONORATO, Nº881, PRIMAVERA, ARAPIRACA/AL

ASSUNTO: ÁGUA FRIA - BANHEIRO

AUTOR DO PROJETO: FELIPE BARBOSA DE LIMA

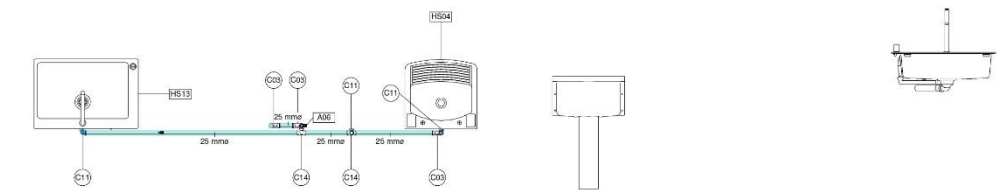
FOLHA: AF 02

REV.:

ESCALA: 1 : 20

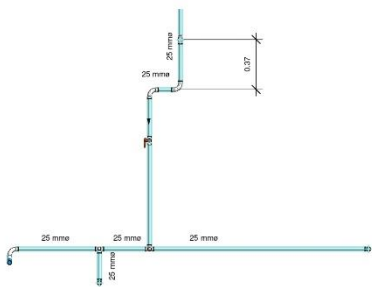
DATA: 03/10/21

APÊNDICE E – PRANCHA ÁGUA FRIA - COZINHA E ÁREA DE SERV.

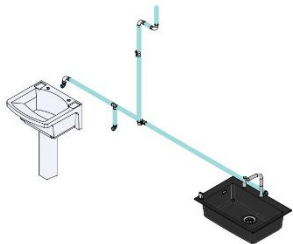


1 PLANTA BAIXA
1 : 20

3 ELEVAÇÃO PEÇAS
1 : 20



2 ELEVAÇÃO TUBULAÇÃO
1 : 20



4 VISTA ISOMÉTRICA

COZINHA - ACESSÓRIO DE TUBO			
QTD	DESCRIÇÃO	Fabricante	ID
© Tigre S/A			
1	Registo Estela VS Compacto - Água Fria - MEP - Tigre: Soldável - 25 mm	© Tigre S/A	Ace

COZINHA - CONEXÕES AF		
QTD	DESCRIÇÃO	ID
Sanitário		
2	Bucha de Redução Longa 50x40mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	C15
1	Curva 90° Curta 50mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	C17
6	Joelho 45° 50mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	C19
3	Joelho 45° 75mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	C20
1	Joelho 45° 100mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	C21
1	Joelho 90° 40mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	C22
9	Joelho 90° 50mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	C23
2	Joelho 90° 75mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	C24
2	Junção Simples 50 x 50mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	C26
1	Junção Simples 75 x 50mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	C27
1	Junção Simples 75 x 75mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	C28
1	Redução Excêntrica 75x50mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	C36
2	Redução Excêntrica 100x75mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	C37
1	Tê 50 x 50mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	C38
1	Tê 75 x 50mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	C39
Água fria doméstica		
2	Bucha de Redução Soldável Curta 25x20mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	C01
3	Curva 90° Soldável 20mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	C03
1	Joelho 90° Soldável 20mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	C07
3	Joelho 90° Soldável com Bucha de Latão 25 x 3/4", PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	C11
2	Tê Soldável 25mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	C14



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS

PROJETO:	INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS - EDIFÍCIO 4 PAV.	FOLHA:	AF 03
LOCAL:	RUA JOSÉ HONORATO, N°881, PRIMAVERA, ARAPIRACA/AL	REV.	
ASSUNTO:	ÁGUA FRIA - COZINHA E ÁREA DE SERVIÇO	ESCALA:	1 : 20
AUTOR DO PROJETO:	FELIPE BARBOSA DE LIMA	DESENHO:	FELIPE BARBOSA DE LIMA
		DATA:	03/10/21