

**CENTRO UNIVERSITÁRIO BRASILEIRO - UNIBRA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

VITOR HENRIQUE GONÇALVES DE ARÁUJO

DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA EM PEX - ESTUDO DE CASO

**RECIFE
2024**

VITOR HENRIQUE GONÇALVES DE ARAÚJO

DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA EM PEX - ESTUDO DE CASO

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Disciplina TCC II do Curso de Engenharia Civil do
Centro Universitário Brasileiro - UNIBRA, como parte
dos requisitos para conclusão do curso.

Orientador(a): Dra. Carolina de Lima França.

RECIFE
2024

Ficha catalográfica elaborada pela
bibliotecária: Laís Cardoso, CRB-4/PE-1753/P.

A658d Araújo, Vitor Henrique Gonçalves de.
 Distribuição de água em pex: estudo de caso / Vitor Henrique
 Gonçalves de Araújo. - Recife: Edição do Autor, 2024.
 48 p. : il. color.

 Orientador(a): Dra. Carolina Lima França.

 Trabalho de conclusão de curso - Centro Universitário Brasileiro –
 Unibra. Bacharelado em Engenharia Civil, 2024.

 Inclui Referências.

 1. PVC. 2. PEX. 3. Ramais. 4. Água. 5. Termofusor. I. Centro
 Universitário Brasileiro - UNIBRA. II. Título.

CDU: 624

VITOR HENRIQUE GONÇALVES DE ARAÚJO

DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA EM PEX - ESTUDO DE CASO

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Disciplina TCC II do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Brasileiro - UNIBRA, como parte dos requisitos para conclusão do curso.

Examinadores:

Orientador - Titulação

Examinador 1 - Titulação

Examinador 2 - Titulação

Nota: _____

Data: ____/____/____

Primeiramente a minha amada mãezinha, que me fez ponte sem medir esforços para me proporcionar o inimaginável e fazer de tudo dar certo na minha vida. A minha maravilhosa esposa, que no meio da caminhada veio fortalecer com toda sua força e bravura, me fazendo uma pessoa forte e que começou a matar um leão por dia. E em especial a Dr. Paulo e Paulo filho, onde fui abraçado com a melhor oportunidade que tive até hoje, e foi o ponto chave para eu não desistir da carreira. Foi onde recebi minha primeira oportunidade, fui confiado em algumas de suas diversas obras até hoje, e tive e tenho o privilégio de aprender todos os dias, que de coração, levo pro resto da vida.

A vida só pode ser compreendida olhando-se para trás, mas só pode ser vivida olhando-se para a frente.

Soren Kierkegaard

RESUMO

O cenário atual no setor de instalações prediais demandou crescentemente novas tecnologias que proporcionou a redução de custo de materiais e mão de obra, ligados a produtos e formas de execução com uma maior agilidade, qualidade e redução de problemas no pós obra. Nessa perspectiva, fez-se necessário a criação de novos sistemas construtivos que vão impacta diretamente nesses três quesitos, visando à melhoria e simplificação de projetos em geral. Para tanto este trabalho de conclusão de curso tem por finalidade estudar o recente modelo de distribuição de água predial utilizando o sistema PEX. O material Polietileno Reticulado, mais conhecido como PEX, se adequou muito bem a essa necessidade, pois é um material que apresenta muitos benefícios quando comparado aos convencionais. Ele apresenta expectativa de vida útil superior a cinquenta anos, o que aumenta as garantias do produto pelos fornecedores. Se o sistema for executado por profissionais que apresentem prática neste processo executivo, o preço pode se tornar muito favorável, quando comparados o tempo de utilização, de execução e a praticidade, com outros materiais, como o Policloreto de Vinila (PVC), Policloreto de Vinila Clorado (CPVC), Polipropileno Copolímero Random (PPR), cobre, aço-carbono e ferro fundido, demonstrando que sua produtividade pode ser maior. Outra vantagem a ser apontada é seu processo de montagem simples e fria, onde 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. Além disto, o processo é “seco”, pois não utiliza nenhum tipo de cola, como no caso do PVC e CPVC (soldáveis). Os resultados foram expressivos na composição e Mão de obra do PEX em relação ao PVC, mesmo ambos se igualarem em relação a valor de material, teve uma disparidade grande em relação a Mão de obra, tornado a execução do PEX mais rentável.

Palavras-chave: PVC. PEX. Ramais. Água. Termofusor.

SUMMARY

The current scenario in the building installations sector increasingly demands new technologies that provide a reduction in the cost of materials and labor, linked to products and forms of execution with greater agility, quality and reduction of problems in the post work. From this perspective, it is necessary to create new construction systems that will directly impact these three requirements, aiming at the improvement and simplification of projects in general. Therefore, the purpose of this work is to study the recent model of water distribution using the PEX system. The Polyethylene Crosslinked material, better known as PEX, has been very well suited to this need since it is a material that has many benefits when compared to conventional ones. It has a life expectancy of more than fifty years, which increases the guarantees of the product by the suppliers. If the system is executed by professionals who have practical in this executive process, the price can become very beneficial when compared to the time of use, execution and practicality, with other materials, such as Polyvinyl chloride (PVC), Chlorinated polyvinyl chloride (CPVC), Polypropylene Random Copolymer (PPR), copper, carbon steel and cast iron, demonstrating that its productivity can be higher. Another advantage to be mentioned is its simple and cold assembly process, where it is not necessary to use fire, as in the case of copper, nor of specific equipment, as in the case of PPR, which depends on a thermofusor. In addition, the process is "dry", as it does not use any type of glue, as in the case of PVC and CPVC (weldable). We have significant results in the composition and labor of PEX in relation to PVC, even though both are equal in terms of material value, we have a large disparity in relation to labor, making the execution of PEX more profitable.

Keywords: **PVC. PEX. Branches. Water.**

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Aqueduto criado pelos Romanos.....	15
Figura 2 - Gravura de Gustave Doré, 1872, fazendo referência às condições precárias da população durante a Revolução Industrial.....	16
Figura 3 - Composição da cadeia produtiva da construção.....	19
Figura 4 - Chassi do misturador do apartamento.....	21
Figura 5 - Esquadria em PVC, Forro em PVC, materiais de instalações hidráulicas em PVC.....	24
Figura 6 - Tubo de PVC soldável e tubo de PVC roscável.....	28
Figura 7 - Preparo dos tubos e conexões, limpeza das superfícies com solução limpadora, aplicação de adesivo plástico da parte interna da conexão e na parte externa do tubo, encaixe das peças sem torcer, remoção do excesso de adesivo plástico.....	29
Figura 8 - Preparo dos produtos, fixação de tubo na morsa, montagem da tarraxa, colocação da tarraxa, desenvolvimento da rosca, aplicação de fita veda rosca, execução de junta roscável.....	30
Figura 9 - Tubos e conexões de CPVC.....	32
Figura 10 - Composição do tubo de PEX multicamadas.....	35
Figura 11 - Kit chicote, kit lavatório (kit esgoto) e kit chuveiro.....	36
Figura 12 - Cortar o tubo, chanfrar o tubo, encaixar o tubo, encaixe correto da prensa no anel, prensar conexão no.....	39
Figura 13 - Foto da obra.....	40
Figura 14 - Distribuição AF do empreendimento / (TORRE AMPLIADA).....	41
Figura 15 - Planta baixa do pavimento tipo.....	42
Figura 16 - Planta baixa do térreo.....	43
Figura 17 - Planta baixa do semienterrado.....	43
Figura 18 - Planta baixa da cobertura.....	44
Figura 19 - Detalhe / características da bomba de pressurização.....	45
Figura 20 - Tubulação de água fria e quente, da cozinha e em PEX executada.....	47
Figura 21 - Tubulação de água fria e quente, do banheiro social, e em PEX executada.....	48
Figura 22 - Planta baixa do ramal de água fria e quente apartamento tipo do empreendimento.....	48
Figura 23 - Planta baixa do ramal de água fria e quente apartamento tipo do empreendimento.....	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Setores que utilizam PVC e seus respectivos produtos.....	24
Tabela 2 - Execução de instalações com tubos e conexões em PVC soldável.....	28
Tabela 3 - Execução de instalações com tubos e conexões em PVC roscável.....	29
Tabela 4 - Relação de itens dos kits industrializados, suas descrições e composições.....	36
Tabela 5 - Execução de inst. com tubos e conexões em PEX, com sistema de prensar.....	39
Tabela 6 - Levantamento de gasto de material, em PEX da obra.....	50
Tabela 7 - Levantamento de gasto de mão de obra, em PEX da obra.....	52
Tabela 8 - Levantamento de gasto de mão de obra, em PVC e CPVC da obra.....	52
Tabela 9 - Levantamento de gasto de material, em PVC e CPVC da obra.....	54
Tabela 10 - Comparação dos sistemas.....	55
Tabela 11 - Vantagens dos sistemas.....	55
Tabela 12 - Desvantagens dos sistemas.....	56

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Justificativa	12
1.2 Objeto geral	13
1.3 Objetivo específico	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1 Revisão bibliográfica	13
2.2 Produtividade na Construção Civil	18
2.3 Utilização do sistema PEX	19
2.4 Caracteriza do PVC Soldável	22
2.5 Normas Técnicas	27
2.6 Processo Executivo	27
2.7 Sistema de Água Quente (CPVC)	30
2.8 Sistema PEX	33
2.8.1 Características do PEX	33
2.8.2 Normas Técnicas	38
2.8.3 Processo Executivo	38
3 ESTUDO DE CASO	40
3.1 Descrição do empreendimento	40
3.2 Descrição do projeto de Instalação hidráulica de AF e AQ	44
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
4.1 Apresentação dos projetos	47
4.1.1 Sistema em PEX	47
4.1.2 Sistema convencional	52
4.1.3 Análise comparativa	54
4.2 Análise dos dados	56
5 CONCLUSÃO	58
REFERÊNCIAS	59

1 INTRODUÇÃO

Tecnologias que abreviam o tempo de execução e diminuem a ocorrência de vazamentos sempre foram bem-vindas na execução de instalações hidráulicas e de gás, não é mesmo? Foi justamente essa busca por racionalidade que levou ao desenvolvimento do sistema de tubulação de polietileno reticulado (PEX).

Fazendo uma analogia, sabemos que instalações são as “veias do corpo humano”, então tradicionalmente, alvo de reclamações no pós obra. Isso torna oportuno que desenvolvedores, projetistas e fabricantes gastem seus esforços para ter um produto de qualidade e que assegure maior acessibilidade e estanqueidade aos sistemas. (BRANDÃO, 2010) descreve: “No Brasil, o PVC (policloreto de vinila) tem sido amplamente utilizado nas instalações [...]”

Nos últimos anos, a desaceleração dos investimentos e a crise nacional atingiram de forma significativa o ramo de construção civil, obrigando as empresas do ramo a investirem em novas tecnologias para se manterem no mercado. O setor da construção civil vive um momento em que não há espaço para defasagem de serviços, fomentando novas tecnologias lucrativas para os negócios da corporação.

Nessa perspectiva a adoção do sistema PEX na distribuição de água predial tem fundamental importância, pois proporciona uma maior flexibilidade que dispensa a utilização de maior número de conexões, acarretando numa diminuição do tempo médio de execução, junto com a redução de áreas favoráveis a vazamentos e sua resistência térmica (o material é capaz de suportar até 95°C) o que possibilita sua aplicação tanto na água fria como na água quente, homogeneizando mais os tipos de produtos de uma determinada obra. Anselmo e Mariana Silva (2023, p. 130) ressalta: “[...] Isso resulta em menos conexões [...]. O PEX é a sigla para o nome “Polietileno reticulado”, uma tubulação flexível fabricada de polietileno reticulado, podendo ser utilizada para condução de água fria e quente, gás natural, GLP, e ar condicionado. Essas propriedades tornam uma escolha popular, eficaz, durável e rentável em suas aplicações. Um sistema que vai de instalações residenciais, comerciais e até industriais.

Justificativa

A utilização do sistema PEX é um material revolucionário que vem transformando significativamente a engenharia, de instalações até civil. No empreendimento estudado no trabalho foi solicitada, especificamente, em virtude do aumento de produtividade e redução do pós-obra, pois, é um material extremamente mais resistente e eficaz que o PVC. Após o estudo de várias formas construtivas e tipos de materiais, chegou-se à decisão de que a melhor técnica seria a utilização do referido sistema.

OBJETIVO GERAL

Analisar a distribuição de água em PEX em uma obra.

OBJETIVO ESPECÍFICO

- Apresentar os projetos em estudo;
- Mostrar o sistema convencional em PVC;
- Avaliar a implantação do sistema PEX nos ramais de água quente e fria dos apartamentos
- Comparar o sistema usualmente empregado com o PEX.
- Analisar dados orçamentários entre PVC e PEX;

2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O termo “Instalações hidráulicas” se refere a instalações de dutos, a fim de proporcionar a condução de fluídos, onde o tipo de instalação varia dependendo do fluído e de sua finalidade, de acordo com Claro (1999). Os tipos mais comuns e considerados são o abastecimento de água e o sistema de esgoto. Porém, é possível citar mais três itens de grande relevância: sistemas de prevenção de incêndio, recolhimento de águas pluviais e a distribuição de gás.

Segundo Landi (1993), as mais antigas instalações existentes datam de três mil a seis mil anos atrás, mostrando grande qualidade das mesmas, encontradas em forma de ruínas através de escavações no vale do Rio Indus, na Índia.

A estrutura conhecida atualmente é bem diferente da existente no passado. O sistema hidráulico possuía em alguns lugares um sentido distinto do comum, que seria o cuidado com o corpo e conceitos de saneamento como pré-requisito para saúde, higiene e conforto. No Egito, o sistema de distribuição das águas do Nilo, por diques, caracterizava o aspecto social e a distribuição de terras. Já o Império Romano, que atingiu grandes realizações em vários setores da sociedade, principalmente na parte de infraestrutura, com construções como estradas, pontes, aquedutos e linhas fortificadas, teve como execução mais relevante dentre estas obras, os aquedutos. O maior deles foi construído em Cartago com 141 Km de extensão. Contudo o primeiro a ser construído foi Grego, construído há cerca de 2.500 anos, próximo de Atenas, com 1.280m de extensão (CLARO, 1999).

Ainda em Roma, existiam treze aquedutos que eram destinados a levar as águas provindas dos montes vizinhos ao uso público. Somente o excesso era cedido ao uso de particulares. Todavia, como os serviços públicos de higiene (fontes, latrinas e termas) existiam em abundância, a ausência do consumo no meio privado era compensada.

Os aquedutos, segundo Benévolo (1988), eram utilizados para condução das águas fluviais e tinham um formato retangular. Eram revestidos com reboco de tijolo em pó, coberto, mas passível de ser inspecionado e arejado. Possuíam declive que permitiam que a água fluísse livremente. Em alguns casos, para mudança de pressão da água, eram usados os sifões. Na Figura 1, apresenta-se um exemplo de aqueduto romano, chamado de Água Cláudia.

Figura 1 – Aqueduto criado pelos Romanos.



Fonte: www.romacilada.com.br (2024). (Visualizado em ABRIL 2024)

Em Landi (1993), é explicitado que a área de hidráulica se apresentava em estruturação, mostrando falhas a nível tecnológico e sua evolução se deu do empirismo para o conhecimento científico. Logo, as soluções nesta área ocorrem quando são notados grandes problemas que atingem uma considerável quantidade de pessoas, tomando dimensões imensuráveis. Depois de Roma, foi perceptível este fato nas cidades industriais, onde um grande número de trabalhadores se aglomerava em regiões com baixíssimas condições de salubridade, pois apresentava insuficiência na quantidade de instalações, devido à exploração imobiliária dos terrenos (CLARO, 1999).

Na Idade Média, a higiene das habitações passa por uma repressão, sendo retomada apenas nos séculos XVIII e XIX, segundo Landi (1993). Isto pode ter acontecido devido a perda da postura objetiva dos pesquisadores, sendo substituída por uma cultura mística. Desta forma, pode-se dizer que, a história das instalações se inicia apenas na segunda metade do século XIX, os fenômenos hidráulicos e pneumáticos, foram estudados e não dominados no século passado, e exceto o trabalho de Hunter, em 1923, os modelos matemáticos só se iniciaram após a Segunda Guerra Mundial. Na figura 2 está representado através de uma pintura, as condições da população no século XIX.

Figura 2 - Gravura de Gustave Doré, 1872, fazendo referência às condições precárias da população durante a Revolução Industrial.



Fonte: Benévolo (1999). (Visualizado em ABRIL 2024)

Foi feita a lei sanitária no Império de Napoleão III, no ano de 1850, em Paris. Esta fazia parte de um conjunto de metas traçadas pelo prefeito Haussman para melhorar a cidade. Novos serviços primários como aquedutos, esgotos, e instalação da iluminação a gás, pelo menos para aqueles mais favorecidos financeiramente, começaram a ser atendidos. Este fenômeno foi mais notável nesta cidade, porém ocorreu em várias outras cidades. Isto foi perceptível inclusive no Brasil, com a reforma do Rio de Janeiro.

O paradoxo entre instalações hidráulicas no geral está cada vez maior. Grande parcela da população mundial vive sem as mínimas condições de saneamento e sem acesso a água tratada, enquanto há modernos sistemas de distribuição de gases em hospitais, construção de gasodutos e outras modernidades tecnológicas. Com relação aos materiais, alguns metais desde a antiguidade eram utilizados para condutos forçados. De acordo com a tecnologia existente, esses materiais se tornavam trabalháveis devido a uma característica peculiar: a ductilidade. Também eram empregados tubos de chumbo com revestimento interno em estanho, para evitar os efeitos danosos dos sais de chumbo a saúde e para evitar a corrosão. Esses tubos eram vendidos por peso e tinham gravados neles os nomes de fabricantes e instaladores. Para necessidade de diâmetros maiores que trinta milímetros, era

aplicado o ferro fundido (LANDI, 1993). A vida útil do ferro se mostrou baixa e esse material apresentou desvantagens como: ferrugem, condução de calor, além do fenômeno da incrustação, ou seja, redução da seção transversal devido ao acúmulo de resíduos em suas paredes internas.

Então, segundo Claro (1999), nas últimas décadas, o Policloreto de Vinila, mais conhecido como PVC, ganhou grande importância para consumidores e encanadores, substituindo, a partir da década de sessenta, os tubos de ferro fundido. Considerada a mais comum das famílias de tubos e conexões, o PVC, compõe a maioria das instalações de água fria no Brasil e se posiciona como absoluto no que se refere a esgoto. No caso, são usados tubos brancos, que têm espessura de parede menor que a dos tubos marrons, que são específicos para abastecimento e distribuição de água. Outro metal que passou a dividir espaço no mercado com outros produtos foi o cobre. Em relação a qualidade e vida útil, não há material igual. Porém, seu custo é mais elevado que o dos outros materiais e requer alguns cuidados particulares, como: mão-de-obra especializada para a execução da instalação, alto coeficiente de dilatação, deve-se evitar aderi-lo à estrutura do prédio, e alta condução térmica, fazendo com que necessite de isolamento. Assim, materiais como o Policloreto de Vinila Clorado (CPVC) e o Polipropileno Copolímero Random (PPR) ganharam espaço na preferência de alguns especialistas, que garantem que são tão bons quanto o cobre e que representam economia na instalação de sistemas de água quente. Mas, um dos mais recentes materiais utilizados é o polietileno reticulado (PEX).

Ele é adequado tanto para o transporte de água quente ou fria, destinada ou não ao consumo humano, quanto para a circulação de gás. Bastante difundido em países da Ásia, Europa e América do Norte. A tecnologia PEX foi desenvolvida pela primeira vez na Europa, em meados da década de setenta, e tem sido utilizada em vários locais com diversas aplicações desde então. Com muitos testes de performance e durabilidade, esse sistema tem uma história de sucesso no mercado europeu (DESIGN GUIDE, 2006). Este material, no ano de 1984, foi utilizado pela primeira vez na América do Norte, na forma de piso radiante, para aquecer os ambientes. Mais recentemente, começou a ser utilizado na distribuição de água residencial. Em todo o Canadá e Estados Unidos, o mesmo é aprovado para abastecimento de água quente ou fria, assim como para sistema de aquecimento de água.

Nestes locais, o maior problema para aceitação de proprietários de residências e empreiteiros é que existe uma comparação do PEX com outras tubulações que

também tem como material principal para sua confecção, o plástico, e que não obtêm um resultado bom com relação à aplicação em instalações hidráulicas. Há um rígido controle de qualidade da produção através de especificações e requisitos. De forma que são necessárias contínuas avaliações das temperaturas usadas, que estão por volta dos 93°C, bem como testes de resistência ao cloro, testes que garantem o controle da qualidade e teste anual de acompanhamento, para assegurar que a tubulação suportará as condições mais agressivas do fluido transportado (DESIGN GUIDE, 2006).

É discutida a elaboração de normas técnicas para o PEX, impulsionada principalmente pelo crescimento da demanda e certo amadurecimento do mercado. Há essa necessidade, pois todos os produtos disponibilizados devem seguir referências técnicas e normas internacionais. No Brasil, como sistemas de aquecimento apresentam uso reduzido, o polietileno reticulado passou a ser utilizado como condutor de água quente e fria em redes hidráulicas há pouco tempo. Mesmo existindo possibilidade no mercado para a aplicação do PEX e códigos internacionais regulamentando este produto, ainda existe grande resistência a utilização do mesmo e dificuldade para aceitação geral. Apesar de sua flexibilidade facilitar a instalação, seu custo ainda é elevado para pequenas obras e é necessária a adequação da mão-de-obra, que não está adaptada aos métodos e requisitos, pois não tem experiência com este tipo de instalação. Contudo, projetos de grandes empresas de edifícios e resorts em gesso acartonado e alvenaria estrutural já preveem o uso do produto.

2.2 Produtividade na Construção Civil

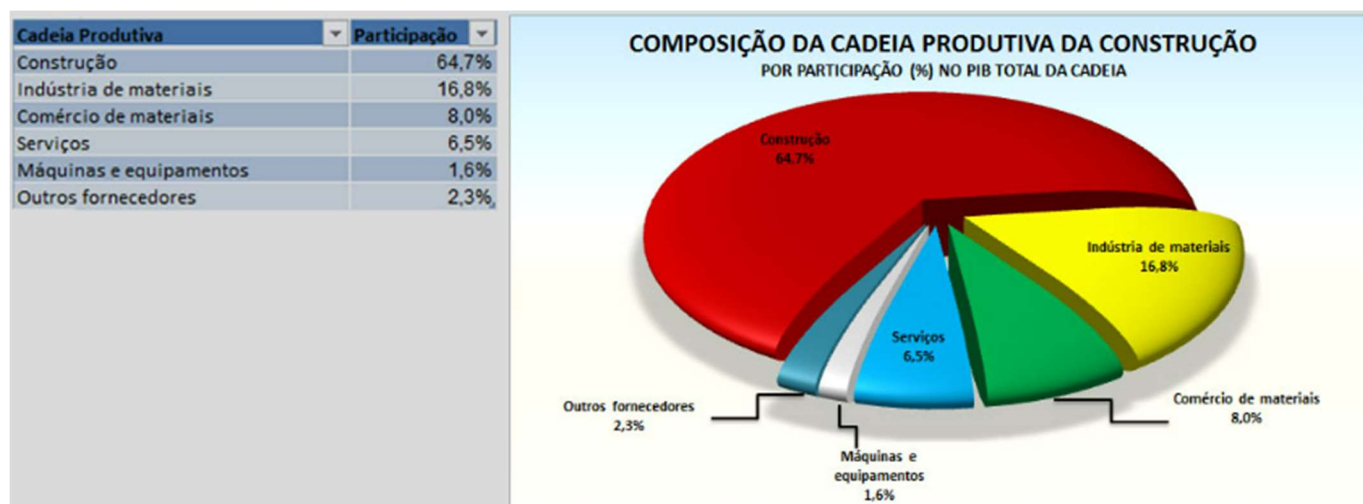
Desde 2015, houve uma desaceleração expressiva do crescimento no ramo da construção civil o que impactou em uma redução expressiva de investimentos setorial. O grande desafio dos empresários do mercado é a otimização da mão de obra e redução do pós-obra.

Nesse novo cenário, evidenciam-se grandes desafios. O principal deles, na trajetória de crescimento continuado, é o da produtividade. Em poucas palavras, a busca por produtividade significa atingir o objetivo de produzir mais e melhor a partir de uma combinação factível de recursos. O desafio se resume então em promover

condições de viabilidade para investimentos em máquinas, processos produtivos e qualificação de mão de obra (AEFI, 2014).

O gráfico da Figura 3 demonstra que a construção representa a maior parte da composição da cadeia produtiva do setor.

Figura 3 - Gráfico da cadeia produtiva da construção.



2.3 Utilização do sistema PEX

Além de economia na mão-de-obra, o PEX (Polietileno Reticulado) tem resistência a altas temperaturas, à dilatação de água congelada, à corrosão química e a impactos. Por ter flexibilidade, permite passagem da caixa de distribuição até o ponto de consumo. O PEX é um sistema que consiste em uma distribuição através de mangueiras flexíveis, ligadas por meio de conexões em cobre que são “clipadas”, formando o ramal de distribuição. Sendo utilizado em 2 configurações:

A NBR 5626 (ABNT, ANO 1998) prevê a utilização do referido material nas instalações prediais de água fria:

A designação genérica ‘tubulações plásticas’ compreende uma grande variedade de componentes fabricados com polímeros orgânicos sintéticos, de origem petroquímica, cuja classificação, basicamente, pode ser feita em:

a) tubos e outros componentes termoplásticos, que podem ser submetidos, repetidamente, ao amolecimento e endurecimento através da variação da temperatura, dentro de escala própria a cada material, sem ocorrência de qualquer alteração apreciável de suas propriedades. Incluem-se, nesta classe, tubos fabricados com os seguintes materiais: poli (cloreto de vinila), PVC; polipropileno, PP; polietileno, PE; copoli (acrilonitrila-butadieno-estireno), ABS; poli (cloreto de vinila) clorado, CPVC; polibutileno, PB; polietileno com ligação cruzada, PEX.

1º Tipo de distribuição em PEX por derivação

Essa distribuição é quando utilizamos as peças (cotovelos 90° ou 45°, tê de derivação, união e etc.), para formar um ramal único, saindo do barrilete, e contínuo, com a derivação para cada sub-ramal (banheiros, cozinhas, varandas gourmet e etc.) e por fim até as peças de utilização hidráulica final, sem a utilização de distribuidores.

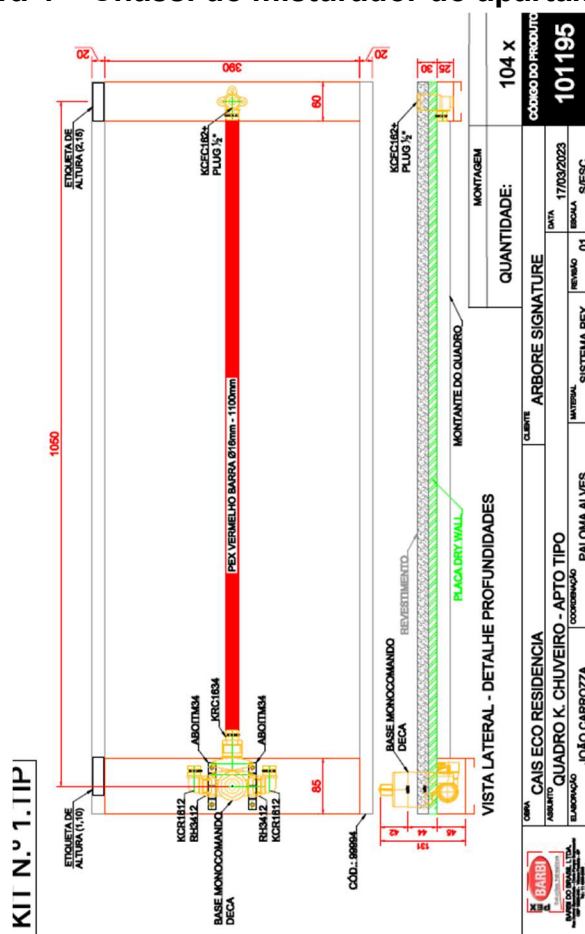
2º Tipo de distribuição em PEX por *manyfold*:

Nesse tipo de distribuição o barrilete do apartamento vai direto para os *shafts*, onde a alimentação das peças de utilização do apartamento é derivada através do *manyfold*, essa peça permite a alimentação de vários pontos simultâneos, sem perda de pressão ou vazão. Esse sistema é o mais utilizado, principalmente em apartamentos de alto padrão e o sistema do estudo de caso do referido trabalho. Na figura 4, é mostrado um *manyfold* aplicado na obra:



Figura 4 – Manyfold do apartamento.

Figura 4 – Chassi do misturador do apartamento.



Fonte: O autor (2024).

2.4 Caracterização do PVC Soldável

O Policloreto de Vinila, produzido a partir do sal e principalmente do petróleo, é um dos plásticos mais versáteis existentes e por este motivo, é um dos materiais mais utilizados e estudados. Segundo Nunes *et al.* (2006), os estudos sobre o histórico deste material mostram que, o Monômero de Cloreto de Vinila (MVC) foi sintetizado pela primeira vez, em 1835, em laboratório por Justus Von Liebig. Sua descoberta fez-se por meio da reação do dicloroetileno com hidróxido de potássio em solução alcoólica. Já em 1839, Victor Regnault faz observações verificando que quando se expunha uma ampola fechada contendo o MVC à luz solar, ocorria a formação de um pó branco. Porém, esse pó não era o PVC, tratava-se de poli (cloreto de vinilideno). Sendo que em 1872, E. Baumann sintetiza o Policloreto de Vinila (PVC). Depois, em 1912, Fritz Klatte descobre a base para a produção industrial do PVC. Os dois processos principais para obtenção do PVC são a polimerização em suspensão e a

polimerização em emulsão. As diferenças entre os dois aparecem nas características e no tamanho dos grãos de PVC obtidos, onde estes são utilizados de 24 acordo com os resultados que se desejam obter com o PVC e suas aplicações. No geral, o processo de produção do PVC é feito da seguinte forma: é misturado sal marinho ou sal gema a água. Este é dissociado, gerando cloro, hidróxido de sódio e hidrogênio. A partir da eletrólise do sal é extraído o cloro. Reagindo este com o etileno, obtém-se dicloroetano. Por pirólise (aquecimento em forno a alta temperatura), o dicloroetano é decomposto. Daí é feita a polimerização do Monômero de PVC segundo o Catálogo “O PVC” da Dacarto Benvic (2015).

O PVC é o segundo termoplástico mais consumido em todo o mundo, com uma demanda mundial de resina superior a 35 milhões de toneladas no ano de 2005, sendo a capacidade mundial de produção de resinas de PVC estimada em cerca de 36 milhões de toneladas ao ano. Dessa demanda total, 21% foram consumidos na América do Norte (principalmente nos Estados Unidos), 20% na China, 18% nos países da Europa Ocidental e 5% no Japão. O Brasil foi responsável pelo consumo de cerca de 2% da demanda mundial de resinas de PVC. Esses dados mostram o potencial de crescimento da demanda de resinas de PVC no Brasil, uma vez que o consumo per capita, na faixa de 4,0 kg/hab/ano, ainda é baixo se comparado com o de outros países.

O PVC tem características muito atraentes, que fazem com que ele seja utilizado em uma gama muito grande de produtos. Uma delas é o fato de ele ser estável quimicamente, pois, além de preservar as propriedades organoléticas de produtos por ele embalados, devido a sua inércia química, permite a utilização na indústria médico hospitalar, alimentícia e industrial de uma maneira geral, pois tem boa resistência a ácidos e bases. Ele também não é inflamável, não inflama sozinho e nem é facilmente queimado, por causa do cloro existente em sua molécula, sendo, desta forma, extensivamente empregado para isolar e proteger cabos elétricos. Possui propriedades de barreira, sendo ideal para indústria de alimentos, pois apresenta baixa permeabilidade ao oxigênio e ao gás carbônico.

Os produtos confeccionados com PVC demonstram uma vida útil longa, viabilizando a sua aplicação em bens duráveis. Como tem um alto valor energético, apresenta boa recuperação de energia. Nos modernos sistemas de valorização energética de resíduos, sendo as emissões muito controladas, o PVC pode fornecer calor e energia na indústria, residências ou em outros lugares. Por ser um termoplástico, é totalmente reciclável e pode ser transformado na maioria dos

processos industriais de transformação, como injeção, extrusão, calandragem, sopro, entre outros. Além do que, ainda apresenta excelente relação custo / benefício, resistência à luz e bom isolamento acústico e térmico. A utilização do PVC tem várias vantagens, dentre elas o fato de ter muita versatilidade. Há possibilidade de se obter diversos produtos finais apenas adicionando alguns aditivos. Os produtos finais podem ser rígidos, como tubos e conexões, ou flexíveis, como mangueiras e sandálias. Podem ser feitas peças opacas, foscas ou brilhantes e cristalinas, com variadas cores (aspecto metálico, perolizado, alumínio, entre outros), superfícies com texturas diferenciadas. Pode-se ainda alterar a consistência, sendo sólida (compacta) ou expandida (espumada). Devido a escolha de aditivos com as mesmas características da resina do PVC, que é totalmente atóxica e inerte, é permitida a fabricação de filmes, lacres e laminados para embalagens, brinquedos e acessórios médico-hospitalares.

Na Tabela 1, é mostrado os setores que são utilizados o PVC.

Tabela 1 - Setores que utilizam PVC e seus respectivos produtos.

SETORES	PRODUTOS
Construção Civil	Tubos, conexões, conduítes, fios e cabos, forros, perfil de janelas, mangueiras de jardim, tapetes de banheiro, pisos, juntas de dilatação, entre outros;
Área médica/ hospitalar	Cateteres, conectores, bolsas de sangue e soro, laminados flexíveis para acondicionamento de sangue e plasma;
Indústrias no geral	Perfis rígidos, mangueiras com e sem alma rígida, botas de segurança, luvas e etc.;
Indústrias de alimentos	Filmes esticáveis, frascos, etc.;
Indústria automobilísticas	Mangueiras, fiação elétrica, frisos laterais;
Indústria de calçadas	Solados, sandálias e chinelos;
Indústrias de brinquedos	Bonecos e acessórios em geral;

Fonte: Catálogo “O PVC”, Dacarto Benvic (2010).

A maior parte dos produtos confeccionados com o PVC tem longa duração, é o caso de esquadrias (Figura 5 (a)), forros (Figura 5 (b)) e aparelhos para instalações hidráulicas (Figura 5 (c)), que apresentam vida útil entre vinte e cem anos. Esses

produtos utilizam cerca de 42% do PVC fabricado. Esse percentual está incluso dentro dos 68% de utilização do PVC para fabricação de produtos que tem o ciclo de vida maior do que dez anos, concluindo-se então que há menos descarte e menor impacto ambiental de acordo com o Catálogo “PVC na Construção e Arquitetura” da Braskem (2009). Na figura 5, é mostrado as várias aplicações do PVC:

Figura 5 – (a) Esquadria em PVC, (b) Forro em PVC, (c) materiais de instalações hidráulicas em PVC.



(a)



(b)



(c)

Fonte: (a) site Temper Master, (b) site Plasticos Vipal, (c) site Hidro Constrwil (2015). www.tempermaster.com.br(a), www.maisplastico.com.br(b), www.moteleiro.com.br(c).

Apenas 5% são destinados ao consumo domiciliar, pois esses produtos têm ciclo de vida bastante curto, como exemplo podem ser citadas as embalagens, filmes esticáveis e encolhíveis, além de frascos soprados nos mais diversos tamanhos e formatos. Não é conveniente utilizá-los em larga escala nestes casos, porém, neste segmento, mais uma vez, a versatilidade do PVC se mostra. O PVC que é coletado pós-consumo é bastante utilizado para aplicações em mangueiras de jardim e solados de calçados. No segmento de calçados, o PVC também é usado na composição de outros componentes, que podem ser expandidos ou compactos. Alguns exemplos de produtos são sandálias inteiramente moldadas em uma única etapa, calçados mais sofisticados, que apresentam acabamentos elaborados, como transparências ou brilhos, e que podem ser dosados de acordo com a formulação do composto. Na construção civil, mostra excelente relação custo-benefício quando confrontado com materiais concorrentes como a madeira, metais e cerâmicas, através de produtos como forros, janelas, portas e pisos.

Além de apresentar vantagens muito propícias a este ramo em quesitos como comportamento antichama, isolamento térmico e acústico, resistência química e ao

intemperismo, facilidade de instalação, excelente acabamento e estética e baixa necessidade de manutenção, dentre outras. Destacam-se também o segmento de perfis, englobando chapas rígidas, e os segmentos de laminados e espalmados. O primeiro é o de maior potencial de crescimento no Brasil e consiste em aplicações em esquadrias, diversos perfis de acabamento, revestimentos internos e externos e displays para comunicação visual.

Os últimos englobam revestimentos para imitação de couro e laminados reforçados para aplicações em proteção do solo (geomembranas), sendo aplicados em piscinas e como lonas para aplicações diversas. A confecção de produtos tão diferentes só é possível devido à versatilidade do PVC conforme o Catálogo “PVC na Construção e Arquitetura” da Braskem (2009).

Devido à grande quantidade de benefícios, como versatilidade, leveza, estética, economia em escala, durabilidade e sustentabilidade, adquiridos com a utilização do PVC, o mesmo apresenta grande destaque no cenário atual, tanto no Brasil quanto mundialmente. Deve ser ressaltado que só o setor da construção civil absorve 73% da sua produção total. O PVC é utilizado neste setor principalmente na área de infraestrutura e de construções e arquitetura.

Sempre foram buscadas para a infraestrutura, alternativas para captação, tratamento, distribuição de água e saneamento, que são elementos vitais para a sobrevivência e saúde humana. Mais uma vez, o PVC se mostra uma boa opção, pois é totalmente seguro no contato com a água de consumo humano (água potável), proporciona elevada produtividade na instalação e estanqueidade, evitando perdas de água e contaminação do lençol freático no caso de uso em esgotos. As instalações feitas com PVC têm um menor custo de manutenção e uma vida útil maior. As aplicações mais usuais nesta área são através de instalações de água e esgoto, instalações elétricas, drenagem de águas pluviais, poços tubulares e telecomunicação. As principais vantagens para estes casos são soldagem química, o que facilita a instalação, estabilidade dimensional, resistência mecânica e rugosidade superficial, isolamento elétrico, resistência à corrosão, resistência química e leveza, facilitando o transporte. Em construções, o PVC é reconhecido pelo sucesso de sua aplicação na confecção de tubos e perfis em instalações em geral, porém a cada dia, são requisitadas soluções arquitetônicas mais sofisticadas e modernas por engenheiros e arquitetos. Assim, houve uma ampliação da utilização do PVC e este apresenta agora um quadro muito maior de produtos resultantes dele, que tem a

finalidade de proteger, revestir e decorar. Um bom exemplo disso é o sucesso feito pelas esquadrias de PVC, que começaram a ser aplicadas na década de sessenta, e hoje lideram o mercado europeu e norte-americano segundo o Catálogo “PVC na Construção e Arquitetura” da Braskem (2009).

A variação de aplicações nesta área é enorme, porém as que se destacam são as esquadrias e portas (sanfonadas); revestimentos, com pisos vinílicos, decks, forros, juntas de dilatação, papel de parede, perfil para acabamento cerâmico, rodapé, *siding*, painéis de parede e perfis protetores de paredes; fechamentos, contendo divisórias internas, persiana interna, venezianas, brises; coberturas, através de telha, rufo e cobertura tensionada; instalações, com pisos elevados, dutos de ventilação, redes de proteção em obras, mantas de impermeabilização e piscinas, calhas de piso, impermeabilização. As vantagens mais marcantes para este segmento seriam: a versatilidade para o projeto, resistência às intempéries, resistência mecânica, leveza, fácil transporte, montagem e desmontagem, beleza e versatilidade no design, cores e texturas, baixa manutenção, facilidade de limpeza, imunidade a fungos, bolores, bactérias e cupins, não há necessidade de pintura, estabilidade dimensional e rigidez e transparência.

2.5 Normas Técnicas

Existem inúmeras normas para os produtos confeccionados com PVC e sua execução. Para os fins de instalações hidráulicas, as mais importantes são: ASTM F-794: Especificação de tubos e conexões de poli (cloreto de vinila) para drenagem por gravidade baseada em diâmetro interno controlado, NBR 5626: Instalação predial de água fria, NBR 5647: Sistema para adução e distribuição de água – Tubos e conexões de PVC 6,3 com junta elástica e com diâmetros nominais até DN 100, NBR 5648: Sistemas prediais de água fria - Requisitos para tubos e conexões de PVC 6,3 PN 750 kPa, com junta soldável – Requisitos, NBR 5674: Manutenção de edificações - Procedimento, NBR 5683: Tubos de PVC - Verificação da resistência à pressão hidrostática interna, NBR 5685: Tubos e conexões de PVC - Verificação do desempenho da junta elástica, NBR 5687: Tubos de PVC - Verificação da estabilidade dimensional, NBR 5688: Sistemas Prediais de água pluvial, esgoto sanitário e ventilação para tubos e conexões de PVC, tipo DN – Requisitos, NBR 6483: Conexões de PVC - Verificação do comportamento ao achatamento, NBR 7231: Conexões de

PVC - Verificação do comportamento ao calor, NBR 7362: Sistemas enterrados para condução de esgoto, NBR 7367: Projeto e assentamento de tubulações de PVC rígido para sistemas de esgoto sanitário – Procedimento, NBR 7371: Tubos de PVC - Verificação do desempenho da junta soldável, NBR 7665: Sistema para adução e distribuição de água - Tubos de PVC 12 DEFOFO com junta elástica – Requisitos, NBR 8160: Instalações prediais de esgotos sanitários, NBR 9822: Execução de tubulações de PVC rígido para adutoras de redes de água – Procedimento (NUNES *et al.*, 2006).

2.6 Processo Executivo

As tubulações e conexões de PVC podem ser soldáveis ou roscáveis, como pode ser visto na Figura 6, exemplos de tubos de cada situação. Cada um apresenta um processo executivo distinto. Os mesmos serão descritos a seguir através de tabelas e ilustrações. Na Figura 6 é apresentado o PVC roscável e o soldável:

Figura 6 - (a) tubo de PVC soldável e (b) tubo de PVC roscável.



Fonte: www.hidrogerais.com.br (2024).

Nas Tabelas 2 e 3, estão os processos empregados para execução de instalações com tubos e conexões em PVC soldáveis e roscáveis, respectivamente.

Tabela 2 - Execução de instalações com tubos e conexões em PVC soldável.

Execução de instalações com tubos e conexões soldáveis
a) Preparo dos produtos - Cortar o tubo no esquadro e chanfrar a ponta. Tirar o brilho das superfícies a serem soldadas (ponta do tubo e bolsa da conexão) com uma lixa d'água, afim de melhorar a aderência na soldagem. (figura 7 (a))

b) Limpeza das superfícies - Para eliminar as impurezas que podem impedir a ação do adesivo, limpar as superfícies lixadas com solução limpadora. Esta ação também prepara o PVC para a soldagem. (figura 7 (b))
c) Aplicação do adesivo plástico - Aplicar com pincel uma camada fina e uniforme de adesivo plástico na parte interna da bolsa, cobrindo apenas um terço da mesma, e uma camada igual (um terço) na parte externa do tubo. (figura 7 (c))
d) Encaixe perfeito - Juntar as duas peças, forçando o encaixe até o fundo da bolsa, sem torcer. (figura 7 (d))
e) Remoção de excessos - Remover o excesso de adesivo plástico e deixar secar. Aguardar uma hora para liberar o fluxo de água e doze horas para submeter à pressão a tubulação. (figura 7 (e))

Fonte: Catálogo Amanco 2024.

<https://wavin.com/pt-br/download-center/fichas-tecnicas/fichas-tecnicas-predial>

Na Figura 7, é ilustrado o processo executivo das instalações com PVC soldável.

Instalação de PVC soldável		
		
(b) Preparação das superfícies.	(b) Limpeza das superfícies.	(c) Aplicação do adesivo.
		
(d) Juntar as duas peças.		(e) Remoção dos excessos.

Tabela 3 - Execução de instalações com tubos e conexões em PVC roscável.

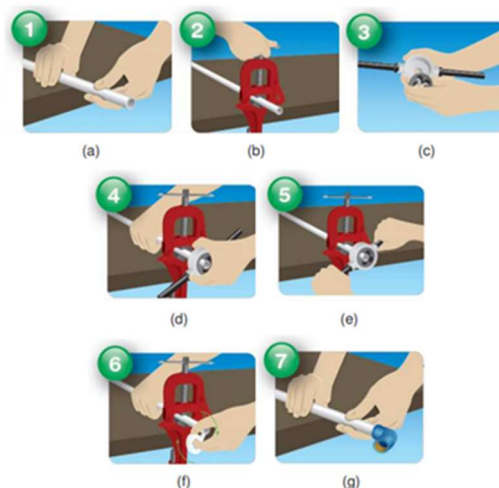
Execução de instalações com tubos e conexões roscáveis
a) Preparo dos produtos - A extremidade do tubo deve estar isenta de rebarbas e o corte deve estar no esquadro. Deve-se prender o tubo na morsa sem deformá-lo. (Figura 7 (a) e (b)).
b) Montagem da tarraxa - Montar a tarraxa observando a colocação correta do cossinete. (Figura 7 (c)).
c) Colocação da tarraxa - Colocar a tarraxa no tubo, fazendo uma pressão com uma das mãos, girando a ferramenta no sentido horário. (Figura 7 (d)).
d) Desenvolvimento da rosca - este deverá ser executado dando uma volta para a frente (sentido horário) e retornando um quarto de volta. A rosca desenvolvida no tubo deve ter o mesmo comprimento da bolsa onde for interligada. (Figura 7 (e))
e) Aplicação de fita veda rosca (fita Teflon) - Aplicar fita veda rosca na ponta do tubo, no sentido da rosca (sentido horário). (Figura 7 (f)).
f) Junta roscável - Retirar o tubo da morsa e executar a junta roscável, realizando aperto manual. (Figura 7 (g)).

Fonte: Catálogo Amanco 2015.

[www.http://amanco.com.br/downloads#technical-manuals](http://amanco.com.br/downloads#technical-manuals)

Na Figura 8, é ilustrado o processo executivo das instalações com PVC roscável.

Figura 8 - (a) Preparo dos produtos, (b) Fixação de tubo na morsa, (c) Montagem da tarraxa, (d) Colocação da tarraxa, (e) Desenvolvimento da rosca, (f) Aplicação de fita veda rosca, (g) Execução de junta roscável.



Fonte: Catálogo Predial Amanco (2015).

2.7 Sistema de Água Quente (CPVC)

O policloreto de vinila clorado ou CPVC é um material com todas as propriedades inerentes ao PVC, incluindo-se a resistência à condução de líquidos sob pressões a altas temperaturas. A forma de obtenção dos dois produtos também é bem semelhante, sendo que no caso do CPVC há um aumento da participação percentual de cloro no composto das matérias-primas, de acordo com Nunes *et al.*, 2006. Este desenvolvimento ocorreu exatamente pela necessidade de obter-se um termoplástico que pudesse ser usado não só para condução de água fria, mas também, de água quente.

De acordo com o Catálogo Predial Aquaterm Tigre (2015) a utilização do CPVC ocorre desde 1960, na Europa e Estados Unidos da América, onde tem um histórico de sucesso e grande aceitação desde então. Tem-se como as principais aplicações do CPVC, tubos e conexões utilizados para condução principalmente de água quente e fluidos industriais, como na Figura 9, chapas, tarugos e outros produtos para conformação de tanques, placas, elementos de dutos, filtros, válvulas e bombas, e até mesmo como aditivo em formulações de compostos de PVC, visando a melhoria de resistência química e propriedades térmicas, substituindo parte da resina convencionalmente usada com este fim,

Os produtos confeccionados com CPVC apresentam algumas vantagens, uma delas é a simplicidade de execução de suas instalações. A junta soldável a frio por meio de adesivo é tão fácil de executar que não demanda mão-de-obra especializada, ferramentas e equipamentos que necessitem de treinamento específico nem qualquer

fonte de energia. Inibe também a possibilidade de falhas nas execuções das juntas, pois a junta soldável através de adesivo realiza uma fusão resistente e estanque. Outra vantagem é que não transmite gosto nem odor à água, pois é produzido com material totalmente atóxico. Na Figura 9 é apresentado algumas conexões em CPVC.

Figura 9 - Tubos e conexões de CPVC.



Fonte: Catálogo Predial Aquaterm Tigre (2015).

Alia-se a isso o fato de demonstrar durabilidade e resistência a corrosão, como corrosão eletroquímica ou galvânica, devido a sua alta resistência aos ataques químicos das substâncias contidas na água, como cloro, ferro, flúor, etc., o que garante uma melhor fluidez, menor custo de manutenção e maior vida útil do sistema. Essa resistência, somada ao fato de sua superfície interna ser extremamente lisa, faz com que o sistema não sofra incrustações internas, garantindo que não ocorrerão reduções de diâmetro ao longo do tempo. Além disto, essas tubulações dispensam isolamento térmico, pois têm a menor perda de calor entre os materiais utilizados em instalações prediais de água quente, mantendo a temperatura da água por muito mais tempo, devido a sua baixíssima condutividade térmica. Para instalações ao ar livre, também é bem adaptado, pois não é afetado negativamente pela condição atmosférica de acordo com o Catálogo Predial Aquaterm Tigre (2015). Dentre as instalações de água quente é a que apresenta menor custo em todas as soluções,

tanto no ato da compra, quanto na instalação propriamente dita e na manutenção. Apresenta disponibilidade em várias revendas, o que facilita sua aquisição.

Quanto ao transporte e manuseio, devem ser tomadas algumas precauções para evitar qualquer tipo de dano ou deformação. No transporte, os tubos devem ser apoiados em toda sua extensão e deve-se evitar curvá-los, arrastá-los, batê-los ou lançá-los sobre o solo. Para a estocagem, os locais devem ter fácil acesso e ser à sombra, livre de ação direta ou de exposição contínua ao sol. Estas precauções teriam a finalidade de evitar o aquecimento excessivo, o que poderia provocar ovalização ou deformação nos tubos empilhados. O mais indicado é que, se possível, a proteção dos tubos seja feita através de uma estrutura definitiva. Nos casos em que não haja esta possibilidade, o melhor é proteger o material estocado com uma cobertura formada por uma grade de ripas ou estrutura de cobertura de simples desmontagem.

Para proporcionar um alto grau de segurança às instalações, mesmo quando sujeitas a condições extremas de pressão e temperatura, os sistemas devem seguir as exigências da norma brasileira NBR7198. Há também as normas internacionais ASTM (*American Society for Testing and Materials*) D- 2846, F-439 e F-442 (as duas últimas para os diâmetros de 73 a 114 mm, aplicadas a conexões e a tubos respectivamente), que se mostram mais exigentes que a norma brasileira. Segundo o Catálogo Predial Aquaterm Tigre (2015), este sistema é recomendado para operar na temperatura de serviço de 80°C, conduzindo água sob pressão de 60 m.c.a. e suportando temperaturas ocasionais de 95°C.

2.8 Sistema PEX

2.8.1 Caracterização do PEX

O Polietileno Reticulado (PEX) é originado do Polietileno (PE). Este é um polímero termoplástico que consiste em longas cadeias de monômero de etileno ou eteno, como é reconhecido pela *International Union of Pure and Applied Chemistry* (IUPAC). O polímero é comumente chamado de polietileno no Reino Unido, embora este não seja reconhecido cientificamente. A molécula de eteno é C_2H_4 $CH_2 = CH_2$, dois grupos CH_2 ligados por uma ligação dupla.

A polimerização de eteno origina o polietileno. Pode ser produzido através de alguns tipos de polimerização, como radical, catiônica, aniônica ou de coordenação de íons. Cada um desses métodos resulta em um tipo diferente de polietileno, que é classificado em várias categorias diferentes, baseadas principalmente em sua densidade. As propriedades mecânicas do PE dependem significativamente de variáveis como o peso molecular, o tipo de ramificação, a extensão e a estrutura de cristal. Os graus de polietileno mais importantes são o PEAD, PEBDL e PEBD, referindo-se aos volumes vendidos (TECHNOPOL, 2015).

Os tipos de polietileno existentes são: Ultra polietileno de alto peso molecular (UHMWPE), Ultra polietileno de baixo peso molecular (ULMWPE ou PE-WAX), polietileno de alto peso molecular (HMWPE), polietileno de alta densidade (PEAD), polietileno de alta densidade reticulado (HDXLPE), polietileno reticulado (PEX ou XLPE), polietileno de média densidade (PEMD), polietileno de baixa densidade linear (PEBDL), polietileno de baixa densidade (PEBD) e muito polietileno de baixa densidade (VLDPE) (TECHNOPOL, 2015).

A reticulação, processo que transforma um tubo de polietileno de alta densidade (HDPE) em PEX, consiste na eliminação do hidrogênio do sistema fazendo com que as novas ligações espaciais formadas apenas por carbono gerem ao novo produto suas principais qualidades, como flexibilidade, alta resistência e memória térmica. (REVISTA TECHNE, 2015).

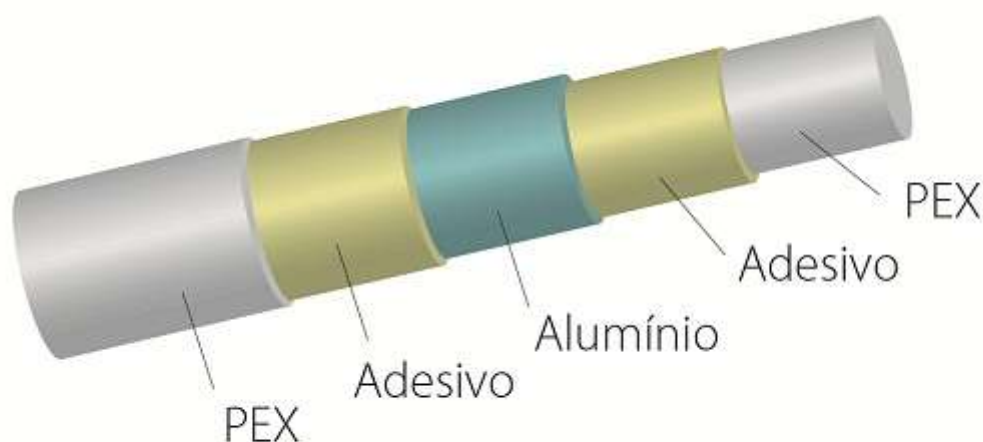
Essas diferentes técnicas de reticulação podem gerar três tipos de tubo PEX: PEX A, que é reticulado com peróxido, uma substância orgânica, PEX B, que apresenta reticulação mediante adição de silano ao polietileno, em reação com a água quente ou vapor, e PEX C, em que a reticulação se dá por irradiação de elétrons.

O PEX é visto como um produto inovador na indústria da construção civil, podendo dinamizar os processos. Sua aplicação, por enquanto, está um tanto quanto restrita a este setor, em redes de água para consumo e sanitárias de água quente ou fria, instalações de aquecimento central, instalações de gás, recobrimentos de cabo e arame e piso radiante, com poucas exceções como materiais que encolhem em presença de calor e pacote de alimento resistente ao vapor de acordo com o Catálogo Revel (2010). O sistema chamado “Ponto a Ponto” é a tecnologia mais moderna de instalação hidráulica predial. Ao eliminar as conexões, o sistema ganha facilidade e rapidez na instalação permitindo a entrega da obra em prazos mais curtos segundo o Catálogo Astra (2015).

A acomodação dos tubos na laje ou a passagem destes pelas lajes, através de passantes e por dentro de carenagens ou forros, torna desnecessário o corte de paredes, diminuindo o entulho na obra e evitando o enfraquecimento estrutural das paredes. Podem ser encontrados para a venda dois tipos de tubulação PEX: tubos monocamada (convencionais) e tubos multicamada (tubos de alumínio). Os tubos monocamada apresentam como material constituinte apenas o PEX, por isso apresentam grande flexibilidade e durabilidade. Também não são afetados por aditivos derivados do cimento (CATÁLOGO TIGRE, 2015).

Os tubos multicamada foram desenvolvidos para tornar mais rápida, eficiente e segura a instalação hidráulica predial. Os tubos de alumínio unem as principais qualidades dos tubos convencionais: resistência mecânica e térmica dos tubos metálicos, como o cobre e o aço e resistência a corrosão dos tubos plásticos, como CPVC, PEX e CPVC. Na Figura 10, é possível ver a disposição dos materiais no tubo.

Figura 10 - Composição do tubo de PEX multicamadas.

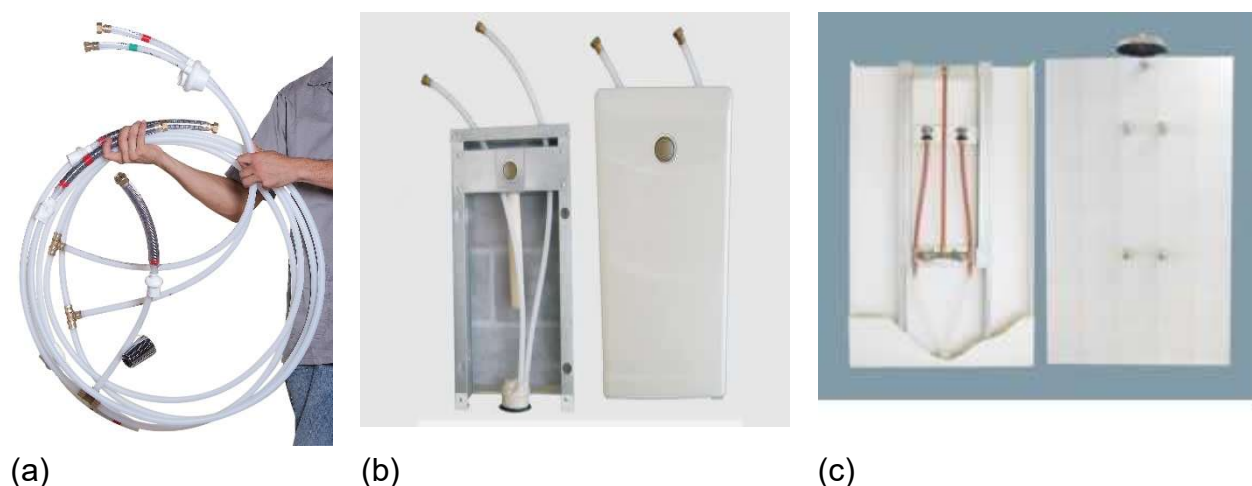


Fonte: Catálogo Tigre (2010).

Seu revestimento interno e externo com Polietileno Reticulado permite a instalação diretamente na alvenaria, sem cotovelos e emendas. O tubo de alumínio é semirrígido e fixa-se na posição de instalação desejada. Com o crescimento da construção civil brasileira, foi gerada uma nova demanda de criação de um sistema capaz de atender aos prazos das construtoras com eficiência e qualidade. Os kits

hidráulicos industrializados podem ser de três formas: chicote (Figura 11 (a)), chassi de esgoto (Figura 11 (b)) e chassi de chuveiro (Figura 11 (c)), os quais são mostrados na Figura 11 e descritos na Tabela 4.

Figura 11 - (a) Kit chicote, (b) kit lavatório (kit esgoto) e (c) kit chuveiro.



Fonte: Catálogo Astra (2015).

Na tabela 4 temos a descrição e a composição do chicote em PEX e do chassi do chuveiro.

Tabela 4 - Relação de itens dos kits industrializados, suas descrições e composições.

ITEM	DESCRIÇÃO	COMPOSIÇÃO
Chicote	Tubulações em PEX (polietileno reticulado) pré-montadas e testadas dentro da indústria. Os chicotes são usados nas instalações hidrossanitárias da obra.	Tubulação PEX; conexões em latão forjado, montadas e testadas; coifas para vedação; flexível metálico para acabamento no vaso sanitário.

Chassi do chuveiro	Estruturas metálicas pré fabricadas que posicionam e sustentam os registros e o ponto de chuveiro.	Estrutura metálica em aço galvanizado; travessas metálicas; suporte para registros; registros de pressão e de gaveta; ponto terminal para espera do chuveiro.
--------------------	--	---

Fonte: Catálogo da EPEX (2010).

A utilização do PEX tem como principais características o fato de este ser um material muito flexível, o que garante a possibilidade de elaboração de diversos trajetos para as tubulações, sem que seja necessário o uso de conexões ou acessórios; ter uma excelente resistência a corrosão química (tanto para soluções básicas como ácidas) e eletroquímica, pois não é bom condutor de corrente elétrica. Como seu interior é liso, reduzem-se as perdas de carga; é possível fazer curvas a frio que tenham raio de seis a oito vezes o diâmetro do tubo e a quente, por volta de duas vezes e meia e quando aquecido à temperatura de amolecimento, retorna a forma original, isso é chamado de memória térmica. Como não necessita de muitos acessórios e os tubos são bem leves, a execução do sistema se torna rápida e fácil; e por apresentar uma baixa condutividade térmica, há pouca dissipação de calor e o sistema se mantém isolado. Tem a capacidade de absorver oscilações sem apresentar ruptura, pois ficam soltos dentro de *shafts*; possuir isolamento elétrico, devido a sua composição química; poder ser utilizado em instalações de água de consumo, já que foi aprovado com relação a higiene. Há ainda facilidade de remoção e manutenção do material, quando a instalação está protegida por *shafts* ou forros de gesso de acordo com o Catálogo Tigre (2015).

Com relação aos kits industrializados, ainda podem ser mencionadas as seguintes vantagens: garantia de redução de custos, pela eliminação de qualquer desperdício de tubulação e conexão; garantia de estanqueidade, pois todas as conexões montadas são testadas; eliminação de risco de extravio de material, devido a diminuição dos itens a serem gerenciados na obra; facilidade na instalação e garantia na qualidade da mão-de-obra, pois as montagens das conexões são feitas

na indústria; a padronização da obra; e assessoria técnica personalizada (CATÁLOGO ASTRA, 2015).

2.8.2 Normas Técnicas

O PEX segue especificações DIN (Norma de Controle de Qualidade Alemã) ou UNE (Norma de Controle de Qualidade Espanhola), entre outras, dependendo da origem do fabricante ou de seu representante no território nacional. As normas europeias UNEEN ISO 15875-2 para os tubos de polietileno reticulado, UNE-EN ISO 15875-3 para os acessórios, e UNE-EN ISO 15875-5 para o sistema são comuns a todos os países da Europa e substitui as normas UNE 53381, DIN16892 e 16893, GVGW W-544 e CSTB (DESIGN GUIDE, 2006). Há uma comissão de estudos da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) definindo as especificações brasileiras para os mesmos (Dulce Rosell, Revista Construção Mercado, 2007).

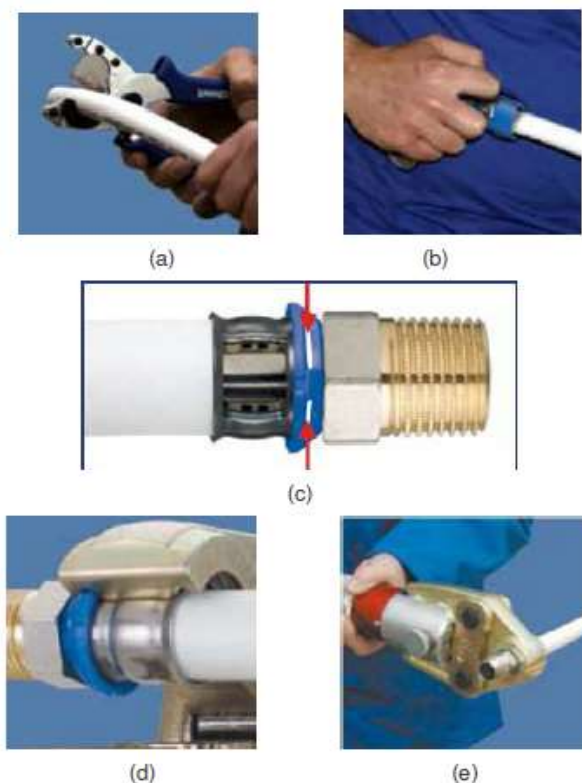
2.8.3 Processo Executivo

O processo executivo é considerado bem simples, porém necessita de prática. A derivação deste sistema pode ser feita de duas formas: por derivação e por manifold. Por derivação, o PEX pode ser instalado com ramais, sub-ramais, joelhos e conexões em "T", assim como em tubulações rígidas. Nesse caso, o sistema apresenta algumas vantagens como a absorção das pressões causadas pelo Golpe de Aríete e a possibilidade de fazer o percurso da tubulação com o próprio tubo. Em comparação com o sistema manifold, exige o emprego de menor quantidade de tubos, barateando a solução. Contudo, perde-se uma das principais vantagens do sistema flexível que é a de reduzir o número de conexões, se instalado desta maneira. Já o sistema por manifold, que é a forma mais tradicional de utilização do PEX, é utilizado o mesmo conceito de uma instalação elétrica: o tubo de polietileno reticulado é introduzido dentro de um tubo condutor que o guia da caixa de distribuição (barrilete) até os pontos de consumo. A água corre por um sistema de tubos flexíveis, sem conexões intermediárias, permitindo a inspeção, troca e manutenção sem quebras de revestimentos e paredes. Além disso, por eliminar emendas, esta forma de utilizar o material reduz a possibilidade de vazamentos. O PEX com manifolds pode ser

empregado em paredes de drywall e em alvenaria convencional. Na Figura 12, é mostrada a diferença entre os dois sistemas (REVISTA TECHNE, 2010).

Na Figura 12, mostra as etapas do sistema de prensar.

Figura 12 - (a) Cortar o tubo, (b) Chanfrar o tubo, (c) Encaixar o tubo, (d) Encaixe correto da prensa no anel, (e) Prensar conexão no tubo.



Fonte: Manual Técnico O Emmetti (2015).

Tabela 5 - Execução de instalações com tubos e conexões em PEX, com sistema de prensar.

Execução de instalações em PEX através do sistema de prensar
a) Cortar o tubo em ângulo reto, e assim, calibrá-lo e chanfrá-lo. (Figura 11 (a) e (b))
b) Encaixar o tubo e verificar pelas aberturas do anel plástico se o tubo está encaixado perfeitamente. (Figura 11 (c))
c) Certificar-se do encaixe correto da prensa no anel. (Figura 11 (d))
d) Prensar a conexão no tubo. (Figura 11 (e))

Fonte: Manual Técnico O Emmetti (2015)

3.1 Descrição do empreendimento

O empreendimento está localizado no bairro de Muro Alto- IPOJUCA/PE e o projeto conta com 7 torres, 42 apartamentos/torre, pavimento térreo, pavimento 1º, 2º, 3º e Rooftop.

Na Figura 13 é mostrada uma foto da obra.

Figura 13 – OBRA ECO CAIS VISTA DE CIMA.



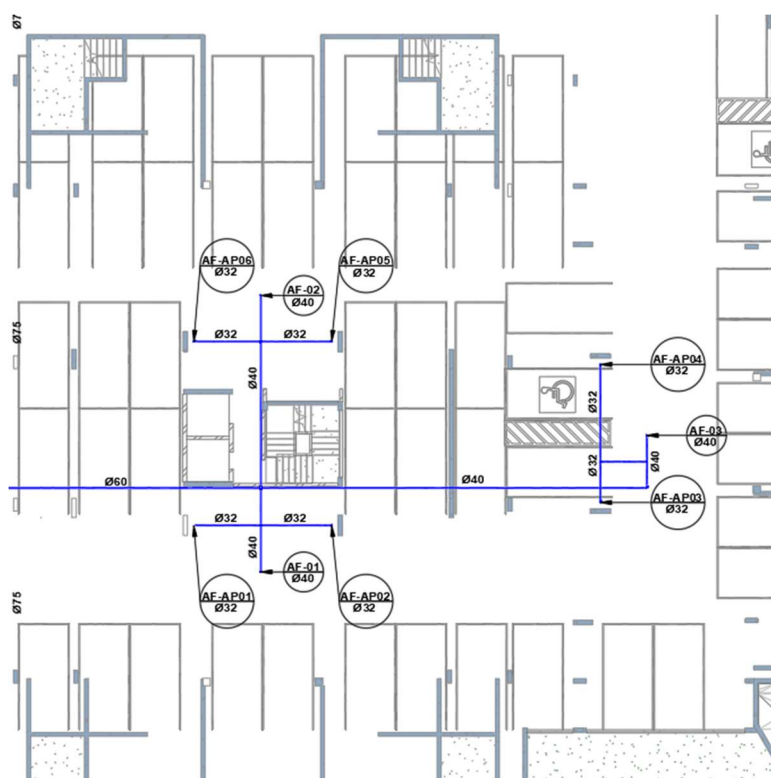
Fonte: O autor (2024).

Figura 14 – Distribuição AF do empreendimento / (TORRE AMPLIADA)



SEMI ENTERRADO

1 : 200

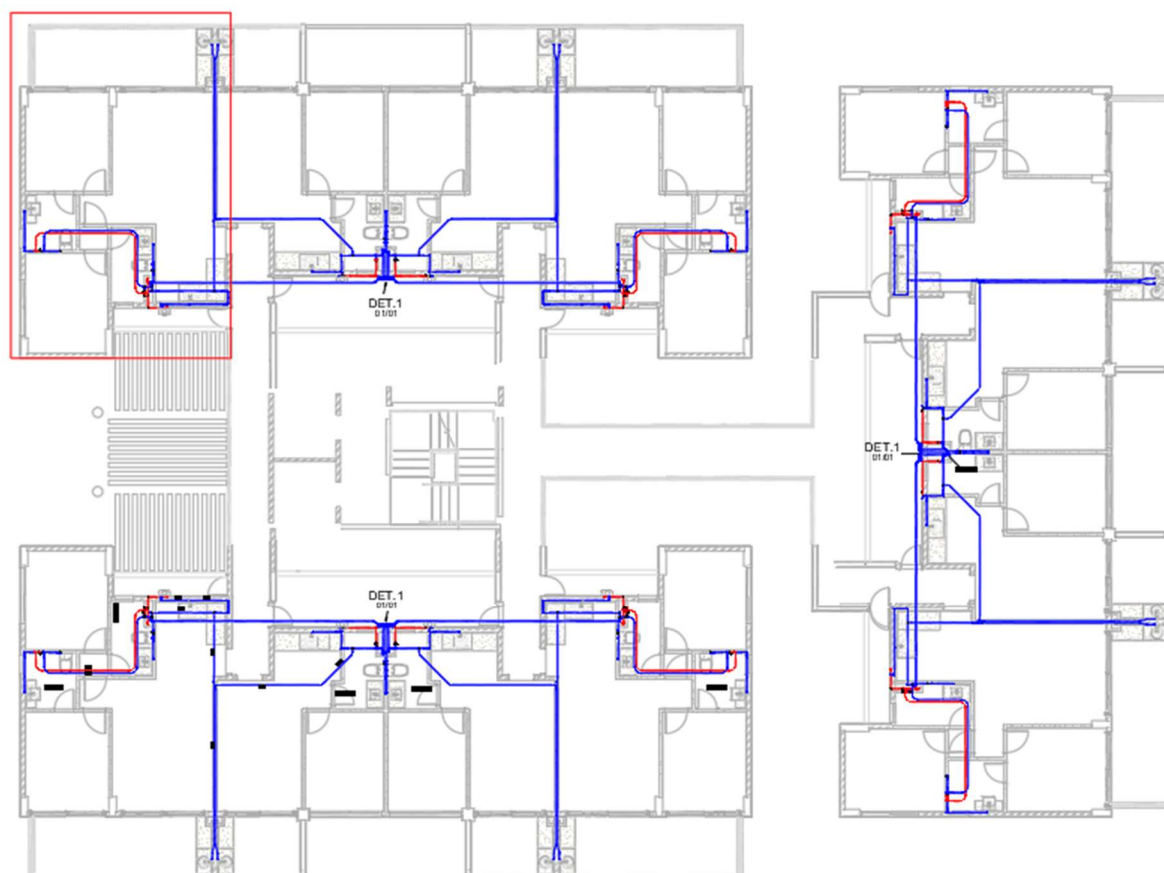


Fonte: Projetos do empreendimento (2024).

As torres de 42 apartamentos são compostas por 5 tipo de apartamentos, 1º tipo (Térreo), 1º e 2º (2 tipos), 3º com rooftop (2 tipos). O apartamento tipo contém que será feito o estudo é composto por: duas suítes, cozinha, varanda e sala de esta. O apartamento dispõe de 66,23m² e 68,88m², 2 vagas de garagem. No hall temos uma única entrada para os apartamentos e 2 elevadores sociais e o acesso a escada.

Na Figura 15 podemos ver a planta de arquitetura do apartamento tipo.

Figura 15 - Planta baixa do pavimento tipo (Apartamento 2 quartos sinalizado).



Fonte: Projetos do empreendimento (2024).

No pavimento térreo temos uma área de 14.842,93m² com vários itens e espaços de lazer, consistindo em: piscinas comuns, academia, minicampo, wiskeria, charuteria, espaço kids, BI de serviço, e Beach club. A Figura 16 mostra o pavimento térreo.

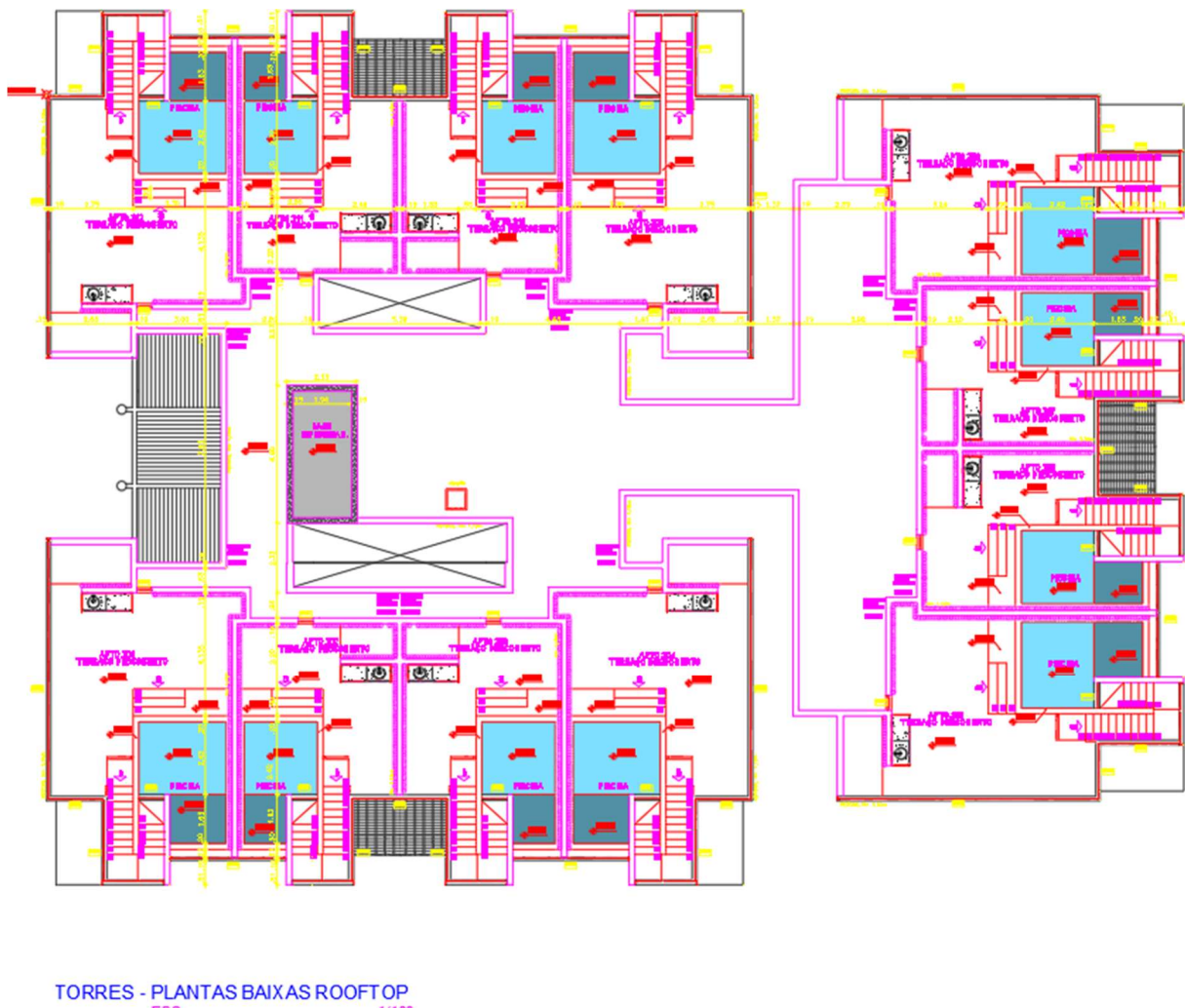
Fonte: Projetos do empreendimento (2024).

No pavimento semienterrado temos uma área de 15.184,61m², com 530 vagas de garagem de garagem e bicicletário, casas de bomba, cozinha do beach club, gerador, pressurizadora de AF e subestação. Na Figura 17 podemos localizar as divisões do semi enterrado.

Fonte: Projetos do empreendimento (2024).

O pavimento da cobertura (Rooftop) tem uma área equivalente ao apartamento e é integrado aos apartamentos do 3º tipo tendo uma área gourmet e piscina privativas, e uma área comum no meio para instalação de antenas coletivas e acesso do condomínio. Na Figura 18, é mostrado a planta da coberta.

Figura 18 - Planta baixa da cobertura.



Fonte: Projetos do empreendimento (2024).

3.2 Descrição do projeto de instalação hidráulica de água fria e quente

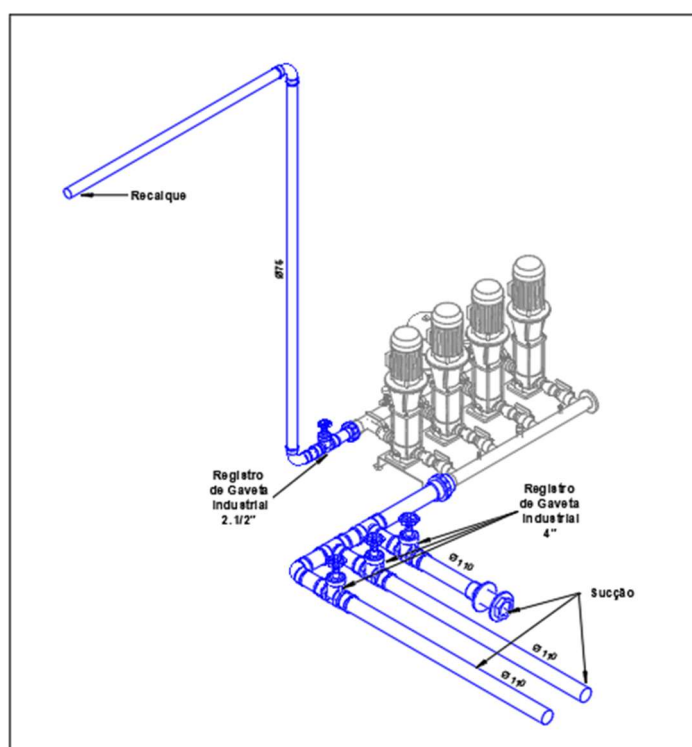
A alimentação do apartamento é feita por um tubo de 32 mm de soldável até o registro que alimenta os sub-ramais de água fria e quente por meio de um distribuidor. O ramal principal abastece o aquecedor de passagem, que alimenta o ramal de água quente dos chuveiros direto no monocomando. A parte de AF que é abastecida, através do *manyfold*, “PONTO A PONTO” os pontos de utilização do são: (2 lavatório, 2 bacia sanitária, 2 chuveiro, 1 varanda, 1 pia de cozinha). A vazão necessária para cada apartamento é de 1,70 lts/h e a pressão mínima é de 1 mca., pois fora a pressão nas peças de utilização, temos alguns equipamentos, como geláguas, aquecedores

de passagem, filtros e etc. que necessitam da referida pressão mínima para funcionamento adequado.

Para cada apartamento existe 2 registros soldáveis do medidor, 1 registro interno do apartamento (fechamento geral) e 1 registro por ponto no distribuidor de fechamento de distribuição de água. Ambos os registros de dentro do apartamento são na bitola de $\frac{3}{4}$ ", menos o de água quente que é de $\frac{1}{2}$ ", e o geral é de 32mm.

O sistema de distribuição de água fria do prédio é em PVC soldável rígido e é composto por uma coluna de 32mm para cada "tramo".

O empreendimento utiliza uma bomba de pressurização da willo e 4 reservatórios de abastecimento no semienterrado, para poder alimentar todos os apartamentos e blocos auxiliares. Na Figura 20 retrata o sistema de pressurização.



ISOMÉTRICA DET. CASA DE BOMBAS

1 : 200

Figuras 19 – Detalhe / características da bomba de pressurização.

Para se determinar a vazão de operação da bomba, será considerado o volume que a mesma deverá bombear por dia. O consumo estimado da edificação é igual a 245 m³ por dia. Dessa forma, deverá bombear 10,21 m³/hora, que equivale a 2,84 l/s. Além disso, tem-se que a vazão mínima, conforme a NBR5626 da peça mais desfavorável, exige uma vazão igual a 1,70 l/s. Tem-se que a vazão adotada supera a vazão mínima para o correto funcionamento do aparelho hidráulico. A altura manométrica a ser vencida pela bomba para garantir o perfeito funcionamento das peças hidráulicas esta determinado conforme capítulos a seguir, e deve ser igual a 21,7 m.c.a. Como arredondamento, será considerado uma altura manométrica igual a 22 m.c.a. O rendimento a ser adotado pela bomba será igual a 60%, que é um valor coerente para com o funcionamento de bombas pressurizadoras dessa natureza. Dessa forma, tem-se que a potência da bomba pressurizadora deverá ser:

$$P = 2,84.22,27 / 75.0,5 = 1,69 \text{ cv}$$

Comfort CO-4 Helix V 418/K/CC

wilo

Folha de especificações

Dados hidráulicos

Pressão de alimentação	10 bar
Pressão de funcionamento máx. p	16 bar
Ligação do tubo do lado da pressão DN _d	R 2
Ligação do tubo do lado da sucção DN _s	R 2
Número de bombas	4
Escala	-
Número de bombas de reserva	1
Número de bombas de serviço	3
Número de bombas Q	21 m ³ /h
Temperatura mín. dos líquidos $T_{\min}$	3 °C
Temperatura máx. dos líquidos $T_{\max}$	50 °C
Temperatura ambiente mín. $T_{\min}$	5 °C
Temperatura ambiente máx. $T_{\max}$	40 °C

Dados do motor

Ligação de rede	3~400 V, 50 Hz
Tolerância de tensão	±10 %
Potência nominal do motor P_2	2,2 kW
Corrente nominal I_N	4,3 A
Velocidade nominal n	2900 1/min
Classe de isolamento	F
Tipo de proteção	IP55
Rendimento do motor η_m 50 % η_M 50%	84,8 %
Rendimento do motor η_m 75 % η_M 75%	86,2 %
Rendimento do motor η_m 100 % η_M 100%	85,9 %

Materiais

Corpo da bomba	Aço inoxidável
Impulsor	Aço inoxidável
Veio	Aço inoxidável
Empanque mecânico	Q1BE3GG
Material do vedante	EPDM
Material da tubagem	Aço inoxidável

Fonte: MEMORIAL DESCRITIVO HIDROSSANITÁRIO CAIS ECO RESIDÊNCIA (12-HID-PE-DC-001-00-MEMHID-R00) – 27/05/2022

4 RESULTADOS

4.1 Apresentação dos projetos

4.1.1 Sistema PEX

Foi feita uma análise dos valores totais de materiais e mão de obra necessários para a execução da obra. Fez-se uma relação entre quantidade de materiais e horas trabalhadas onde é apontada a qualificação dos funcionários empregados, o número de colaboradores necessários, horas trabalhadas e preços unitários das horas trabalhadas dos mesmos. Além de apresentar os valores para situação de não serem ou serem considerados os encargos trabalhistas. Figura 20 retrata uma foto do ramal de água e esgoto da cozinha do pavimento tipo.

Figura 20 - Tubulação de água fria e quente, da cozinha e em PEX executada.



Fonte: Empreendimento (2024).

A Figura 21, mostra o ramal de água fria e quente do banheiro social do apartamento tipo.

Figura 21 - Tubulação de água fria e quente, do banheiro social, em PEX executada.



Fonte: Empreendimento (2024).

Na Figura 22, temos a planta baixa do ramal de água fria do apartamento tipo.

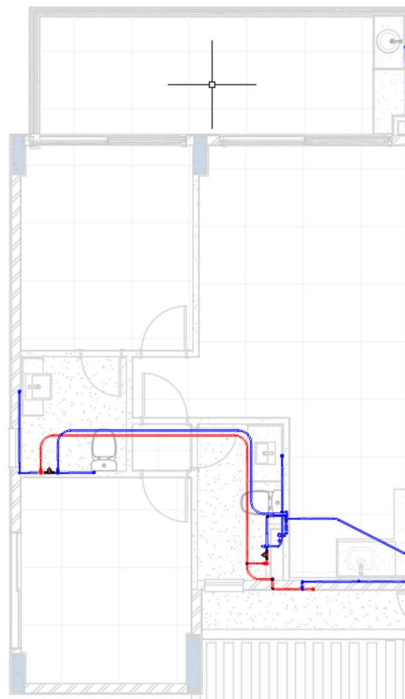
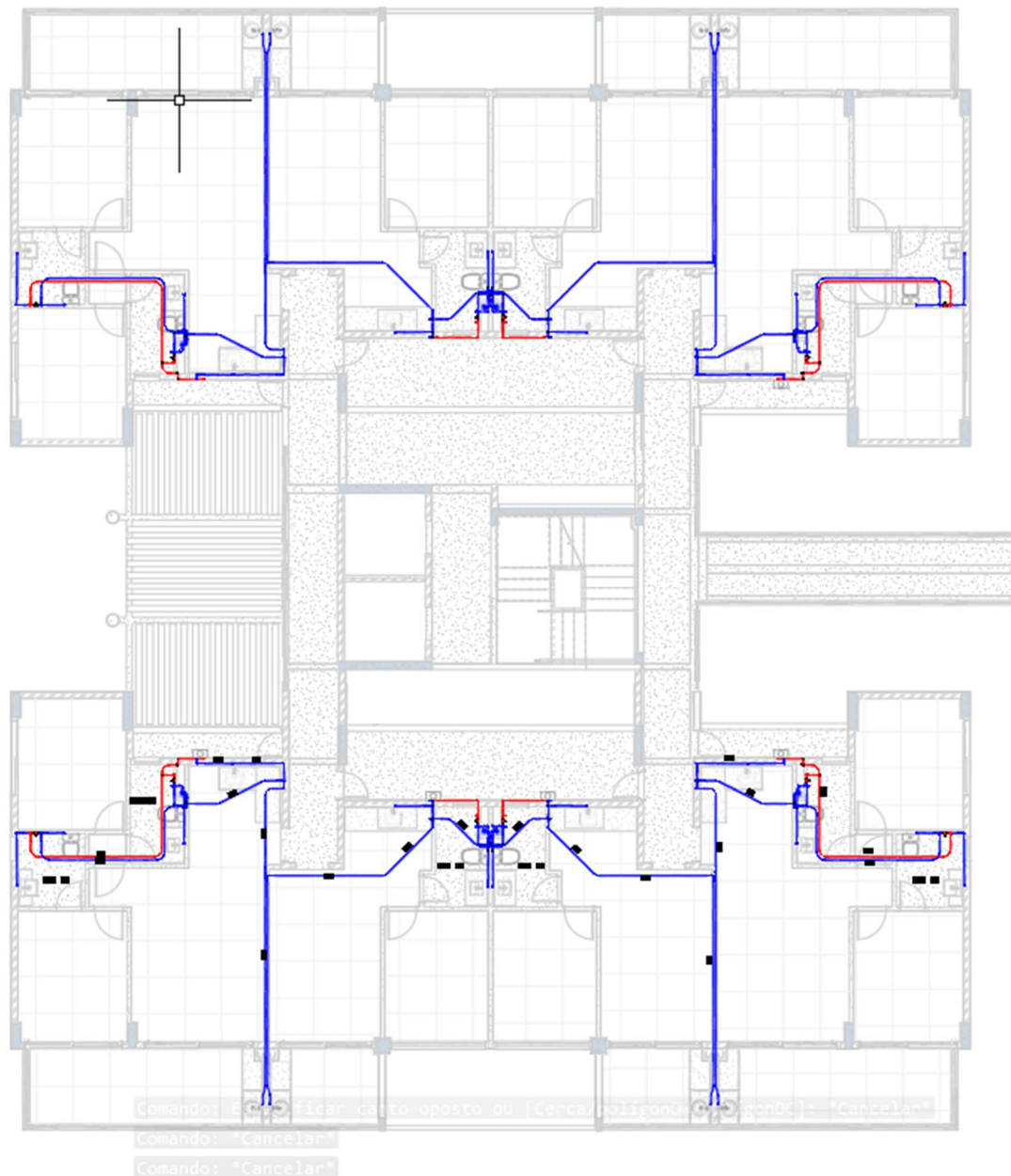


Figura 23 - Planta baixa do ramal de água fria e quente apartamento tipo do empreendimento.



Fonte: Projetos do empreendimento (2024).

Desta forma, poderá ser feita uma comparação ao final, levantando tanto o quantitativo de peças utilizadas e o preço unitário e total, como o tempo de execução de um apartamento. Na Tabela 6, foi feito o levantamento “*in loco*” dos materiais gastos no apartamento tipo.

Tabela 6 - Levantamento de gasto de material, em PEX da obra.

QUADRO DE MATERIAL – PEX				
LOCAL – MATERIAL (DISTRIBUIÇÃO ATÉ PONTOS)	QUANTIDADE	UNIDADE	PREÇO UNITÁRIO	PREÇO TOTAL
TUBO PEX 16MM	55,7	m.	3,09	R\$ 172,11
WC 01 (LAVATÓRIO)	8	m.	R\$ 3,09	R\$ 24,72
WC 01 (BACIA)	6,5	m.	R\$ 3,09	R\$ 20,09
WC 01 (CHUVEIRO AQ)	7,75	m.	R\$ 3,09	R\$ 23,95
WC 01 (CHUVEIRO AF)	7,75	m.	R\$ 3,09	R\$ 23,95
WC 01 (CHUVEIRO SUBIDA)	0,5	m.	R\$ 3,09	R\$ 1,55
WC 02 (LAVATÓRIO)	4,6	m.	R\$ 3,09	R\$ 14,21
WC 02 (BACIA)	2,6	m.	R\$ 3,09	R\$ 8,03
WC 02 (VARANDA)	12	m.	R\$ 3,09	R\$ 37,08
WC 02 (COZINHA)	3,5	m.	R\$ 3,09	R\$ 10,82
WC 02 (CHUVEIRO AQ)	1	m.	R\$ 3,09	R\$ 3,09
WC 02 (CHUVEIRO AF)	1	m.	R\$ 3,09	R\$ 3,09
WC 02 (CHUVEIRO SUBIDA)	0,5	m.	R\$ 3,09	R\$ 1,55
CONECTOR FÊMEA MOVEL 16 X 1/2"	10	m.	7,33	R\$ 73,30
WC 01 (LAVATÓRIO)	1	unid.	R\$ 7,33	R\$ 7,33
WC 01 (BACIA)	1	unid.	R\$ 7,33	R\$ 7,33
WC 01 (CHUVEIRO AQ)	1	unid.	R\$ 7,33	R\$ 7,33
WC 01 (CHUVEIRO AF)	1	unid.	R\$ 7,33	R\$ 7,33
WC 02 (LAVATÓRIO)	1	unid.	R\$ 7,33	R\$ 7,33
WC 02 (BACIA)	1	unid.	R\$ 7,33	R\$ 7,33
WC 02 (VARANDA)	1	unid.	R\$ 7,33	R\$ 7,33
WC 02 (COZINHA)	1	unid.	R\$ 7,33	R\$ 7,33
WC 02 (CHUVEIRO AQ)	1	m.	R\$ 7,33	R\$ 7,33
WC 02 (CHUVEIRO AF)	1	m.	R\$ 7,33	R\$ 7,33
CONEXÃO FIXA MACHO 20x3/4"	2	m.	25	R\$ 50,00
BOILER	2	unid.	R\$ 25,00	R\$ 50,00
COTOVELO BARRA FIXA LONGO 20x3/4"	2	m.	25	R\$ 50,00
BOILER	2	unid.	R\$ 25,00	R\$ 50,00
COTOVELO ROSCA MACHO 16 x 1/2"	4	m.	21,67	R\$ 86,68
WC 01 (CHUVEIRO AQ)	1	unid.	R\$ 21,67	R\$ 21,67
WC 01 (CHUVEIRO AF)	1	unid.	R\$ 21,67	R\$ 21,67
WC 02 (CHUVEIRO AQ)	1	unid.	R\$ 21,67	R\$ 21,67
WC 02 (CHUVEIRO AF)	1	unid.	R\$ 21,67	R\$ 21,67
TE 20x16x16	1	m.	17,92	R\$ 17,92
CHUVEIROS	1	unid.	R\$ 17,92	R\$ 17,92
CONECTOR FIXA MACHO 16x3/4"	2	m.	7,33	R\$ 14,66

WC 01 (CHUVEIRO SUBIDA)	1	unid.	R\$ 7,33	R\$ 7,33
WC 02 (CHUVEIRO SUBIDA)	1	unid.	R\$ 7,33	R\$ 7,33
DISTRIBUIDOR	3	m.	144	R\$ 432,00
DISTRIBUIDOR PARA 3 SAÍDAS 1"x 3/4	3	unid.	R\$ 144,00	R\$ 432,00
FIXAÇÃO	100	m.	0,5	R\$ 50,00
BASE E FITAS	100	m.	R\$ 0,50	R\$ 50,00
TOTAL				R\$ 946,67

Fonte: O autor (2024).

Custo de material do empreendimento, em PEX:

294 aptos (considerando igualitário) X R\$ 946,67 = **R\$ 278.320,98**

Na Tabela 7, foi calculado o custo total da mão-de-obra considerado em uma instalação de PEX, com uma equipe formada por um encanador e um ajudante. Os valores unitários e totais são apresentados com e sem encargos. O preço total foi baseado pelo preço por homem-hora (unidade que mede a quantidade de trabalho realizado por uma pessoa durante uma hora), seguindo os valores do último dissídio coletivo (2023, 2024).

Tabela 7 - Levantamento de gasto de mão de obra, em PEX da obra.

CÁLCULO DE MÃO DE OBRA COM PEX						
CARGO	QUANT.	TEMPO GASTO PARA EXECUÇÃO DE 1 APTO	HORA/HOMEM (SEM ENCARGOS)	HORA/HOMEM (COM ENCARGOS)	TOTAL SEM ENCARGOS	TOTAL ENCARGOS COM
AJUDANTE	1	4	R\$ 7,00	R\$ 15,68	R\$ 28,00	R\$ 62,72
ENCANADOR	1	4	R\$ 9,34	R\$ 20,91	R\$ 37,35	R\$ 83,65
TOTAL					R\$ 65,35	R\$ 146,37

Fonte: O autor (2024).

Custo de mão de obra com encargos do empreendimento, em PEX:

294 aptos X R\$ 146,37 = **R\$ 43.032,78**

Custo Total de Material e Mão de Obra em PEX:

T = Mat. + M.O. = R\$ 278.320,98 + R\$ 43.032,78 = **R\$ 32.353,76**

Custo Total de Material e Mão de Obra em PEXC: **R\$321.353,76.**

4.1.2 Sistema Convencional

A utilização do sistema convencional chegou a ser pensada nesta obra, mas o levantamento de custo e principalmente o pós obra de outros empreendimentos, levou a diretoria da empresa a optar pelo sistema em PEX. Para que fosse realizada a comparação dos sistemas, foi feito uma simulação do projeto do apartamento em PVC e CPVC, utilizando os mesmos pontos de trabalhos e itens de utilização.

A Tabela 8 contém os levantamentos de materiais que foram feitos a partir do projeto protótipo de composições unitárias de outras obras, mas o que foi mais levado em conta, foi o pós obra.

Tabela 8 - Levantamento de gasto de mão de obra, em PVC e CPVC da obra.

QUADRO DE MATERIAL - PVC SOLDÁVEL E CPVC				
LOCAL – MATERIAL	QUANTIDADE	UNIDADE	PREÇO UNITÁRIO	PREÇO TOTAL
Cozinha				R\$ 265,70
Adaptador p/ registro PVC SOLD 32X1"	1	unid.	R\$ 1,98	R\$ 1,98
Tubo PVC SOLD 32mm	6,7	m.	R\$ 7,88	R\$ 52,77
Joelho 90º PVC SOLD 32mm	4	unid.	R\$ 2,96	R\$ 11,84
Barra chata	4,78	m.	R\$ 6,60	R\$ 31,55
Tê de redução PVC SOLD - 32 x 25mm	2	unid.	R\$ 4,81	R\$ 9,61
Bucha red PVC SOLD curta 25x20mm	3	unid.	R\$ 0,33	R\$ 0,99
Tubo PVC SOLD 25mm	3,673	m.	R\$ 2,87	R\$ 10,55
Tubo PVC SOLD 20mm	1,32	m.	R\$ 2,20	R\$ 2,90
Tê PVC SOLD 25mm	1	unid.	R\$ 1,10	R\$ 1,10
Joelho 90º PVC SOLD 25mm	2	unid.	R\$ 0,66	R\$ 1,32
Tubo CPVC 28mm	4	m.	R\$ 20,88	R\$ 83,51
Joelho 90º CPVC 28mm	2	unid.	R\$ 6,26	R\$ 12,52
Tê PVC SOLD 32mm	6	unid.	R\$ 2,57	R\$ 15,44
Adesivo plástico incolor 850GG	0,3	ml.	R\$ 59,40	R\$ 17,82
Adesivo plástico aquaterm 850GG	0,1	ml.	R\$ 118,01	R\$ 11,80
Banheiro Social				R\$ 405,86
Tê de redução CPVC - 28x22 mm	1	unid.	R\$ 7,06	R\$ 7,06
Registro gaveta bruto 3/4"	1	unid.	R\$ 11,95	R\$ 11,95
Adaptador p/ registro PVC SOLD 20mm	2	unid.	R\$ 0,55	R\$ 1,10
Adaptador p/ registro PVC SOLD 25mm	2	unid.	R\$ 0,68	R\$ 1,36
Tê de redução PVC SOLD - 25x20 mm	1	unid.	R\$ 2,48	R\$ 2,48
Tubo PVC SOLD 25mm	4,32	m.	R\$ 2,87	R\$ 12,40

Joelho 90º PVC SOLD 20mm	1	unid.	R\$ 0,43	R\$ 0,43
Bucha red PVC SOLD curta 25x20mm	3	unid.	R\$ 0,33	R\$ 0,99
Tubo PVC SOLD 32mm	0,8	m.	R\$ 7,88	R\$ 6,30
Tubo CPVC 28mm	5,2	m.	R\$ 20,88	R\$ 108,57
Joelho 90º CPVC 28mm	1	unid.	R\$ 6,26	R\$ 6,26
Joelho 90º CPVC 22mm	2	unid.	R\$ 2,96	R\$ 5,92
Tubo PVC SOLD 20mm	2,4	m.	R\$ 2,20	R\$ 5,28
Joelho 90º PVC SOLD 25mm	2	unid.	R\$ 0,63	R\$ 1,25
Conector p/ registro CPVC 22x1/2"	4	unid.	R\$ 15,47	R\$ 61,86
Barra chata	5,65	unid.	R\$ 6,60	R\$ 37,29
Tê misturador CPVC 22mm	1	unid.	R\$ 16,24	R\$ 16,24
Tubo CPVC 22mm	1,43	m.	R\$ 13,01	R\$ 18,61
Joelho 90º CPVC 22x1/2" c/ bucha latão	1	unid.	R\$ 10,00	R\$ 10,00
Adesivo plástico incolor 850GG	0,3	ml.	R\$ 59,40	R\$ 17,82
Adesivo plástico aquaterm 850GG	0,15	ml.	R\$ 118,01	R\$ 17,70
Registro pressão 1/2"	2	unid.	R\$ 27,50	R\$ 55,00
Banheiro Suíte				R\$ 264,62
Tubo CPVC 28mm	3,56	m.	R\$ 20,88	R\$ 74,33
Tubo CVPV 22mm	2,48	m.	R\$ 13,01	R\$ 32,27
Joelho 90º CPVC 28mm	2	unid.	R\$ 6,26	R\$ 12,52
Tê de redução CPVC - 28x22 mm	3	unid.	R\$ 7,06	R\$ 21,19
Registro gaveta bruto 3/4"	1	unid.	R\$ 11,95	R\$ 11,95
Tubo PVC SOLD 25mm	5,55	m.	R\$ 2,38	R\$ 13,19
Tê de redução PVC SOLD - 25x20 mm	1	unid.	R\$ 2,48	R\$ 2,48
Tubo PVC SOLD 20mm	2,49	m.	R\$ 2,20	R\$ 5,48
Joelho 90º PVC SOLD 25mm	2	unid.	R\$ 0,63	R\$ 1,25
Bucha red PVC SOLD curta 25x20mm	3	unid.	R\$ 0,33	R\$ 0,99
Joelho 90º PVC SOLD 20mm	2	unid.	R\$ 0,43	R\$ 0,86
Joelho 90º CPVC 22mm	1	unid.	R\$ 2,96	R\$ 2,96
Adaptador p/ registro PVC SOLD 20mm	2	unid.	R\$ 0,55	R\$ 1,10
Adaptador p/ registro PVC SOLD 25mm	2	unid.	R\$ 0,68	R\$ 1,36
Conector p/ registro CPVC 22x1/2"	2	unid.	R\$ 15,47	R\$ 30,93
Barra chata	3,87	unid.	R\$ 6,60	R\$ 25,54
Tê misturador CPVC 22mm	1	unid.	R\$ 16,24	R\$ 16,24
Joelho 90º CPVC 22x1/2" c/ bucha latão	1	unid.	R\$ 10,00	R\$ 10,00
				R\$ 936,19

Fonte: O autor (2024).

Custo de material do empreendimento, em PVC e CPVC:

294 aptos X R\$ 936,19 = **R\$ 358.368,36**

Após o levantamento de material, foi feito um apartamento e calculado o tempo gasto para executar o mesmo, chegando aos valores da Tabela 9.

Tabela 9 - Levantamento de gasto de material, em PVC e CPVC da obra.

CÁLCULO DE MÃO DE OBRA COM PVC E CPVC						
CARGO	QUANT.	TEMPO GASTO PARA EXECUÇÃO DE 1 APTO	HORA/HOME M (SEM ENCARGOS)	HORA/HOME M (COM ENCARGOS)	TOTAL SEM ENCARGOS	TOTAL COM ENCARGOS
AJUDANTE	1	8	R\$ 7,00	R\$ 15,68	R\$ 56,00	R\$ 125,44
ENCANADOR	1	8	R\$ 9,34	R\$ 20,91	R\$ 74,69	R\$ 167,31
TOTAL					R\$ 130,69	R\$ 292,75

Fonte: O autor (2024).

Custo de mão de obra com encargos do empreendimento, em PVC e CPVC:

294 aptos X R\$ 295,75 = **R\$ 86.950,50**

Custo Total de Material e Mão de Obra em PVC e CPVC:

T = Mat. + M.O. = R\$ 275.239,86 + R\$ 86.950,50 = **R\$ 362.190,36**

Custo Total de Material e Mão de Obra em PVC e CPVC: **R\$ 362.190,36**

4.2 Análise comparativa

Após os levantamentos de quantitativos e preços de materiais e o cálculo do custo da mão de obra, pelo levantamento do tempo médio gasto para se fazer um apartamento, chegamos a uma conclusão.

A seguir, apresenta-se na Tabela 10, um comparativo entre os orçamentos totais para cada caso. Na coluna mais à direita, a relação percentual de quão maior ou menor o valor da instalação executada com PEX é maior que de PVC (soldável) e CPVC. Isto é feito para os três casos: material, mão-de-obra e somatório dos dois fatores. O tempo de execução interfere neste valor, pois quanto mais tempo é necessário para se executar uma instalação, maior será o custo da mão-de-obra do trabalhador e maior será o custo final.

Tabela 10 - Comparação dos sistemas.

COMPARATIVO			
	PEX	PVC/ CPVC	RELAÇÃO
MATERIAL	R\$ 946,67	R\$ 936,67	1,07%
MÃO DE OBRA	R\$ 146,37	R\$ 295,75	-50,51%
TOTAL	R\$ 1.093,04	R\$ 1.232,42	-11,31%

Fonte: O autor (2024).

A Tabela 10 mostra que o sistema PEX, neste empreendimento, ainda é 11,31% mais vantajoso do que utilizar o sistema convencional levando em consideração MO + MAT. Nas tabelas a seguir, são identificadas separadamente vantagens e desvantagens de cada um dos sistemas anteriormente analisados: PEX, PVC e CPVC.

AS TABELAS 11 E 12 MOSTRAM AS VANTAGENS E DESVANTAGENS DO PEX, PVC E CPVC.

Tabela 11 - Vantagens dos sistemas.

MATERIAIS	VANTAGENS
PEX	Não possuem conexões intermediárias, todo o circuito hidráulico é realizado ponto a ponto, evitando a utilização de conexões, ponto crítico para vazamentos.
	Pode ser utilizado tanto para água quente quanto para água fria, reduzindo patologias em registros de chuveiros, pias e lavatórios, garantindo uma maior homogeneidade dos materiais.
	A sua execução pode reduzir, no mínimo, 50% do tempo gasto, se comparado com o cobre e o PVC ou CPVC.
PVC	Boa resistência química.
	Baixa tendência ao entupimento.
CPVC	Suporta maiores temperaturas de 80°C, a 60 m.c.a. e a picos de 95°C, sendo compatível com os principais tipos de aquecedores prediais.
	Apresenta bom isolamento acústico e térmico.

Fonte: O autor (2024).

Tabela 12 - Desvantagens dos sistemas.

MATERIAIS	DESVANTAGENS
PEX	O desconhecimento por parte dos profissionais, projetistas e construtoras.
	Alto preço unitário, em comparação com os outros produtos.
PVC	Baixa resistência física aos choques e ao fogo.
	Tempo médio de execução é alto, em comparação com o PEX.
	Baixa resistência mecânica.
CPVC	Necessita de tempo para soldar as peças corretamente, no mínimo 12 horas após a colagem.
	Uso de muitas conexões, aumentando o risco de vazamentos.

Fonte: O autor (2024).

4.2 ANÁLISE DOS DADOS

O material mais utilizado para instalações hidráulicas é o PVC, pois entre suas características mais marcantes estão o baixo custo, boa resistência química e baixa tendência ao entupimento. Este último fator foi um dos principais para a substituição de tubulações de metal pelas de plástico. Contudo, o PVC não apresenta resistência térmica, e para condução de fluidos quentes, é necessária utilização de outros tipos de tubulações e conexões, como cobre, CPVC. O PEX é um material que apresenta variadas vantagens observadas em diversos materiais, mas seu custo ainda é alto e a mão-de-obra não está completamente preparada, em comparação aos outros materiais. Com o crescimento da construção civil, as construtoras procuram se atualizar, através de novas tecnologias, que objetivem o corte de custos, a diminuição de prazos e o aumento da qualidade nas instalações, evitando o retrabalho. Isto fez com que os incentivos a pesquisas crescessem e que cada vez mais seja reduzida a influência da mão-de-obra sobre o produto final. Com a utilização dos kits industrializados, há a redução da interferência da mão de obra nas atividades executadas em canteiro, ou seja, as patologias acabam, consecutivamente, sendo reduzidas. O que é notado é que o sistema se mostra eficaz, pois, sendo um produto

de qualidade superior, diminui a quantidade de problemas causados pela mão-de-obra desqualificada.

Para execução do PEX é necessária a utilização de ferramentas próprias. Para PVC (soldável) e CPVC não é necessário nenhum equipamento, as ferramentas utilizadas são comuns e mesmo assim não são utilizadas para a união das peças em si, porém é necessária a cola adesiva, que caracteriza um gasto constante, enquanto gastos com manutenção de ferramentas e equipamentos são menos frequentes. A maior parte das patologias ocorreu em tubulações de esgoto, em PVC, onde muitas se encontravam rachadas e outras entupidas por entulhos de obra, devido à má execução de serviços como contrapiso, cerâmica, entre outros, onde era permitido que os resíduos caíssem dentro dos ralos, fazendo com que se aglomerassem nas tubulações, obstruindo-as.

Os vazamentos não se justificaram pela qualidade do PEX e sim pela qualidade dos serviços executados. Os kits chegam na obra previamente testados e aprovados. Além disso, foi notado que os vazamentos com relação a estes, ocorriam nas junções, ou seja, as partes que eram unidas pelos profissionais, como a união de kit chicotem ao kit chuveiro, ou kit chicote a torneira da pia ou a caixa acoplada do vaso sanitário. Foi gerada uma grande quantidade de retrabalho nos serviços de instalações e nos serviços relacionados, devido aos vazamentos. Na maior parte destes, os forros de gesso eram danificados e precisavam ser trocados ou, nos casos em que eram pouco afetados, repintados. Assim, havia o custo de material e mão-de-obra para refazer o forro de gesso ou a pintura. Com relação a custos, o material do PEX excedeu pouco mais que 87% em comparação a simulação de PVC (soldável) e CPVC.

A mão de obra, que é a mesma empregada nos dois casos, apresenta o mesmo preço unitário por hora, porém, no caso do PVC, é considerado o dobro de tempo para execução da instalação em comparação ao PEX. Assim, o custo de mão-de-obra do PEX é metade do custo de PVC (soldável) e CPVC. O custo total da execução das instalações com a utilização do PEX excederá apenas 17% o do sistema convencional. Porém, se considerado o tempo de instalação, ou a utilização de menos equipes para realizar a execução e sua alocação mais rápida em outras atividades, esse custo superior é recompensado. O PEX se apresenta como uma solução mais cara, porém é excelente para aplicação de obras com prazo curto. Já para obras que apresentam um prazo confortável e custos limitados, é indicada a utilização de PVC e CPVC. Na parte do estudo de caso referente a previsão orçamentária, apenas os

preços de materiais diretamente relacionados a instalações hidráulicas, como tubulação, conexões e kits foram considerados.

5. CONCLUSÃO

No estudo da utilização do sistema PEX no empreendimento localizado em IPOJUCA/PE, buscou-se analisar e ponderar as vantagens e desvantagens do referido sistema e por meio destas verificar se a utilização do mesmo traz resultados positivos. A qualidade de vida das pessoas depende diretamente da infraestrutura na qual vivem. Por muitos anos, não foi dada a devida atenção necessária a itens essenciais como água tratada, coleta e tratamento de esgoto. E apesar destes se mostrarem como elementos de primeira necessidade, ainda boa parte da população não tem acesso aos mesmos.

Uma característica bem marcante é que, assim como hoje, no passado, as classes menos favorecidas, tinham mais dificuldade de ter acesso aos serviços públicos. Também só eram executadas ações, no caso da existência de um grande problema. Assim, a área de instalações teve um lento desenvolvimento, se baseando na experiência e não nos estudos. Durante os anos, foram feitas observações de que alguns materiais não estavam apresentando o desempenho esperado para esta área. Desta forma, alguns foram sendo substituídos e outros ampliaram suas áreas de aplicação.

Conclui-se que o PEX é uma tecnologia versátil e eficiente que revolucionou o sistema de encanamentos residenciais e comerciais. Após todo o estudo e avaliação de mão de obra e material, a execução atrelada ao material PEX, alcançamos uma obra mais lucrativa ou competitiva ao mercado, produtiva e com melhor qualidade, tendo o menor índice de patologias em obra e no pós-obra.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO DOS ARQUITETOS, AGRÔNOMOS E ENGENHEIROS DE FOZ DO IGUAÇU, <http://www.aefi.com.br/AEFI>, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626** - Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7198** – Projeto e execução de instalações prediais de água quente. Rio de Janeiro, 1993.

BENEVOLO, L. Geschichte der Architektur des 19.&20.Jhs. München: DTV. 1998.

CATÁLOGO AÇO CARBONO RIOINOX. Rio de Janeiro, 2010.

CATÁLOGO BRASKEM: **PVC na construção e arquitetura**. São Paulo, 2009.

CATÁLOGO BRASTUBO. São Paulo, 2010.

CATÁLOGO EPEX. Blumenau, 2010.

CATÁLOGO LINHA PREDIAL SMU & TRADICIONAL SAINT GOBAIN. São Paulo, 2005.

CATÁLOGO PEX ASTRA. Jundiaí, 2015.

CATÁLOGO PEX TIGRE. Joinville, 2015.

CATÁLOGO PREDIAL AQUATERM TIGRE. Joinville, 2015.

CATÁLOGO PREDIAL AMANCO. Joinville, 2015.

CATÁLOGO SUPER GREEN. 2010.

CLARO, A., 1999, **Material da disciplina de Tecnologia de Edificação I** – Universidade Federal de Santa Catarina.

GARCEZ, L.N. **Elementos de Engenharia Hidráulica**. 2ª Edição. São Paulo: Edgard Blücher, 1969. 301 - 310 p.

LANDI, F.R. **A Evolução Histórica das Instalações Hidráulicas**. São Paulo, 1993.

MANUAL TÉCNICO EMMETTI. São Paulo, 2010.

NUNES, L.R., RODOLFO JR., A., ORMANJI, W., **Tecnologia do PVC**, 2ª Edição, Braskem, 2006.

REVISTA TECHNE. **Dois maneiras de utilizar o PEX no sistema hidráulico**. Revista
Techne - Artigos, São Paulo,

REVISTA TECHNE, “**Sistema predial de água fria e quente em polietileno reticulado (PEX)**”. Revista Techne - Artigos, São Paulo. ed. 44

REVISTA TECHNE, “**Hidráulica Simples**”. Revista Techne - Artigos, São Paulo. ed. 50

BENEVOLO, L., 1988. Geschichte der Architektur des 19.&20.Jhs. München: DTV.
BRASKEM, 2009. PVC na construção e arquitetura – Catálogo Braskem.

BRASTUBO, 2010. CATÁLOGO BRASTUBO.

EMMETI, 2010. MANUAL TÉCNICO EMMETTI.

Fonte: “Perfil da Cadeira Produtiva da Construção e da Indústria de Materiais e Equipamentos – 2024”. ABRAMAT e FGV Projetos. Banco de Dados - CBIC