



Universidade Federal
do Rio de Janeiro
Escola Politécnica

ESTUDO DE VIABILIDADE DA UTILIZAÇÃO DE PVC, PEX E PPR EM EMPREENDIMENTOS MULTIFAMILIARES

Rosana Gouveia Brandão

Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Engenheira Civil.

Orientador: Prof. Elaine Garrido Vazquez

RIO DE JANEIRO
SETEMBRO de 2010

ESTUDO DE VIABILIDADE DA UTILIZAÇÃO DE PVC, PEX E PPR EM EMPREENDIMENTOS MULTIFAMILIARES

Rosana Gouveia Brandão

PROJETO DE GRADUAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE ENGENHEIRO CIVIL.

Examinada por:

Professora Elaine Garrido Vazquez, D.Sc. orientadora
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Professor Eduardo Linhares Qualharini, D.Sc.
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Vania Maria Britto Cunha Lopes Ducap, M.Sc.
Universidade Federal do Rio de Janeiro

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL
SETEMBRO de 2010

*Aos meus pais,
que sempre me apoiaram nos momentos de fraquezas e vitórias durante o
curso de Engenharia e por toda a dedicação, incentivo e educação que me foi dada.
Muito obrigada.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vida, pelas pessoas maravilhosas que colocou à minha volta, por todas as oportunidades que me foram concedidas e por todas as dificuldades as quais passei, pois a partir destas, me tornei mais forte e alcancei alguns de meus objetivos.

Aos meus queridos pais, Sidney e Teresa, por todo amor, carinho e companheirismo que me concederam nesses 24 anos de caminhada e pela paciência e compreensão em momentos difíceis.

A professora e orientadora Elaine Garrido Vazquez, pela orientação e dedicação nesta monografia.

Aos grandes amigos do curso de Engenharia Civil, que me ajudaram nessa trajetória difícil, pelos bons momentos inesquecíveis de faculdade e também fora dela, estarão sempre presentes em minha vida.

Aos grandes amigos do CEFET-RJ, do Colégio Ferreira Alves e agregados de ambos, que fazem parte da minha vida, souberam compreender minhas ausências ao longo desta trajetória, e em todos os momentos me apoiaram e torceram por mim.

A todos os meus amigos e familiares, que me incentivaram e torceram por mim. E que compreenderam que os momentos de ausência eram necessários.

Ao Departamento de Construção Civil da Escola Politécnica da UFRJ.

Aos demais professores, alunos e funcionários da Poli, que colaboraram na minha formação, em especial ao “Djavan da Xerox” (Cláudio) que sempre alegre e paciente me ajudou com as tarefas da graduação.

Resumo do Projeto de Graduação apresentado à Escola Politécnica/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenharia Civil.

Estudo de Viabilidade da Utilização de PVC, PEX e PPR em Empreendimentos Multifamiliares

Rosana Gouveia Brandão

Setembro / 2010

Orientador: Elaine Garrido Vazquez

Este trabalho tem como objetivo apresentar a viabilidade da utilização de instalações hidráulicas em Polietileno Reticulado (PEX), Policloreto de Vinila (PVC), Polipropileno Copolímero Random (PPR) nas obras de construção civil multifamiliares. Desta forma, procura-se analisar os processos executivos, comparar custos, tempos de execução e identificar vantagens e desvantagens desses sistemas empregados, para assim, concluir se a inserção do novo produto apresentado, PEX, se mostra adequada. Em um primeiro momento, serão expostas as formas mais comuns de instalações hidráulicas, focando nos materiais correspondentes e suas peculiaridades. Através do estudo de caso, é feito um comparativo, de processo executivo e preço, entre PEX e PVC juntamente com PPR.

Palavras-chave: Polietileno Reticulado, PEX, PVC, PPR, Instalações Hidráulicas.

Brandão, Rosana Gouveia

Estudo da Viabilidade da Utilização de PEX, PVC e PPR em Empreendimentos Multifamiliares / Rosana Gouveia Brandão. – Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2010.

V, 59f: il.; 29,7 cm.

Orientador: Elaine Garrido Vazquez.

Projeto de Graduação – UFRJ / Escola Politécnica / Curso de Engenharia Civil, 2010.

Referências Bibliográficas: p XX-XX

1. Introdução. 2. Revisão Bibliográfica. 3. Estudo de Caso. 4. Considerações finais.

I. Vazquez, Elaine Garrido. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Curso de Engenharia Civil. III. Estudo da Viabilidade da Utilização de Polietileno Reticulado (PEX) em Empreendimentos Multifamiliares

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. HISTÓRICO	2
1.2. OBJETIVO	7
1.3. JUSTIFICATIVA	8
1.4. METODOLOGIA	8
1.5. ESTRUTURA DO TRABALHO	9
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
2.1. INTRODUÇÃO	11
2.2. POLICLORETO DE VINILA CLORADO (CPVC)	14
2.2.1. CARACTERIZAÇÃO DO MATERIAL	14
2.2.2. NORMAS TÉCNICAS	16
2.3. COBRE	16
2.3.1. CARACTERIZAÇÃO DO MATERIAL	16
2.3.2. NORMAS TÉCNICAS	18
2.4. AÇO-CARBONO	18
2.4.1. CARACTERIZAÇÃO DO MATERIAL	18
2.4.2. NORMAS TÉCNICAS	20
2.5. FERRO FUNDIDO	21
2.5.1. CARACTERIZAÇÃO DO MATERIAL	21
2.5.2. NORMAS TÉCNICAS	22
2.6. POLICLORETO DE VINILA (PVC)	23
2.6.1. CARACTERIZAÇÃO	23

2.6.2. NORMAS TÉCNICAS.....	29
2.6.3. PROCESSO EXECUTIVO	29
2.6.4. PREVISÃO ORÇAMENTÁRIA	35
2.7. POLIPROPILENO COPOLÍMERO RANDOM (PPR)	36
2.7.1. CARACTERIZAÇÃO DO MATERIAL.....	36
2.7.2. NORMAS TÉCNICAS.....	38
2.7.3. PROCESSO EXECUTIVO	39
2.7.4. PREVISÃO ORÇAMENTÁRIA	40
2.8. POLIETILENO RETICULADO (PEX).....	41
2.8.1. CARACTERIZAÇÃO	41
2.8.2. NORMAS TÉCNICAS.....	45
2.8.3. PROCESSO EXECUTIVO	46
2.8.4. PREVISÃO ORÇAMENTÁRIA	49
3. ESTUDO DE CASO.....	50
3.1. CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA	50
3.2. CARACTERIZAÇÃO DOS OBJETOS DE ESTUDO.....	51
3.3. ESTUDO DE CASO A: PROCESSO EXECUTIVO	52
3.3.1. CARACTERIZAÇÃO DO CASO A.....	52
3.3.2. OBSERVAÇÕES	55
3.3.2.1. TEMPO DE EXECUÇÃO	56
3.3.2.2. GABARITOS DE PASSANTES	56
3.3.2.3. POSICIONAMENTO DAS PRUMADAS.....	57
3.3.2.4. POSICIONAMENTO DOS GUIAS E MONTANTES	58
3.3.2.5. POSICIONAMENTO DE TUBULAÇÕES INTERNAS AOS <i>SHAFTS</i>	59

3.3.2.6. UTILIZAÇÃO DE <i>KITS</i> INDUSTRIALIZADOS	60
3.3.2.7. VAZAMENTOS REFERENTES AO PEX	61
3.3.2.8. VAZAMENTOS REFERENTES AO PVC	63
3.4. ESTUDO DE CASO B: ANÁLISE ORÇAMENTÁRIA	64
3.5. VANTAGENS E DESVANTAGENS.....	71
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	72
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75
REFERÊNCIAS ELETRÔNICAS	77
ANEXOS	

1. INTRODUÇÃO

A procura por processos mais eficientes e eficazes no meio da construção civil é crescente. A cada dia, são desenvolvidas inovações tecnológicas afim de melhorar os processos, diminuir prazos e cortar custos. A preocupação com o meio ambiente também vem sendo incentivada em todos os processos executados.

A construção civil convencional passa por um processo de industrialização, gerando assim, novas formas de construções e instalações. Desta forma, muitos fornecedores de materiais de construção passam a se aperfeiçoar, simplificando os serviços em campo e dinamizando a produção.

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). Cabe ressaltar ainda que as perdas de carga são menores, pois não são utilizadas tantas conexões quanto nos métodos rígidos. Este produto ainda apresenta resistência contra os efeitos dos íons de cobre, radiação ultravioleta e efeitos do cloro, e expansão de rachaduras aleatórias (o que ocorre normalmente em peças rígidas).

1.1. Histórico

O termo “Instalações hidráulicas” se refere a instalações de dutos, afim 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 declives 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, localizado na Espanha.



Figura 1: Aqueduto Romano, em Segóvia, Madri. Fonte: *site* madrilenhas, 2010.

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. (LANDI, 1993). 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 figura 2, podem ser notadas as condições precárias com que a população vivia, durante a Revolução Industrial.



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

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 encrostação, 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. Todavia, segundo pesquisas, os polímeros utilizados para confecção do PEX são muito mais seguros, resistentes e duráveis.

Este fato é explicado pelas indústrias, que fabricam este tipo de tubulação, terem que se adequar as normas técnicas, como especificações DIN (Norma de Controle de Qualidade Alemã) ou UNE (Norma de Controle de Qualidade Espanhola). 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 em gesso acartonado e alvenaria estrutural já prevêm o uso do produto.

1.2. Objetivo

O trabalho tem como objetivo apresentar a viabilidade da utilização de instalações hidráulicas em polietileno reticulado (PEX), Policloreto de Vinila (PVC) e Polipropileno Copolímero Random (PPR) em obras de construção civil de tipologia arquitetônica multifamiliar.

No desenvolvimento, serão expostas as formas mais comuns de instalações hidráulicas, ou seja, com os materiais mais utilizados para tal, com o objetivo de estudar os materiais, suas aplicações tanto na construção civil quanto nos mais diversos segmentos e conhecer seus processos executivos (este último apenas no caso do PVC, PPR e PEX). Assim, será possível adquirir conhecimento sobre suas potencialidades, vantagens, desvantagens, limitações, entre outras peculiaridades de importância para o estudo.

A fase posterior será de comparação, aplicando os conhecimentos reunidos sobre cada material ao estudo de caso, no sentido de demonstrar a aplicabilidade das informações adquiridas, e verificar quais são de fato as vantagens de cada material, de acordo com o processo executivo e o preço.

Há um interesse em analisar os processos executivos, comparar custos, tempos de execução e verificar os prós e contras do método com relação a outros mais utilizados, para assim, questionar a inserção do novo sistema apresentado.

1.3. Justificativa

O tema abordado foi escolhido por se mostrar como uma oportunidade de mudança de um paradigma de mercado, que está, em todos os momentos, evidenciando a diminuição de prazos e o corte de custos. O PEX já está sendo utilizado por algumas das grandes empresas do Brasil e tende a alcançar um espaço muito maior.

O intuito é questionar o porquê de o produto Polietileno Reticulado, mesmo se mostrando tão eficiente quanto ou ainda melhor que os outros tipos de tubulação, apresentar uma maior utilização, e não apenas em empreendimentos multifamiliares. Quais os entraves ou dificuldades impostas pelo mercado, construtoras ou empreiteiras, e até mesmo os consumidores, em aplicar esta tecnologia?

1.4. Metodologia

A metodologia aplicada a este estudo se baseia em fazer uma revisão bibliográfica sobre o tema e suas vertentes, onde serão mostrados e organizados todos os itens pesquisados em arquivos eletrônicos, sites da internet, monografias, catálogos, padrões operacionais e normas de instalações prediais hidráulicas.

Através desta pesquisa, serão reunidas informações para traçar um comparativo de execução e de preço, no presente trabalho entre dois tipos de produto, PVC (soldável) em conjunto com PPR e o PEX.

Posteriormente, através dos estudos de caso A e B, será relacionada a vivência em canteiro de obras, tanto no que diz respeito aos conhecimentos adquiridos em termos de processos executivos aplicados quanto levantamentos e orçamentos. As conclusões serão expostas no último capítulo e serão constituídas através de informações dos capítulos anteriores relacionadas.

1.5. Estrutura do Trabalho

Dentro do contexto do trabalho, no primeiro capítulo apresenta-se a introdução. Após um breve texto inicial, apresenta-se o histórico das instalações hidráulicas de uma forma geral, apontando onde e como esta pode ser observada durante os anos e sua evolução. É mencionada também a substituição de determinados tipos de materiais e incorporação de outros ao mercado. A seguir, traça-se o objetivo do trabalho, demonstrando a finalidade de cada parcela do mesmo. A justificativa é feita através de um questionamento sobre a, ainda pouca, utilização do PEX como material para instalações hidráulicas, sendo que se mostra como um novo sistema aplicável a diversos casos. Depois, a metodologia e estrutura utilizadas são descritas para um maior esclarecimento da composição do trabalho.

De acordo com o explicitado anteriormente, no segundo capítulo, são exaltados os sistemas existentes utilizados em instalações hidráulicas com seus respectivos materiais. Com uma breve descrição de CPVC, cobre, aço-carbono e ferro fundido, e sendo dado um maior enfoque aos principais, PVC e PPR, e o objeto para comparação, PEX. De todos, são apontados seus usos gerais e aplicados a construção civil, a mão-de-obra normalmente empregada, ou seja, qual o nível de qualificação necessário para executar tal instalação. Ao mesmo tempo, são citadas as características e vantagens do mesmo. Por fim, no caso do PVC, PPR e PEX, é explicada toda a sequência do processo executivo e o que é necessário para este ser realizado.

O terceiro capítulo é dedicado ao estudo comparativo entre o sistema mais utilizado atualmente para água fria, o PVC, juntamente com o PPR, para água quente, e o sistema de estudo, PEX, em instalações multifamiliares.

A metodologia proposta é aplicada de forma objetiva, com a apresentação do estudo em dois casos distintos de empreendimentos de uma renomada empresa: caso A, onde a instalação é mista, parte em PVC e PPR, parte em PEX. Neste caso, será analisado o processo executivo, já que este caso contempla as duas formas de instalações, possibilitando a comparação entre as mesmas. O caso B, onde as instalações da unidade são todas em PEX e contempla a instalação de hidrômetro

individual, será feita uma simulação em PVC (soldável), para água fria e PPR, para água quente, para a mesma unidade em questão, para comparação de preços dos dois sistemas aplicados. O levantamento destes custos será realizado tanto em função de material quanto em função da mão-de-obra, onde o tempo de execução terá influencia direta. Por fim, serão apontadas as vantagens e desvantagens dos sistemas. Assim, os itens constantes no capítulo anterior serão analisados diretamente em casos práticos, verificando prós e contras da utilização do PEX nas instalações hidráulicas secundárias das unidades autônomas destes empreendimentos.

No quarto capítulo, as considerações finais são expostas, sendo explanadas as vantagens e desvantagens da utilização do PEX, no que diz respeito a execução, projeto e mão-de-obra, para unidades autônomas de empreendimentos ou mesmo para residências. Além disso, serão mencionadas as limitações do trabalho e feitas sugestões para possíveis futuros trabalhos sobre o tema.

Como anexo, são apresentados: processos executivos completos dos materiais PVC, PPR e PEX, plantas baixas e vistas representativas para o caso A (área comum), plantas baixas e vistas representativas para o caso B (caso real e simulação), quadros completos com orçamentos de materiais para PEX e para PVC (soldável) e PPR.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

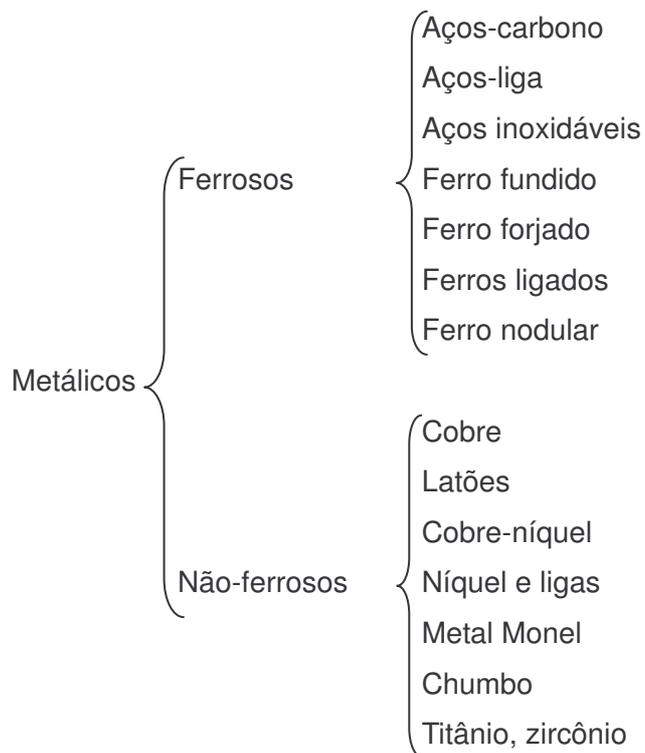
2.1. Introdução

Existe uma variedade muito grande de materiais utilizados para a fabricação de tubos e seus acessórios. A *American Society for Testing and Materials (ASTM)* especifica, ao todo, mais de quinhentos tipos diferentes. Esta grande variedade de materiais acaba por proporcionar também uma vasta quantidade de aplicações.

Cada vez mais, pesquisas são feitas para desenvolver o uso de um determinado material e utilizá-lo das mais variadas formas possíveis. Como tubulação, estes materiais tem como destino a distribuição de: gases ou líquidos, água potável ou processos industriais, ar comprimido, vapor para força e/ou aquecimento e óleos combustíveis ou lubrificantes.

Por este motivo, deve-se ter alguns cuidados na escolha do material, afim de analisar qual é o melhor tipo que se adéqua a cada caso específico. O esquema 1 exemplifica os tipos mais conhecidos de tubulações metálicas e o esquema 2, de não-metálicas.

Esquema 1: Tipos de tubos metálicos.



Fonte: Instalações Industriais Parte I, 2009.

Esquema 2: Tipos de tubos não metálicos.



Fonte: Instalações Industriais Parte I, 2009.

Para nortear a escolha do material a ser empregado (tipo de tubulação), nas instalações hidráulicas, são apresentados os principais fatores, indicados no quadro 1.

Quadro 1: Fatores para escolha de tipo de tubulação.

FATORES	CARACTERIZAÇÃO
Fluido transportado	Características no geral do fluido, como natureza e concentração, velocidade, condições de escoamento, impurezas ou agentes contaminadores, possibilidade de contaminação, pH, toxidez, resistência à corrosão e à ação de substâncias agressivas.
Nível de tensões	O material deve ter resistência mecânica equivalente a ordem de grandeza dos esforços presentes (pressão do fluido, pesos, ação do vento, reações de dilatações térmicas, sobrecargas, esforços de montagem, etc.).
Esforços mecânicos	Esforços estáticos ou dinâmicos, tração, compressão, flexão, vibrações, choques, esforços cíclicos, etc.
Condições locais	Temperatura e pressão de trabalho, no qual devem ser consideradas as condições extremas, mesmo que sejam condições eventuais ou transitórias.

FATORES	CARACTERIZAÇÃO
Sistema de ligações	Deve ser adequado ao tipo de material e ao tipo de montagem e demonstrar condições de impermeabilidade e juntas adequadas.
Fabricação, transporte e montagem	Verificar a facilidade destes itens. Pode-se ter como limitações: soldabilidade, usinabilidade, facilidade de conformação, dificuldade de assentamento e instalação de equipamentos e acessórios, etc. O ideal é analisar se essas limitações estão de acordo com os demais itens ou dificultam o processo.
Disponibilidade	Verificar se há fornecedores com estoque do material e diâmetros pretendidos na localidade.
Tempo de vida útil	Este tempo previsto depende da natureza e importância da tubulação, considerando também o tempo de amortização do investimento.
Custo	Esse fator normalmente é decisivo. Devem ser considerados os custos diretos, como material e mão-de-obra, de assentamento e transporte, e também os custos indiretos, representados pelo tempo de vida do material, os consequentes custos de reposição e de paralisação do sistema, o tempo de execução do serviço, o retrabalho que o serviço pode gerar e suas consequências envolvendo outros serviços.

Fonte: Instalações Industriais Parte I, 2009.

Neste trabalho, será dado maior enfoque aos materiais Policloreto de Vinila (PVC), Polipropileno Copolímero Random (PPR) e Polietileno Reticulado (PEX), para utilização na análise do estudo de caso, expondo não só suas características, mas também suas previsões orçamentárias e descrevendo seus processos executivos. Materiais aplicados a construções multifamiliares, como CPVC, cobre, aço-carbono e ferro fundido também serão descritos de forma sucinta.

2.2. Policloreto de Vinila Clorado (CPVC)

2.2.1. Caracterização do material

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. 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 3, 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. (Catálogo Predial *Aquaterm Tigre*, 2010).



Figura 3: Tubos e conexões de CPVC. Fonte: Catálogo Predial *Aquaterm Tigre*, 2010.

O CPVC é um material bastante utilizado em sistemas de combate a incêndio, assim

como os comumente utilizados na alimentação de *sprinklers*, pois possui boa resistência à temperatura e é quimicamente inerte, o que é importante especialmente com relação à corrosão galvânica. (NUNES ET AL, 2006).

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. 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. (Catálogo Predial *Aquaterm* Tigre, 2010).

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.

2.2.2. Normas Técnicas

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 114mm, aplicadas a conexões e a tubos respectivamente), que se mostram mais exigentes que a norma brasileira. 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. (Catálogo Predial *Aquaterm Tigre*, 2010).

2.3. Cobre

2.3.1. Caracterização do material

O cobre, como material de aplicação geral, apresenta uma longa história. Por volta do ano 6.000 A. C., houve o descobrimento deste. Segundo os historiadores, a primeira idade do Cobre teve seu maior desenvolvimento no Egito. Este material foi um dos impulsores do nascimento e desenvolvimento das primeiras civilizações e marcou o começo de uma nova era na vida do homem. Ao longo dos anos, a produção de cobre se multiplicou e expandiu de forma global, ampliando permanentemente seus usos, ligas e aplicações. (O Cobre na História, *site Procobre*, 2010).

Tem papel fundamental nas indústrias da construção, do transporte, na eletrônica, na agricultura, na saúde, na energia e nas novas tecnologias. Tem ainda atuação importante na produção de ligas, na exploração mineral, na fabricação de equipamentos químicos e farmacêuticos, de moedas, de utensílios de cozinha e de dispositivos anticoncepcionais intra-uterinos, entre outras. Na construção civil, o cobre é usado na fabricação de aparelhos de ar condicionado, rede hidráulica e de gás, com tubulações e conexões, conforme figura 4, sistemas de aquecimento solar, válvulas, condensadores, evaporadores, compressores, refrigeradores, freezers, trocadores de calor, bombas, caldeiras, fornos e aquecedores, etc. (Aplicações do Cobre, *site Procobre*, 2010).



Figura 4: Tubos e conexões de cobre. Fonte: *site Procobre*, 2010.

Os especialistas em tecnologia de materiais reconhecem que não existe melhor material do que o cobre para a condução de água. O prestígio do encanamento de cobre é devido a várias instalações funcionarem sem problemas durante anos em todo o mundo, demonstrando assim suas vantagens, como diversidade, já que possui infinitas possibilidades e numerosas conveniências para uso hidráulico; flexibilidade, pois este tipo de tubo é totalmente modelável, permitindo uniões, dobras, ajuste a qualquer contorno ou ângulo e fácil instalação; e durabilidade, uma vez que o cobre não sofre corrosão com a água ou o ar; apresenta facilidade de transporte, por ser leve e corrosão quase nula, já que é resistente a qualquer tipo de produto químico. Mostra-se como um produto sustentável, é 100% reciclável e cerca de 38% do metal utilizado vem de fontes que já foram recicladas. O cobre pode ser reciclado sem perder sua qualidade. Além de ser fabricado com uma composição bem definida de acordo com as normas internacionais sendo aceito por qualquer regulamento de sistemas hidráulicos; pode ser unido com conexões capilares que permitem poupar material e produzir uniões lisas, limpas, fortes e livres de vazamentos e tem comportamento antichama, não queimam nem espalham a chama, além de não produzirem gases tóxicos. Portanto, não propagam o fogo e não produzem compostos orgânicos voláteis na instalação. (Benefícios das tubulações de Cobre, *site Procobre*, 2010, *site Isotubos*, 2010).

“Os tubos rígidos de cobre são divididos em três categorias: "A", "E" e "I", de acordo com a finalidade da instalação e a pressão de serviço (espessura de parede do tubo). Os da classe "A" possuem espessura de parede entre 0,70 mm e 1,50 mm e são

indicados para instalações de água quente, água fria, rede de hidrantes e rede de sprinklers. Os tubos da classe "E" são usados nas mesmas situações dos da classe "A", além de instalações de calefação e locais em que as pressões de serviço variam entre 14 e 41 kgf/cm². Têm espessura de parede de 0,50 mm a 1,20 mm. Já a categoria "I", com espessura de parede entre 1 e 2 mm, é voltada para instalações de gás combustível, gases medicinais e instalações em que as pressões de serviço variam de 20 a 88 kgf/cm². Vale ressaltar que, quanto menor o diâmetro, maior a pressão de serviço. Os tubos flexíveis são indicados para condução de gás para o fogão e em sistemas de refrigeração." (Revista Construção Mercado, 2003).

2.3.2. Normas Técnicas

Os tubos de cobre devem estar de acordo com as seguintes normas técnicas: NBR 5020 - Tubos de cobre e ligas de cobre sem costura para usos gerais, NBR 5030 - Tubos de cobre sem costura para usos gerais, NBR 5626 - Instalações prediais de água fria, NBR 7198 - Projeto e execução de instalações prediais de água quente, NBR 7541 - Tubos de cobre sem costura para refrigeração e ar-condicionado, NBR 7542 - Tubos de cobre médio e pesado sem costura para condução de água, NBR 11720 - Conexões para unir tubos de cobre por soldagem ou brasagem capilar, NBR 13206 - Tubo de cobre leve, médio e pesado sem costura, para condução de água e outros fluidos, NBR 13932 - Instalações internas de gás liquefeito de petróleo (GLP) - Projeto e execução, NBR 13933 - Instalações internas de gás natural (GN) - Projeto e execução, NBR 14570 - Instalações internas para uso alternativo dos gases GN e GLP - Projeto e Execução. (Revista Construção Mercado, 2003).

2.4. Aço-carbono

2.4.1. Caracterização do material

Os aços-carbono possuem na sua composição apenas quantidades limitadas dos elementos Carbono, Silício, Manganês, Cobre, Enxofre e Fósforo. Outros elementos existem apenas em quantidades residuais. A quantidade de carbono presente no aço define a sua classificação: o baixo carbono possui no máximo 0,30% de carbono ; o médio carbono possui de 0,30 a 0,60% ; e o alto carbono possui de 0,60 a 1,00%.

(Catálogo Rioinox, 2010). Cada classificação tem suas determinadas aplicações, como é mostrado no quadro 2.

Quadro 2: Classificações e aplicações do aço-carbono.

Classificação	Aplicações
Aços baixo carbono	Chapas automobilísticas, perfis estruturais e placas utilizadas na fabricação de tubos, construção civil, pontes e latas de folhas-de-flandres.
Aços médio carbono	Rodas e equipamentos ferroviários, engrenagens, virabrequins e outras peças de máquinas.
Aços alto carbono	Talhadeiras, folhas de serrote, martelos e facas.

Fonte: Catálogo Rioinox, 2010.

Seu processo de fabricação, segundo Garzez, 1969, é feito a partir de chapas de aço ou lingotes de aço. Se forem de chapas, são dobrados e soldados; se forem de lingotes ou tarugos, por extrusão ou perfurados a quente. Os tubos soldados constituem os chamados tubos com costura, os fabricados por extrusão ou perfuração, os sem costura.

Os aços podem ser classificados em grau, tipo e classe. O grau identifica a faixa de composição química do aço, o tipo, o processo de desoxidação empregado, enquanto que a classe é utilizada para descrever outros atributos, como nível de resistência e acabamento superficial. (Catálogo Rioinox, 2010).

O material, mostrado na figura 5, apresenta baixa dureza, e alta tenacidade e ductilidade. Além disso, são bastante usináveis e soldáveis e apresentam baixo custo de produção. Estes aços normalmente não são tratados termicamente. Devido à sua leveza e facilidade de acoplamento da junta elástica, permite acelerar os prazos de execução das obras e oferece redução de custos de transporte e assentamento, por não exigir equipamentos especiais e pessoal qualificado. Apresenta compatibilidade com outros materiais, grande flexibilidade de dimensionamento, total estanqueidade e elevada resistência a impactos ou sobrepressões. (Catálogo Brastubo, 2010).



Figura 5: Tubos em aço-carbono. Fonte: *site Casa do Vapor*, 2010.

2.4.2. Normas Técnicas

A designação do grau, tipo e classe utiliza uma letra, número, símbolo ou nome. Existem vários sistemas de designação para os aços, como o *SAE (Society of Automotive Engineers)*, *AISI (American Iron and Steel Institute)*, *ASTM (American Society for Testing and Materials)*, *ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas)*, *DIN (Deutsches Institut für Normung)*, *BS (British Standard)* e *API (Application Programming Interface)*. A normalização unificada vem sendo utilizada com frequência cada vez maior, e é designada pela sigla *UNS (Unified Numbering System)*. (Catálogo Rioinox, 2010).

As normas mais utilizadas são: *NBR 5580 – Tubos de aço carbono, para condução de fluídos*, *NBR 5590 – Tubos de aço carbono, com requisitos de qualidade para condução de fluídos*, *NBR 5595 – Tubos de aço carbono, soldados por resistência elétrica, para caldeiras*, *NBR 5596 – Tubos de aço carbono, soldados por resistência elétrica, para caldeiras e superaquecedores de alta pressão*, *NBR 5599 – Tubos de aço carbono, de precisão, com costura*, *NBR 6591 – Tubos de aço carbono, de seção circular, quadrada, retangular para fins industriais*, *NBR 8261 – Tubos de aço carbono, de seção circular, quadrada, retangular para fins industriais*, *DIN 1615 – Tubos de aço carbono, sem requisitos especiais de qualidade*, *DIN 1626 – Tubos de aço carbono, com requisitos especiais de qualidade*, *DIN 1628 – Tubos de aço carbono, com requisitos de alta performance*, *DIN 2440 e DIN 2441 – Tubos de aço carbono para condução de fluídos*, *ASTMA-53 – Tubos de aço carbono com requisitos de qualidade para condução de fluídos*, *ASTM A-135 – Tubos de aço carbono soldados por resistência elétrica, condução de fluídos*, *API-5L – Tubos de aço para oleodutos*, *BS-1387 - Tubos de aço soldados por resistência elétrica para condução de fluídos*. (Catálogo Gravia, 2010).

2.5. Ferro Fundido

2.5.1. Caracterização do material

O ferro fundido é uma liga metálica, composta de ferro e carbono com teor de 2,2 a 4,5%. O processo de fabricação é distinto para tubos e conexões. Como citado por Garzez, 1969, os tubos são fabricados através de um recozimento em fornos contínuos, seguida por centrifugação do metal fundido em formas, sendo posteriormente aplicadas pinturas de proteção do metal. Já as conexões são produzidas através de fundição em areia, passando por usinagem para retirada de rebarbas e limpeza. Na figura 6, estão ilustrados tubos e conexões de ferro fundido.



Figura 6: Tubos e conexões em ferro fundido. Fonte: *site* Hidráulica Vitória, 2010.

No quadro 3, apresentam-se as classificações do ferro fundido para uso geral e suas aplicações.

Quadro 3: Classificações e aplicações do ferro fundido.

Classificação	Aplicações
Ferro fundido cinzento	Indústria de máquinas e equipamentos, indústria automobilística, ferroviária, naval e outras.
Ferro fundido branco	Fabricação de equipamentos para a moagem de minérios, pás de escavadeiras, cilindros de laminação, matrizes de estampagem e outros componentes similares.
Ferro fundido nodular ou dúctil	Válvulas, acessórios para tubos, tubos e conexões, válvulas para vapor e produtos químicos, cilindros para papel, virabrequins, engrenagens, etc.

Fonte: Catálogo Linha Predial SMU & Tradicional, 2005.

Ainda, segundo Garzez, 1969, analisando-se seu uso na construção civil, podem ser apontados dois tipos, os destinados a condutos livres (tipo esgoto) e os destinados a suportar pressão interna (tipo pressão). Os tipos esgoto são produzidos com ponta e bolsa (instalações prediais de esgoto sanitário e águas pluviais, trechos expostos de rede de esgotos). Os tipos pressão são produzidos com ponta e bolsa (rede de abastecimento de água, adutoras, linhas de recalque, etc.), com flanges (casas de bombas, reservatórios, estações de tratamento, etc.) e com juntas especiais (casos especiais como trechos sujeitos a forte trepidação, pontes, etc.).

O ferro fundido apresenta como principais características a resistência a corrosão, que confere uma grande resistência a ataques químicos e a temperaturas elevadas; apresenta projeto muito simples das juntas, eliminando quaisquer riscos de falha humana durante a montagem, gerando juntas completamente estanques e resistentes à pressão. Também demonstra resistência a golpe de aríete e possível aumento de pressão (pode ser necessário, aumentando-se a vazão em um momento futuro); isolamento acústico, onde este material limita a transmissão transversal dos ruídos e as juntas providas de anéis de borracha eliminam o contato entre tubos e conexões, opondo-se à propagação das ondas sonoras. Outras vantagens são: a durabilidade, pois apresenta comprovadamente grande vida útil; resistência ao fogo, é totalmente incombustível, contribuindo desta forma para a não propagação do fogo; resistência mecânica, resistência aos acidentes de manuseio e estocagem, tais como: choques, quedas, etc. É considerado um material seguro, pois não apresenta perigo de contaminação em caso de acidente com transporte e estocagem; é integralmente reciclável e quimicamente estável em todo seu ciclo de vida, além de não ser necessário tratamento nos resíduos de fabricação. (Catálogo Linha Predial SMU & Tradicional Saint Gobain, 2005).

2.5.2. Normas Técnicas

As peças fabricadas em ferro fundido devem ser padronizadas segundo normas nacionais e internacionais, tais como a *ASTM (American Society for Testing and Materials)*, *ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas)*, *DIN (Deutsches Institut für Normung)*, *BS (British Standard)*, *ISO (International Organization for Standardization)* e *AWWA (American Water Works Association)*.

Os tubos, conexões, válvulas e acessórios de canalização em ferro dúctil têm como

principais normas: Normas ABNT NBR 6589/1986 – Peças de ferro fundido cinzento classificadas conforme a resistência à tração, NBR 8583/1984 – Peças de ferro fundido cinzento classificadas conforme a dureza Brinell, NBR 6916/1981 - Ferro fundido nodular ou ferro fundido com grafita esferoidal, NBR 7560 – Tubo de ferro fundido dúctil centrifugado com flanges roscados ou soldados, NBR 7663 - Tubo de ferro fundido dúctil centrifugado para canalizações sob pressão, NBR 7674 – Junta Elástica para tubos e conexões de ferro fundido dúctil, NBR 7675 – Conexões de ferro fundido dúctil, NBR 7676 – Anel de borracha para juntas elástica e mecânica de tubos e conexões de ferro fundido, NBR 9651 - Tubos e Conexões de Ferro Fundido para Esgoto, Norma *ASTM (A 48M)* – Correlação entre espessura da peça e corpo-de-prova fundido separado, *DIN – 1691- 1985* – Propriedades dos flocos de ferro fundido cinzento e *DIN - 1693* - Ferro fundido nodular com grafita não ligado e liga de baixo teor. (Catálogo Linha Predial SMU & Tradicional Saint Gobain, 2005).

2.6. Policloreto de Vinila (PVC)

2.6.1. Caracterização

O Policloreto de Vinila (PVC), 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

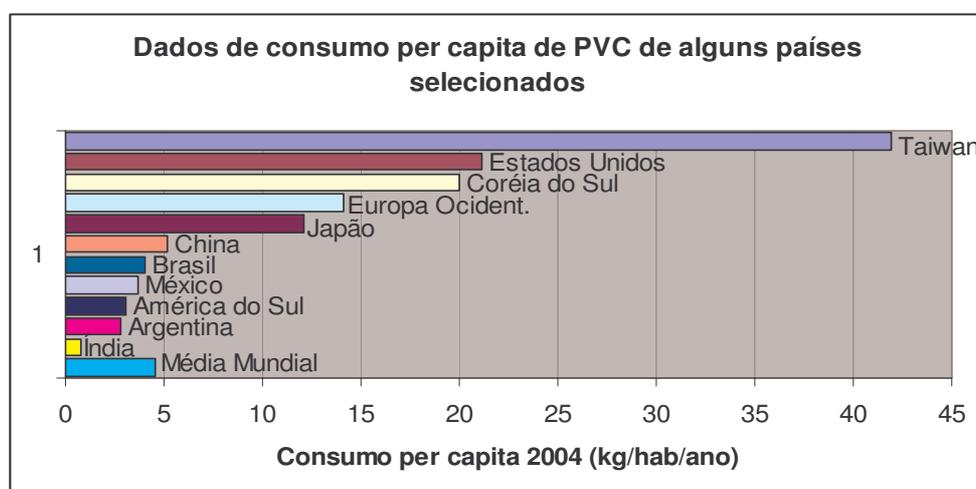
acordo com os resultados que se desejam obter com o PVC e suas aplicações.

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

“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“. (Nunes *et al*, 2006).

O consumo de PVC em alguns países é muito grande, enquanto em outros, mesmo estando abaixo da média mundial, há um grande potencial de crescimento. A discrepância entre os países é mostrada no gráfico 1.

Gráfico 1: Dados de consumo per capita de PVC em alguns países selecionados.



Fonte: Adaptado da Tabela 1, Nunes *et al*, 2006, Tecnologia do PVC, Braskem, (Fonte da Tabela: CMAI 2005)

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 organolépticas 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. (Catálogo “PVC na Construção e Arquitetura”, Braskem, 2009).

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

Assim, o PVC atinge diversos setores da economia, como consta no quadro 4.

Quadro 4: 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.;
Indústria de alimentos	Filmes esticáveis, frascos, etc.;
Indústria automobilística	Mangueiras, fiação elétrica, frisos laterais;
Indústria de calçados	Solados, sandálias e chinelos;
Indústria de brinquedos	

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 7 (a)), forros (figura 7 (b)) e aparelhos para instalações hidráulicas (figura 7 (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. (Catálogo “PVC na Construção e Arquitetura”, Braskem, 2009).

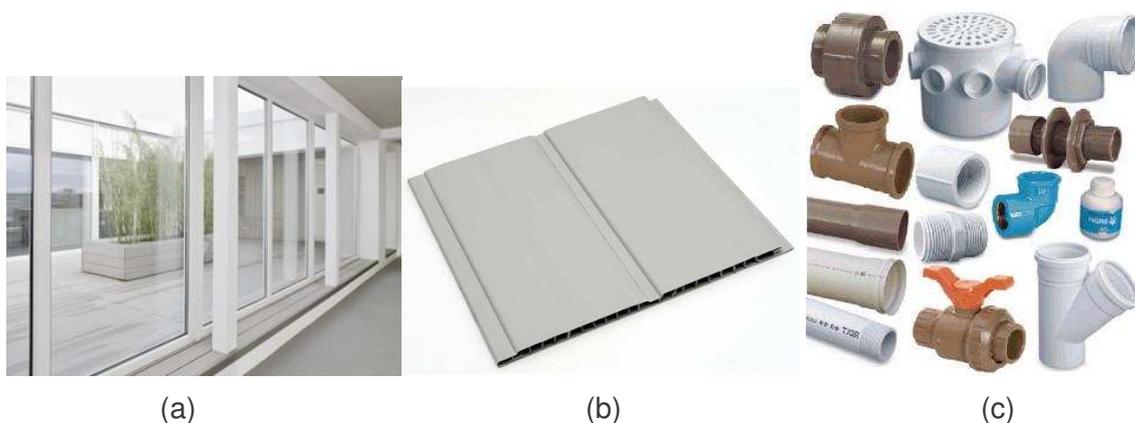


Figura 7 (a): Esquadria em PVC. Fonte: *site* Temper Master, (b) Forro em PVC. Fonte: *site* Plasticos Vipal, (c) materiais de instalações hidráulicas em PVC. Fonte: *site* Hidro Constrwil.

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 a versatilidade do PVC. (Catálogo “PVC na Construção e Arquitetura”, 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. (Catálogo “PVC na Construção e Arquitetura”, 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.

2.6.2. 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).

2.6.3. Processo Executivo

As tubulações e conexões de PVC podem ser soldáveis ou roscáveis, como pode ser visto na figura 8, exemplos de tubos de cada situação. Cada um apresenta um processo executivo distinto. Os mesmos serão descritos a seguir através de quadros e ilustrações.

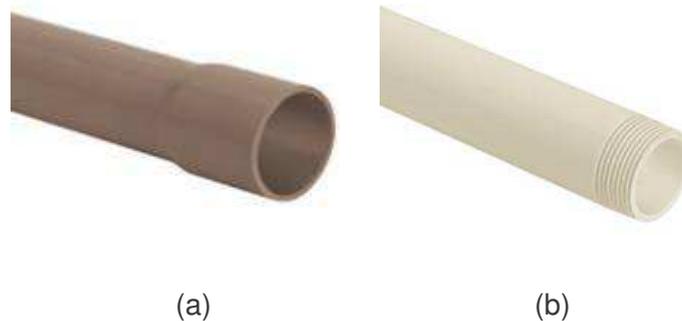


Figura 8: (a) tubo de PVC soldável e (b) tubo de PVC roscável. Fonte: Porto, 2007.

No quadro 5 e 6, estão os processos empregados para execução de instalações com tubos e conexões em PVC soldáveis e roscáveis, respectivamente. No anexo 1, é apresentado o processo executivo completo de instalações em PVC.

Quadro 5: Execução de instalações com tubos e conexões em PVC soldável.

Execução de instalações de 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 9 (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 9 (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 9 (c))
d) Encaixe perfeito - Juntar as duas peças, forçando o encaixe até o fundo da bolsa, sem torcer. (figura 9 (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 9 (e))

Fonte: Catálogo Predial Amanco, 2010.

Na figura 9, é ilustrado o processo executivo das instalações com PVC soldável.

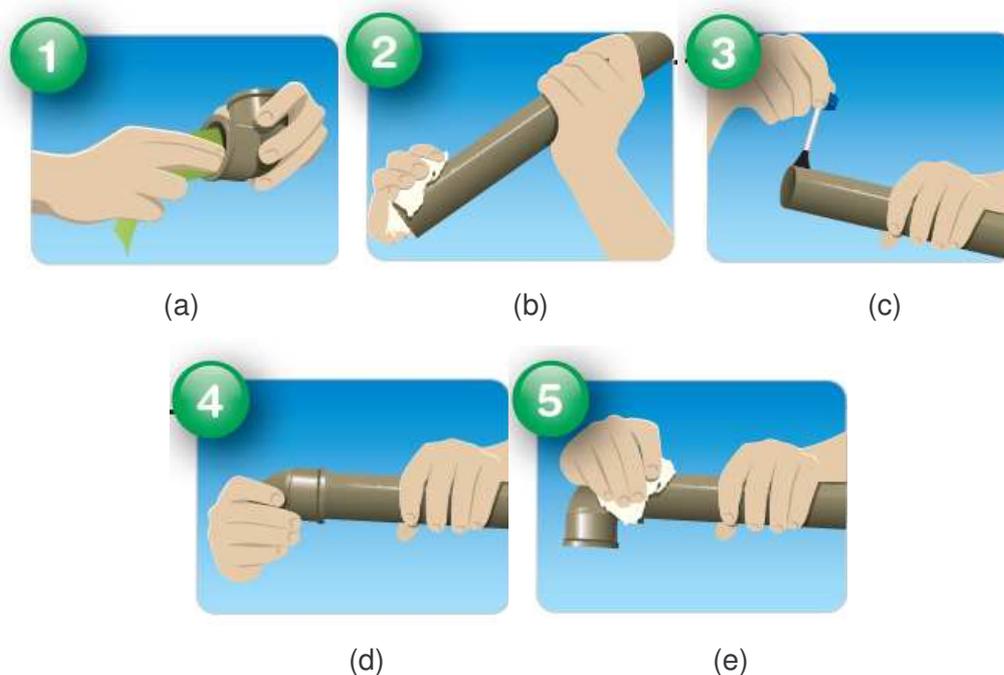


Figura 9: (a) Preparo dos tubos e conexões, (b) Limpeza das superfícies com solução limpadora, (c) Aplicação de adesivo plástico na parte interna da conexão e na parte externa do tubo. (d) Encaixe das peças sem torcer, (e) Remoção do excesso de adesivo plástico. Fonte: Catálogo Predial Amanco, 2010.

Quadro 6: Execução de instalações com tubos e conexões em PVC roscável.

Execução de instalações de 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 10 (a) e (b)).
b) Montagem da tarraxa - Montar a tarraxa observando a colocação correta do cossinete. (Figura 10 (c)).
c) Colocação da tarraxa - Colocar a tarraxa no tubo, fazendo uma pressão com uma das mãos, girando a ferramenta no sentido horário. (Figura 10 (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 10 (e)).
e) Aplicação de fita veda rosca (fita Teflon) - Aplicar fita veda rosca na ponta do tubo, no sentido da rosca (sentido horário). (Figura 10 (f)).
f) Junta roscável - Retirar o tubo da morsa e executar a junta roscável, realizando aperto manual. (Figura 10 (g)).

Fonte: Catálogo Predial Amanco, 2010.

Na figura 10, é ilustrado o processo executivo das instalações com PVC roscável.

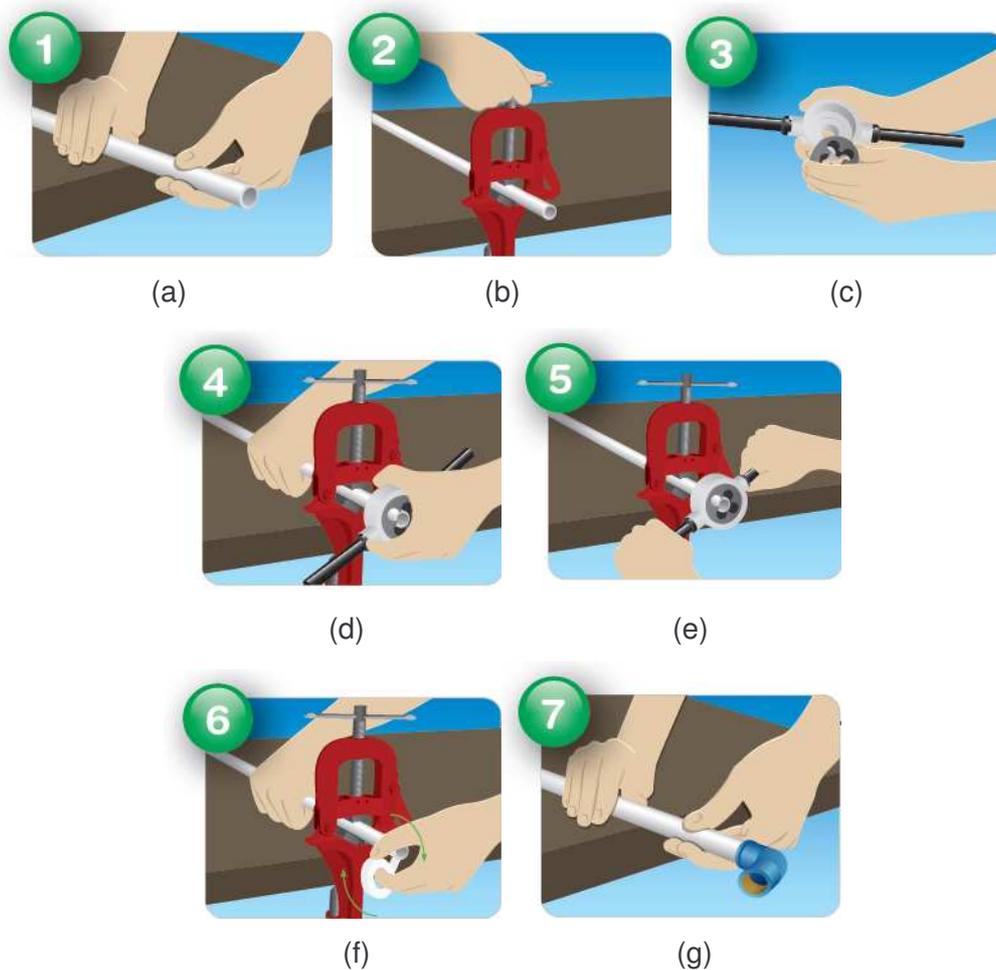


Figura 10: (a) Preparo dos produtos, (b) Fixação de tubo na morsa, (c) Montagem da tarraxa, (d) Colocação da tarraxa, (e) Desenvolvimento da rosca, (f) Aplicação de fita veda rosca, (g) Execução de junta roscável. Fonte: Catálogo Predial Amanco, 2010.

Já as instalações de peças metálicas em conexões com rosca, constam no quadro 7, e a instalação de registro, tanto soldável quanto roscável, se apresenta no quadro 8. Na figura 11, é ilustrado o processo executivo do quadro 7, e na figura 12, do quadro 8.

Quadro 7: Execução de instalações com peças metálicas em conexões em PVC roscável.

Execução de instalações de peças metálicas em conexões com rosca
a) Verificação de compatibilidade das peças - Verificar se o padrão de rosca das peças a serem unidas é compatível. (Figura 11 (a)).
b) Aplicação da fita veda rosca - Aplicar a fita veda rosca no sentido horário, sobre a rosca da ponta a ser unida. (Figura 11 (b)).
c) Verificação da ponta do tubo - Deve-se ter cuidado para não deixar sobrar fita sobre a extremidade, pois isso pode dificultar o fluxo normal de água. (Figura 11 (c)).
d) Forma de rosquear - A forma de rosquear é simples, porém muito importante. Quando bem feita, não causa danos à rosca, preserva a tubulação e evita vazamentos. Deve-se rosquear com as mãos, da esquerda para a direita (sentido horário), sem aperto excessivo. Nunca se deve utilizar ferramentas, pois estas podem danificar o produto. Apenas as mãos são suficientes. (Figura 11 (d)).

Fonte: Catálogo Predial Amanco, 2010.

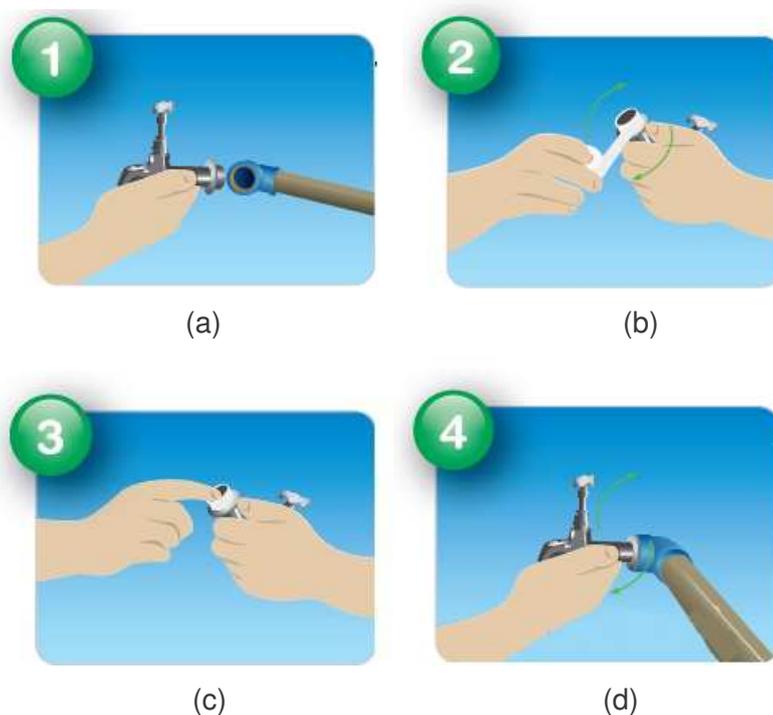


Figura 11: (a) Verificação de compatibilidade das peças, (b) Aplicação da fita veda rosca, (c) Verificação da ponta do tubo, (d) Forma de rosquear. Fonte: Catálogo Predial Amanco, 2010.

Quadro 8: Execução de instalações de registros em PVC soldável e roscável.

Execução de instalações de registros
a) Alinhamento da tubulação - Determinar o alinhamento da tubulação e retirar a porca e a bolsa destacável. Observar também o sentido do fluxo de água orientado no corpo do produto. (Figura 12 (a)).
b) Aplicação de adesivo plástico ou de fita teflon - Para os registros soldáveis, aplicar o adesivo plástico por igual na extremidade da bolsa do registro e na ponta do tubo, realizando depois a soldagem. Para os registros roscáveis, aplicar fita teflon na extremidade do tubo. (Figura 12 (b)).
c) Colocação de porca do registro - Colocar a porca do registro na outra ponta do tubo. (Figura 12 (c)).
d) Solda ou rosca - Soldar ou rosquear a ponta destacável. (Figura 12 (d)).
e) Aperto manual - Unir bolsa destacável no corpo do registro, através da porca da bolsa. O aperto deve ser executado manualmente. (Figura 12 (e)).

Fonte: Catálogo Predial Amanco, 2010.

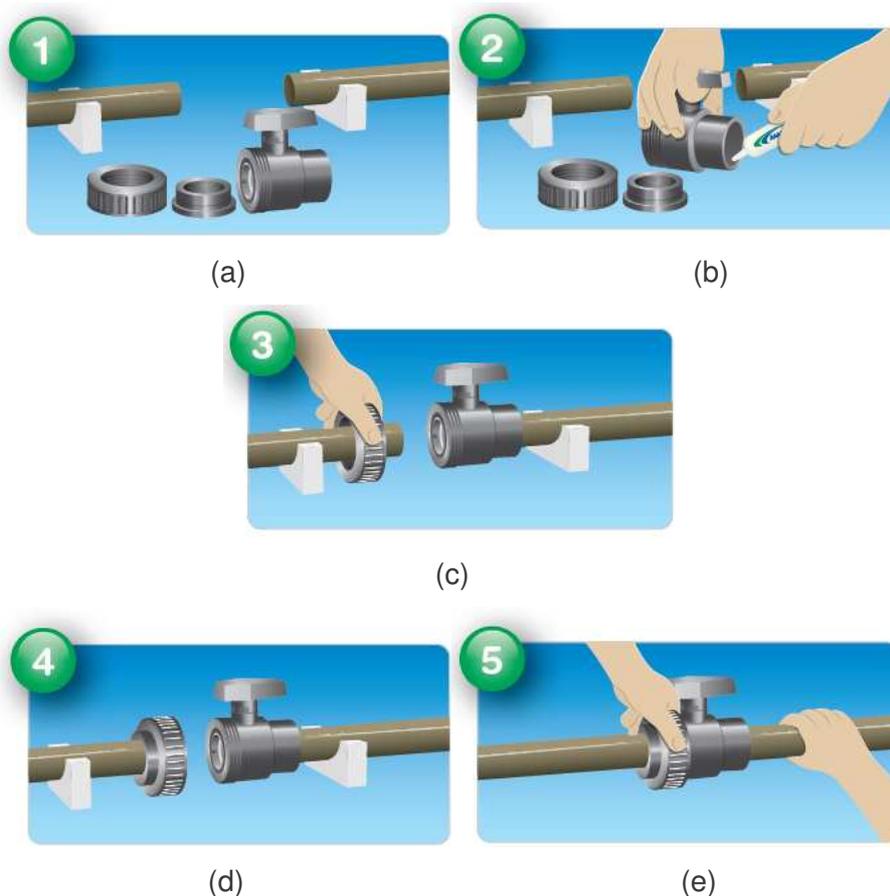


Figura 12: (a) Alinhamento da tubulação e retirada de elementos destacáveis, (b) Aplicação de adesivo plástico em registros soldáveis e de fita teflon, em roscáveis, (c) Colocação de porca na ponta do tubo, (d) Solda, para registros soldáveis, ou rosca, para roscáveis, (e) Aperto manual. Fonte: Catálogo Predial Amanco, 2010.

2.6.4. Previsão Orçamentária

A mão-de-obra empregada para execução de instalações hidráulicas com PVC deve ser qualificada. O profissional deve possuir certificado de curso de encanador e instalador de tubulações. É comum esse profissional não trabalhar sozinho, contando com um ajudante, que não necessita de qualificação. No caso de obras de maior porte, a equipe costuma ser formada além de encanadores e ajudantes, por técnico(s) e engenheiro(s). Outro fator importante é a normalização técnica. As instalações hidráulicas multifamiliares executadas com este material devem seguir a NBR 5626 – Instalação Predial de Água Fria.

O PVC é um produto proveniente cerca de 57% de insumos do sal marinho ou da terra e 43% de insumos de fontes como o petróleo e o gás natural, que são não renováveis. Sendo que destes últimos, apenas 0,25% do suprimento mundial, tem esse fim. Já existem estudos e tecnologia desenvolvida para a substituição desses derivados por álcool vegetal, provenientes da cana-de-açúcar e outros. O produto final dessa tecnologia é chamado de plástico verde. Pode-se dizer também que o PVC é um material que consome pouca energia, gera pouco resíduo na sua fabricação, é 100% reciclável e tem uma durabilidade grande, ou seja, é um produto sustentável. Isto reduz os custos de operação e manutenção na sua aplicação, fazendo com que o custo final também seja menor, como pode ser visto na tabela 1.

Tabela 1: Preços de tubos, conexões e registros em PVC.

Materiais - PVC	Unidade	Preço Unitário
Tubo 32mm	m	R\$ 1,79
Tubo 25mm	m	R\$ 1,08
Tubo 20mm	m	R\$ 0,76
Cotovelo 90° 32mm	unid.	R\$ 0,47
Cotovelo 90° 25mm	unid.	R\$ 0,22
Cotovelo 90° 20mm	unid.	R\$ 0,15
Adaptador p/ registro 32mm	unid.	R\$ 4,79
Adaptador p/ registro 25mm	unid.	R\$ 3,32
Adaptador p/ registro 20mm	unid.	R\$ 2,74
Tê de redução - 32 x 25mm	unid.	R\$ 1,40
Tê de redução - 25x20 mm	unid.	R\$ 0,72
Registro 3/4"	unid.	R\$ 13,40

Fonte: Fornecedor da empresa referenciada no estudo de caso, janeiro, 2010.

Devido ao mercado conquistado por este produto, há uma grande disponibilidade do mesmo. Existem fornecedores a nível nacional e algumas destas empresas atuam inclusive fora do país, distribuindo tubulações e conexões em PVC não só para o Brasil. O fator que mais demonstra essa facilidade é que os produtos podem ser encontrados em qualquer loja de materiais de construção em todo o país.

2.7. Polipropileno Copolímero Random (PPR)

2.7.1. Caracterização do material

O polipropileno é uma resina poliefínica que tem como principal componente o petróleo. PPR significa Polipropileno Randômico, que é um produto que foi desenvolvido na Alemanha durante pesquisas para a busca de uma solução na condução de água quente e sob pressão. O grande desafio era acabar com problemas como vazamentos, corrosões e perda de calor, que ocorriam nas tubulações convencionais. Além de ser ecologicamente correto, uma vez que utiliza menos energia para a fabricação do material. O produto mais avançado desse material é o Polipropileno Copolímero Random – Tipo 3, que possui maior resistência a alta temperatura (inclusive a picos) e a alta pressão e maior durabilidade. (Catálogo Super Green, 2010).

Foi um importante avanço científico, que possibilitou a produção de tubos e conexões, ilustrados na figura 13, resistentes a água quente, que, quando eram termofundidos, superavam definitivamente os riscos de vazamentos nas uniões. Estas significantes qualidades, somadas a outras destacadas vantagens do material, tais como ausência de corrosão no decorrer de sua longa vida útil mesmo em condições extremas, ausência de toxicidade e ótimo isolamento térmico, determinaram um desenvolvimento muito rápido deste tipo de sistema para a condução de água quente e fria num grande número de países europeus. (Catálogo Predial Amanco, 2010.)



Figura 13: Tubos e conexões de PPR. Fonte: Catálogo Predial Amanco, 2010.

O sistema de conexão através da termofusão consiste em ambas peças (tubos e conexões) se fundirem molecularmente durante poucos segundos nos bocais teflonados do termofusor, devido a altíssima temperatura empregada (260°C), formando assim, uma única tubulação, contínua, sem rosca, soldas, anéis de borracha ou cola, como pode ser observado na figura 14. Desta forma, a principal causa de vazamentos nas tubulações comuns de água quente ou fria é eliminada. O sistema é limpo, rápido e simples, o que resulta em menor tempo e custo de instalação, maior precisão e segurança de um trabalho bem finalizado. (Catálogo Super Green, 2010).

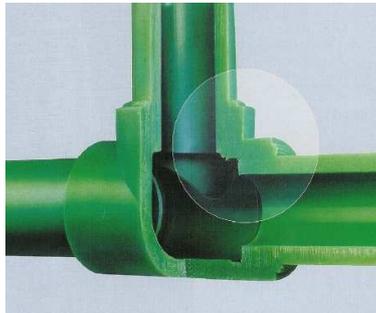


Figura 14: Corte em união de tubos e conexão em PPR após termofusão. Fonte: Aulas de Instalações II, 2010.

Normalmente, as uniões das tubulações estão expostas a erros humanos, a tensões em operação e também aos diferentes graus de dilatação e resistência ao envelhecimento dos elementos que as compõem, o que as torna mais propícias a vazamentos. Isto não ocorre no processo de termofusão.

Instalações com PPR têm como características principais o suporte e resistência a

picos de temperatura, sendo compatível com os principais tipos de aquecedores prediais; alta resistência química a substâncias ácidas ou básicas, como ferro, cloro ou flúor contidos na água, proporcionando durabilidade e uma instalação livre de corrosão; maior resistência a impactos, as tubulações não amassam. Outros fatores são: a redução do problema de ruídos nas instalações hidráulicas, pois apresenta um maior isolamento acústico; oferece maior segurança a seus usuários, por ser um material atóxico; proporciona uma instalação livre de incrustações e sem redução de diâmetro ao longo do tempo; além de ser fabricado dentro dos princípios da sustentabilidade, com material de alta tecnologia e reciclável. (Catálogo Predial Amanco, 2010).

A utilização do PPR tem como maiores vantagens a garantia das juntas, pois após a termofusão, as peças (tubos e conexões) unidas se fundem passando a formar uma tubulação contínua com total estanqueidade e segurança do sistema; limpeza da instalação, ficando o ambiente da obra mais limpo, pois na tecnologia de termofusão nem adesivos plásticos são utilizados, nem tubos e conexões são lixados; maior flexibilidade, devido ao fato de permitir que sejam feitas curvas longas de até oito vezes o diâmetro do tubo, sem prejuízo nas juntas, com o uso de um soprador térmico, que é um gerador industrial de ar quente, ou desvios com raios de curvatura menores. Pode-se ter a otimização do projeto hidráulico, porque permite a condução de água quente e fria; e economia no custo total do sistema, pois não requer isolamento térmico, sendo que este sistema consegue manter a temperatura da água por mais tempo, garantindo a baixa perda de calor.

2.7.2. Normas Técnicas

A norma brasileira para este tipo de instalação é a NBR 7198: Projeto e execução de instalações prediais de água quente. Porém, existem as normas internacionais aplicadas para o PPR, que são: DIN 8078 (Especificações e métodos de ensaio), DIN 8077 (Dimensional) e a norma europeia ISO 15874 Sistemas de tubulações de plástico para instalações de água quente e fria -Polipropileno (PP). Estas superam as especificações exigidas pela norma brasileira. (Catálogo Predial Amanco, 2010).

2.7.3. Processo Executivo

O processo executivo para instalações hidráulicas em PPR é apresentada no quadro 9. No anexo 2, está o processo executivo completo.

Quadro 9: Execução de instalações com tubos e conexões em PPR.

Execução de instalações em PPR
a) Limpeza dos bocais - Em uma bancada, apoiar o termofusor e limpar os bocais com um pano embebido em álcool gel, antes de iniciar a termofusão.
b) Corte dos tubos - Medir e cortar as tubulações de PPR conforme especificado em projeto. Para o corte das tubulações, deve-se utilizar somente a tesoura especial para corte de PPR, e sempre fazer a limpeza dos bocais com um pano com álcool antes e após o uso. (Figura 15 (a)).
c) Limpeza de tubos e conexões - Limpar com um pano a ponta dos tubos e a bolsa das conexões que receberão a Termofusão, havendo necessidade pode-se utilizar o álcool para limpeza dos mesmos. (Figura 15 (b)).
d) Marcação da extremidade do tubo - Utilizar o termofusor para a fusão das peças, marcando antes na extremidade do tubo a profundidade da bolsa da conexão, para certificar-se que a ponta do tubo não ultrapasse o final da bolsa da conexão. Esta profundidade é função do diâmetro da tubulação. (Figura 15 (c)).
e) Introdução das peças no termofusor - Introduzir simultaneamente o tubo e a conexão em seus respectivos lados do bocal já conectado ao termofusor, que deve estar a temperatura de 260°C (Figura 15 (d)).
f) Processo de aquecimento - A conexão deve cobrir toda a face do bocal macho e o tubo não deve ultrapassar a marcação feita anteriormente.
g) Retirada das peças do termofusor - Quando decorrido o tempo mínimo de aquecimento, retirar o tubo e a conexão do termofusor.
h) União das peças - Após retirar o tubo e a conexão do termofusor, proceder sem pausa à união das duas peças, ou seja, deve-se introduzir a ponta do tubo na bolsa da conexão imediatamente. (Figura 15 (e)).
i) A ponta do tubo deverá ser introduzida até o anel formado pelo aquecimento do termofusor. Deve-se segurar firme durante vinte a trinta segundos.
j) Após a termofusão da conexão com o tubo, em um intervalo de três segundos iniciais, existe a possibilidade de alinhar a conexão em até 15°. Nunca se deve forçar a peça no tubo, nem girar. (Figura 15 (f)).

Fonte: Catálogo Predial Amanco, 2010.

Na figura 15, é ilustrado o processo executivo das instalações com PPR.

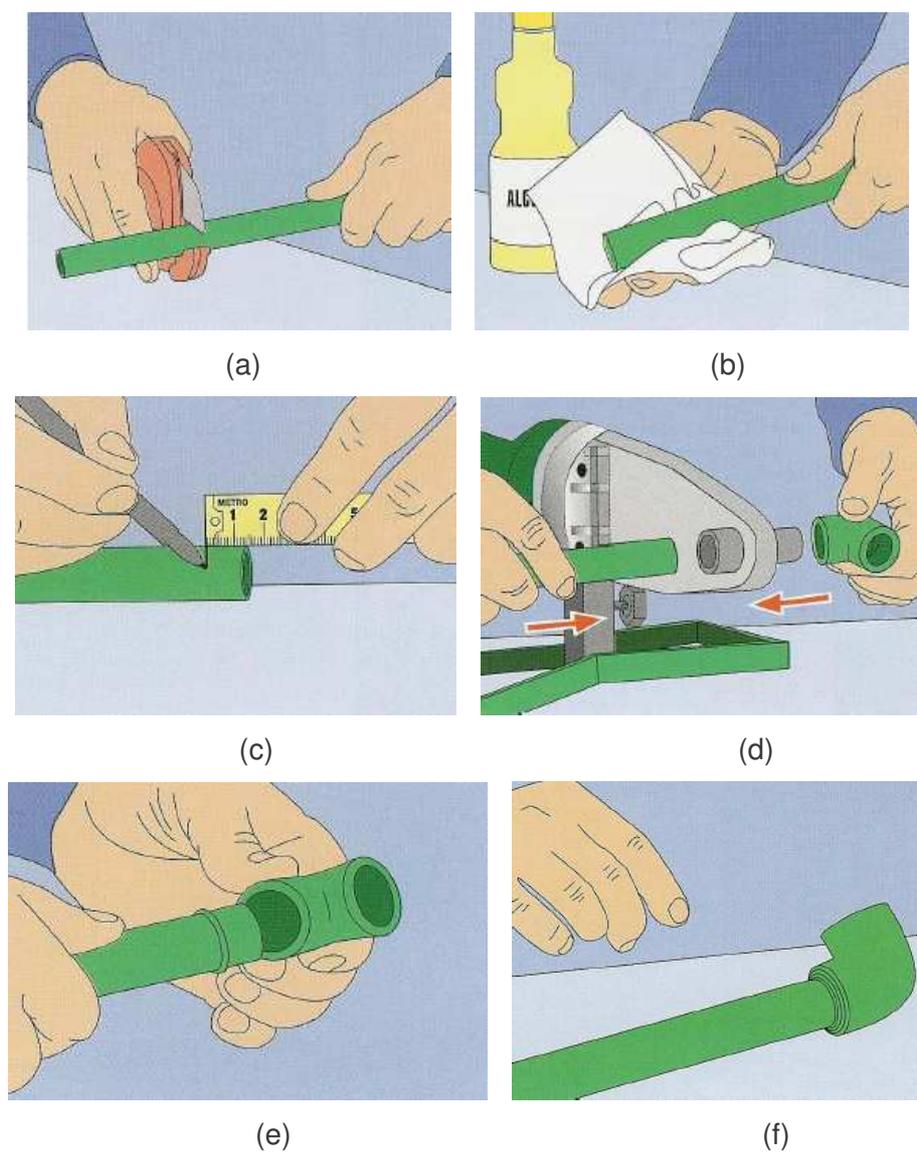


Figura 15: (a) Corte dos tubos, (b) Limpeza de tubos e conexões, (c) Marcação da extremidade do tubo, (d) Introdução das peças no termofusor e processo de aquecimento, (e) União das peças, (f) Repouso da peça após união. Fonte: Catálogo Predial Amanco, 2010.

2.7.4. Previsão Orçamentária

A execução da instalação em PPR necessita de mão-de-obra especializada e equipamento próprio, pois é utilizado o sistema de termofusão. O equipamento necessário é o termofusor. Além disso, os materiais em si, tubos, conexões, registros,

entre outros, tem o valor elevado por apresentarem resistência a altas temperaturas. Esses itens em conjunto, encarecem o processo em comparação a um material como o PVC, porém com relação a outros materiais adequados para instalações de água quente, como o cobre, o PPR se mostra mais favorável. A seguir, preços de materiais em PPR, na tabela 2.

Tabela 2: Preços de tubos, conexões e registros em PPR.

Materiais - PPR	Unidade	Preço Unitário
Tubo 32mm	m	R\$ 1,98
Tubo 25mm	m	R\$ 1,43
Tubo 20mm	m	R\$ 0,84
Cotovelo 90° 32mm	unid.	R\$ 8,90
Cotovelo 90° 25mm	unid.	R\$ 4,72
Cotovelo 90° 20mm	unid.	R\$ 3,65
Adaptador p/ registro 32mm	unid.	R\$ 18,81
Adaptador p/ registro 25mm	unid.	R\$ 12,34
Adaptador p/ registro 20mm	unid.	R\$ 8,45
Tê de redução - 32 x 25mm	unid.	R\$ 4,09
Tê de redução - 25x20 mm	unid.	R\$ 2,46
Misturador 25mm	unid.	R\$ 5,75
Cotovelo 90° 32mm(com inserção metálica)	unid.	R\$ 8,46
Cotovelo 90° 25mm(com inserção metálica)	unid.	R\$ 5,01
Cotovelo 90° 20mm(com inserção metálica)	unid.	R\$ 3,67
Registro 3/4"	unid.	R\$ 62,47

Fonte: Fornecedor da empresa referenciada no estudo de caso, janeiro, 2010.

2.8. Polietileno Reticulado (PEX)

2.8.1. Caracterização

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. (*site Technopol*, 2010).

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 alta 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). (*site Technopol*, 2010).

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*, 2010).

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. (*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. (Catálogo Astra, 2010).

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, 2010).

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 PPR. Na figura 16, é possível ver a disposição dos materiais no tubo.



Figura 16: 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 semi-rígido 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 17 (a)), chassi de esgoto (figura 17 (b)) e chassi de chuveiro (figura 17 (c)), os

quais são descritos no quadro 10.

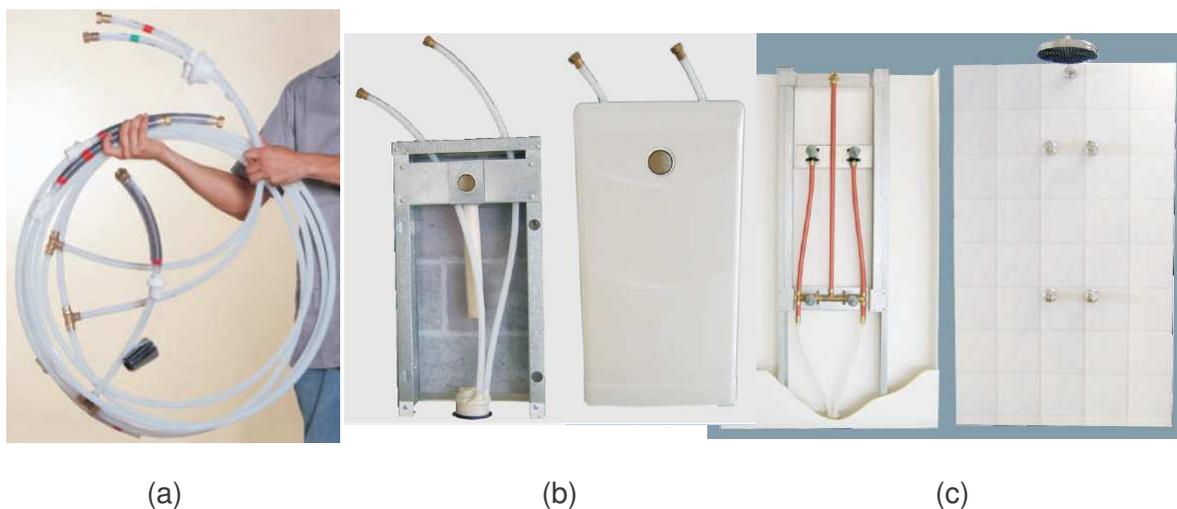


Figura 17: (a) *Kit chicote*, (b) *kit lavatório (kit esgoto)* e (c) *kit chuveiro*. Fonte: Catálogo Astra, 2010.

Quadro 10: 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 de 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.
Chassi de esgoto	Estruturas metálicas pré-fabricadas que posicionam e sustentam a passagem das tubulações de esgoto e hidráulica.	Estrutura metálica em aço galvanizado; tubulação de esgoto em PVC; passantes plásticos para tubulação PEX; carenagem plástica para acabamento.

Fonte: Catálogo Astra, 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. (Catálogo Tigre, 2010).

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, 2010).

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 européias UNE-EN 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. (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 18, é mostrada a diferença entre os dois sistemas. (Revista Techne, 2010).

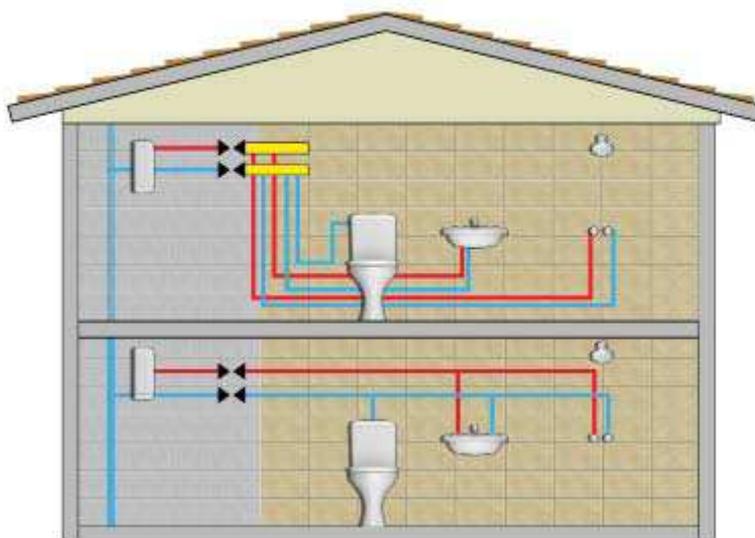


Figura 18: O sistema utilizado acima é por *manifold*, e o sistema abaixo é por derivação. Fonte: Catálogo Tigre, 2010.

Existem dois tipos de sistemas: de rosca e de prensar. A execução do sistema de rosca está descrita no quadro 11 e a do sistema de prensar, no quadro 12.

Quadro 11: Execução de instalações com tubos e conexões em PEX, com sistema de rosca.

Execução de instalações em PEX através do sistema de rosca
a) Cortar o tubo em ângulo reto, e assim, calibrá-lo e chanfrá-lo. (Figura 19 (a) e (b))
b) Encaixar e verificar pela janela se o tubo está encostado no fundo do monobloco. (Figura 19 (c))
c) Usando chaves, rosquear o monobloco na conexão necessária. (Figura 19 (d))

Fonte: Catálogo Tigre, 2010.

Na figura 19, etapas do sistema de rosca.



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 19: (a) Cortar o tubo, (b) Chanfrar o tubo, (c) Encaixar o tubo, (d) Rosquear o monobloco na conexão. Fonte: Manual Técnico Emmetti, 2010.

Quadro 12: 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 20 (a) e (b))
b) Encaixar o tubo e verificar pelas aberturas do anel plástico se o tubo está encaixado perfeitamente. (Figura 20 (c))
c) Certificar-se do encaixe correto da prensa no anel. (Figura 20 (d))
d) Prensar a conexão no tubo. (Figura 20 (e))

Fonte: Catálogo Tigre, 2010.

Na figura 20, etapas do sistema de prensar.

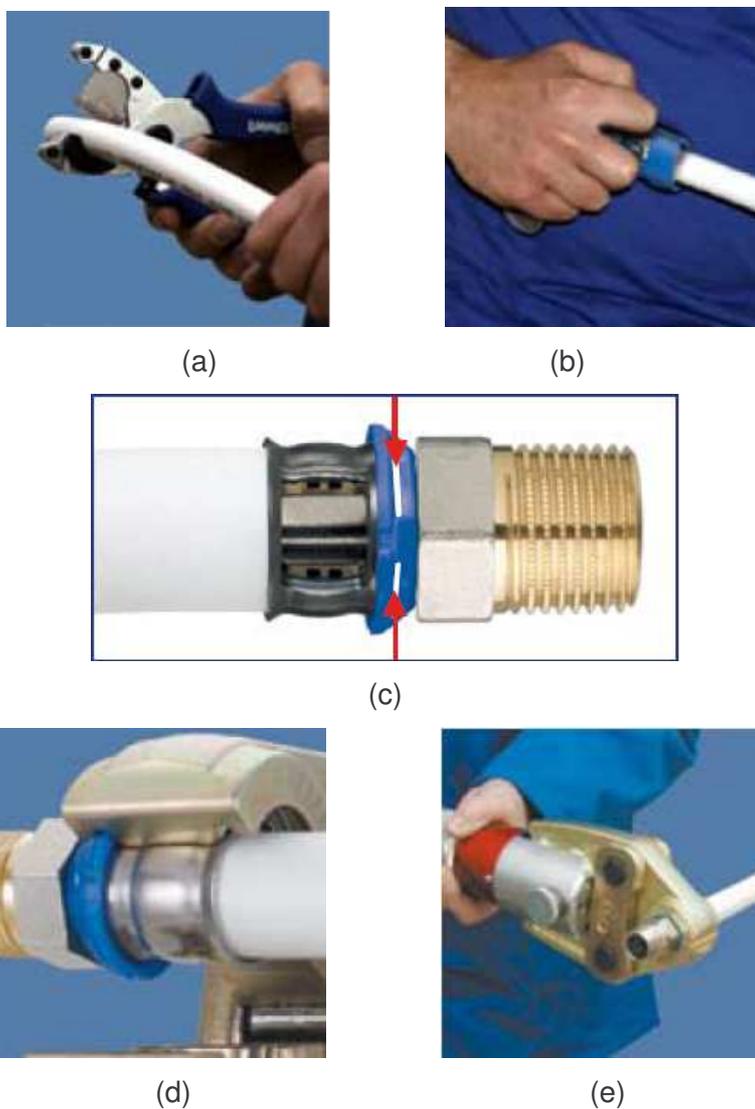


Figura 20: (a) Cortar o tubo, (b) Chanfrar o tubo, (c) Encaixar o tubo, (d) Encaixe correto da prensa no anel, (e) Prensar conexão no tubo. Fonte: Manual Técnico Emmetti, 2010.

2.8.4. Previsão Orçamentária

Os fornecedores garantem que as instalações feitas com PEX são bem simples, porém muitas equipes de encanadores e seus ajudantes têm dificuldades em executá-las. Ou seja, o que é observado é que, não necessariamente a mão-de-obra deve ser especializada, mas o ideal é que a mesma tenha alguma experiência com este material, ou receba um treinamento reforçado e prático. A mão-de-obra utilizada para execução das prumadas, que são em PVC, pode ser utilizada para a execução dos ramais. Os executores destes devem possuir a ferramenta própria para cortar os tubos e prender os anéis, o alicate crimpador.

O PEX, por ser pouco difundido, não está disponível em qualquer local, sendo a sua aquisição diretamente através de fornecedor especializado. É possível comprar os materiais isoladamente ou em forma de *kits*, que são conjuntos de peças unidos e testados em fábrica, próprios para um determinado ambiente. Estes têm o objetivo de dinamizar e melhorar a qualidade da produção, contudo, têm também como consequência o aumento do custo com materiais. Seguem, na tabela 3, os custos dos *kits* industrializados.

Tabela 3: Preços para *kits* com PEX.

Materiais - PEX	Unidade	Preço Unitário
<i>Kit chuveiro</i>	unid.	R\$ 198,00
<i>Kit lavatório</i>	unid.	R\$ 98,00
<i>Kit cozinha</i>	unid.	R\$ 98,00
<i>Kit área de serviço</i>	unid.	R\$ 98,00
<i>Kit chicote cozinha/área de serviço</i>	unid.	R\$ 165,33
<i>Kit chicote banheiro</i>	unid.	R\$ 165,33
<i>Kit chicote distância horizontal</i>	unid.	R\$ 127,50

Fonte: Fornecedor da empresa referenciada no estudo de caso, janeiro, 2010.

3. ESTUDO DE CASO

3.1. Caracterização da Empresa

O estudo de caso apresenta análises dos sistemas de instalações prediais hidráulicas em dois empreendimentos lançados por uma renomada empresa do ramo da construção civil.

Esta empresa, que tem atuação nacional, é uma das líderes no mercado de incorporação. Foi constituída por volta de 1950, na cidade do Rio de Janeiro, atuando, em um primeiro momento, nesta cidade e em São Paulo, no setor imobiliário. Seu foco de empreendimentos multifamiliares se direciona a todas as faixas de renda. Com seu crescimento ao longo do tempo, passou a possuir grande diversificação geográfica, atuando em muitos estados brasileiros.

Apresenta forte reconhecimento da marca e uma alta reputação de profissionalismo e consistência perante potenciais compradores de imóveis, corretores, financiadores e proprietários de terrenos. Está inserida no mercado financeiro. Teve um grande crescimento no segmento de baixa renda, nos últimos tempos, devido aos programas do governo para suprir o *déficit* habitacional e a aplicação de novas técnicas construtivas, que encurtam seus prazos.

Devido a esta empresa possuir uma grande estrutura, apresentando sociedades e sendo composta por inúmeros setores, todos com sua complexa organização, não é possível apresentar um organograma único para toda a empresa. Sendo assim, buscou-se uma organização aplicada ao ambiente de atuação e experiência. A seguir, a figura 21 apresenta o organograma correspondente ao setor de operações.

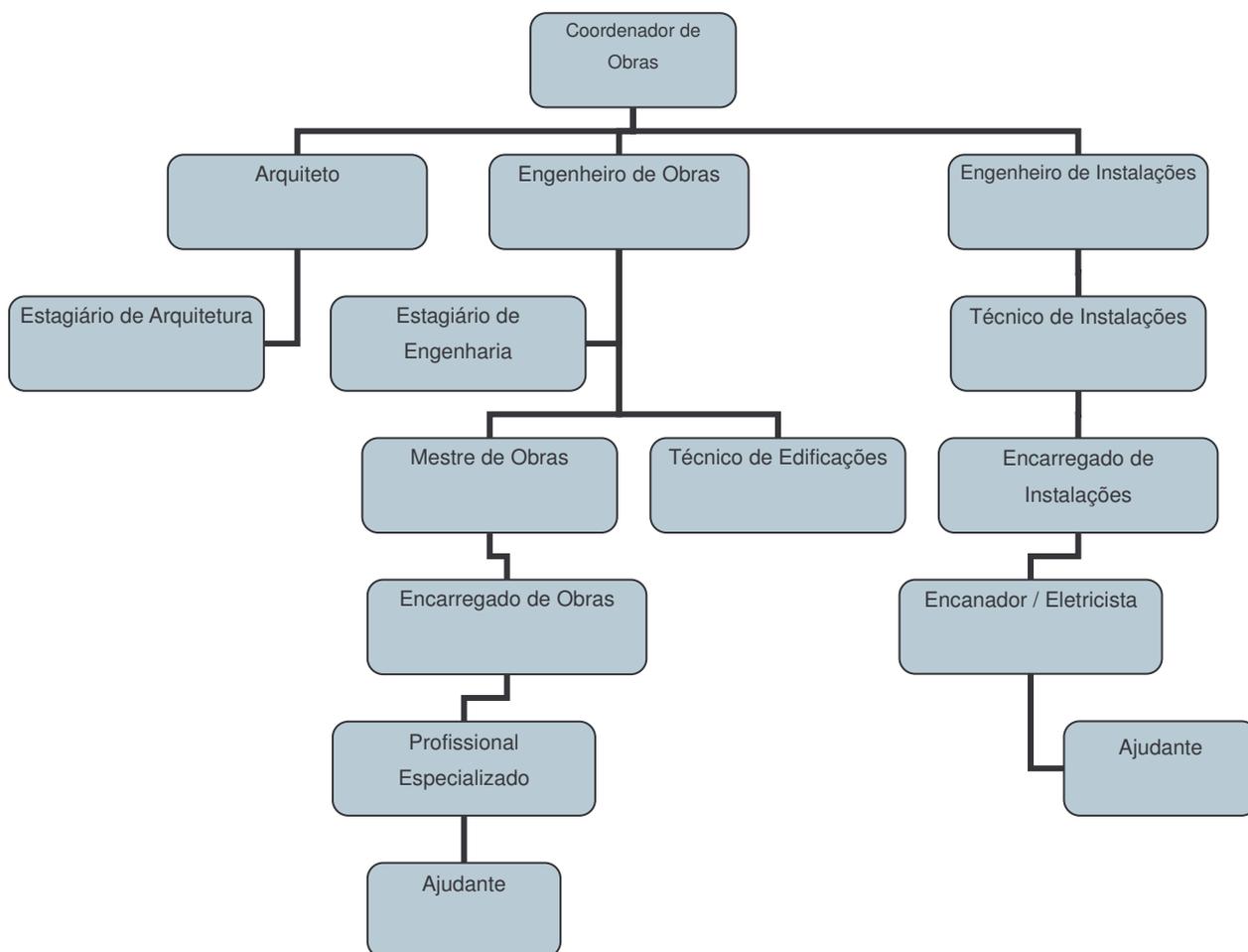


Figura 21: Organograma do setor de atuação na empresa. Fonte: autora, 2010.

3.2. Caracterização dos Objetos de Estudo

O estudo de caso se baseia nas instalações hidráulicas de duas unidades distintas, porém com características bem semelhantes, localizadas em distintos empreendimentos. A tipologia arquitetônica de ambas é composta por dois quartos, dois banheiros (um social e um suíte), cozinha combinada com área de serviço, varanda e área total equivalente.

No estudo de caso A, serão abordados os processos executivos. No estudo de caso B, será feito um comparativo de preços entre a instalação hidráulica da unidade autônoma em PEX e uma simulação da mesma aplicada com os materiais PVC (soldável) e PPR.

3.3. Estudo de caso A: Processo Executivo

3.3.1. Caracterização do caso A

O empreendimento do estudo de caso A, representado na figura 22, é composto por uma torre com dez pavimentos tipo, sendo 15 unidades no primeiro andar e 14 unidades nos demais andares, totalizando 150 unidades autônomas e três pavimentos de estacionamento (subsolo, térreo e garagem elevada) e um pavimento de utilização comum localizado na cobertura. A composição interna dos apartamentos varia de um a três dormitórios, um a dois banheiros e opcional de suíte. A área comum possui piscina, bar da piscina, brinquedoteca, salão gourmet, *fitness*, saunas seca e a vapor, sala de repouso e administração para o condomínio. Apresenta como instalações complementares: sistema de interfones para comunicação interna (PAX), circuito fechado de TV (CFTV), infraestrutura pronta para TV a cabo e telefonia externa, antena coletiva e bicicletário.



Figura 22: Lay-out da área comum do empreendimento do caso A. Fonte: site da empresa, 2010.

Na figura 23, vista aérea da localidade onde foi construído o empreendimento.



Figura 23: Vista aérea da localidade. Fonte: *site Google maps*, 2010.

Na concepção do empreendimento, não foi contemplada a utilização de hidrômetro individual para cada unidade autônoma, no subsistema de instalação predial. Desta forma, sem a necessidade de separação do consumo de água em cada apartamento, o projeto de hidráulica contemplou que as prumadas passariam pelos ambientes úmidos, como cozinha/ área de serviço (integrados) e banheiros, abastecendo assim, todos os apartamentos da determinada coluna onde estariam posicionadas. Na figura 24 (a), é possível visualizar as prumadas que abasteciam o ambiente pelo qual passavam e a pintura atrás da tubulação para melhor visualização da mesma. Com o objetivo de fazer a vedação das prumadas, foram utilizados *shafts* de gesso acartonado (*drywall*), conforme figura 24 (b), fixados através de guias e montantes, que são estruturas metálicas fixadas a elementos estruturais garantindo a fixação das placas de *drywall*.



(a)



(b)

Figura 24: (a) Prumadas hidráulicas ainda sem a colocação de guias e montantes, (b) *Shaft* após fechamento em *drywall*. Fonte: autora, 2008.

Com o intuito de facilitar a execução das instalações hidráulicas, pelo fato do subsistema de fechamento ter sido em alvenaria estrutural, o subsistema das instalações hidrossanitárias escolhido foi o PEX para água fria e o PPR para água quente, com *kits* hidráulicos (onde as tubulações ficam aparentes, vedadas apenas por forros e/ou carenagens). Os *kits* hidráulicos podem ser: *kit* chicote (figura 25 (b)), *kit* chuveiro (figura 25 (a)), *kit* cozinha, *kit* área de serviço ou *kit* lavatório. Os *kits* chuveiro ficam presos nos montantes dentro dos *shafts*. Os *kits* cozinha, área de serviço e lavatório ficam expostos, e tem a proteção por uma carenagem. Os *kits* chicote passam pelo passante de PVC, que está na parte de baixo dos *shafts* ou de outros *kits*, passam próximos ao teto do apartamento de baixo e nele são fixados, tornam a passar por outro passante, fazendo assim a ligação entre dois *kits*. Esses sistemas racionalizaram o método construtivo, agilizando a execução das instalações e garantindo o ganho em prazo ao final do processo.



(a)



(b)

Figura 25: (a) *Kit chuveiro*, (b) *Kit chicote*: pronto para aplicação. Fonte: autora, 2008.

A distribuição de água fria para cozinha/área de serviço era feita através de uma derivação da prumada que passava por este ambiente. Esta prumada abastecia o aquecedor, o tanque, a máquina de lavar roupa e o *kit chicote*. Por sua vez, este passava por dentro do *kit cozinha*, e abastecia a pia e o filtro. Para o filtro, este *kit chicote* foi ligado por baixo da bancada a uma tubulação de PVC embutida na parede, que era responsável por abastecer o filtro, em cima da bancada.

A distribuição para os banheiros foi feita através de derivação da prumada que se localizava em um deles. A derivação era ligada ao *kit chuveiro* pela parte de cima. Na parte de baixo do *kit*, era ligado o *kit chicote*, que abastecia o vaso sanitário e a pia, neste último passando pelo *kit lavatório*. A distribuição de água quente foi feita em PPR. A tubulação saía do aquecedor, que se localizava na cozinha/área de serviço, passava por dentro do forro da cozinha e dos banheiros e por uma sanca de gesso na sala, e seguia até os banheiros, para abastecimento dos *kits chuveiro*.

3.3.2. Observações

Da observação do processo executivo no caso A, foi notado que alguns fatores dificultavam a execução do serviço ou mesmo geraram uma patologia, tendo como

consequência algum tipo de retrabalho ao final do processo. Estes foram considerados como observações e serão mencionados a seguir, em tópicos.

3.3.2.1. Tempo de Execução

Quando foi iniciada a fase de distribuição hidráulica, os funcionários da empresa contratada, que não eram especialistas em instalações de PEX, foram treinados por membros da própria contratante, através de um padrão executivo redigido pela mesma, e também por representantes do fornecedor, para a correta execução do serviço.

Mesmo o PEX se mostrando uma tecnologia bastante simples e conveniente para acelerar a produção, devido à falta de experiência, no início, o serviço não foi executado em tempo previsto, o que ocasionou atraso nesta etapa do cronograma em relação ao planejado. Entretanto, após dois pavimentos executados, os funcionários adquiriram prática, conseguindo assim se adequar ao prazo anteriormente determinado para execução de cada pavimento.

O ideal é que as empresas que pretendem utilizar essa tecnologia consigam treinar uma equipe e procurar utilizá-la sempre em suas obras. De forma que, ao término de um empreendimento, a equipe seja direcionada e alocada em outro, se tornando especializada neste tipo de instalação. O que melhora inclusive a qualidade das instalações, evitando possíveis patologias, como vazamentos.

Como também havia instalações em PVC e PPR, os prazos estipulados não puderam ser muito arrojados, pois a execução destes é considerada como mais demorada, pelo menos o dobro do tempo. Minimizar o tempo gasto era considerado apenas no que dizia respeito às instalações que já vinham, em sua maior parte, prontas, montadas, em forma de *kits*, sendo necessário apenas conectá-las.

3.3.2.2. Gabaritos de Passantes

O gabarito de passante, ilustrado na figura 26, é um conjunto de luvas travadas por

uma estrutura metálica, utilizado na concretagem para manter os espaços para as prumadas e os passantes, sem que haja necessidade de serem feitos furos nas lajes posteriormente. A dificuldade em utilizá-los foi outro fator importante observado logo no início da obra. O topógrafo era o responsável pela locação e posicionamento da rede de gás no piso e os gabaritos de *shafts*, tanto para passantes quanto para prumadas. Porém, em muitos momentos, durante a concretagem, as devidas precauções não foram tomadas, fazendo com que o gabarito se deslocasse e o passante ficasse posicionado de forma errônea na laje. Isto acarretou em retrabalho, pois, posteriormente, tiveram que ser feitos novos furos na laje, para serem colocados novos passantes. Além de fragilizar a estrutura, era gerado um custo extra com aluguel de equipamentos, mão-de-obra e material.



(a)

(b)

Figura 26: (a) Gabarito de passantes da laje, posicionado na laje para concretagem. (b) Resultado do gabarito de passantes após concretagem. Fonte: autora, 2010.

3.3.2.3. Posicionamento das prumadas

Ocorreram alguns casos em que o posicionamento das prumadas no projeto não estava de acordo, ou seja, não tinha como ser executado, pois não havia espaço hábil para as tubulações, ou então havia ocorrido uma falha no acompanhamento do serviço e o projeto do mesmo não havia sido seguido, gerando o aumento do espaço necessário para o *shaft* e assim, a redução do tamanho do box. Como o box não poderia ter menos do que noventa centímetros, quando isto aconteceu pela primeira vez, o problema foi identificado e os guias e montantes do *shaft* foram desmanchados e refeitos. Depois deste fato, os funcionários da empresa contratada para executar o *drywall* interrompiam a execução do serviço, se não houvesse condições de fazê-lo

com as dimensões corretas.

3.3.2.4. Posicionamento dos guias e montantes

Os guias e montantes, peças metálicas responsáveis por estruturar as placas de *drywall*, precisam estar corretamente posicionados, para correta instalação do *kit* chuveiro. Dependendo da distância entre os montantes ou de seu posicionamento, os *kits* não podem ser fixados. A distância para correta modulação dos montantes para fixação dos *kits* chuveiro é de quarenta centímetros. Os montantes são as peças verticais que devem estar alinhadas e aprumadas, senão os *kits* podem ficar desnivelados, ou mesmo não encaixar entre os montantes. Na figura 27, é ilustrado como o *kit* chuveiro depende de sua fixação nos montantes. Os funcionários da instaladora não faziam a instalação até que os funcionários da contratada para execução de *drywall* reparassem o problema, no caso dos montantes não estarem aprumados e nivelados.



Figura 27: *Kit* chuveiro fixado nos montantes e tubo de PPR passando bem próximo ao montante do lado esquerdo. Fonte: autora, 2008.

3.3.2.5. Posicionamento de tubulações internas aos *shafts*

A chapa de *drywall* quando fixada deveria manter sua planicidade para posterior assentamento de azulejos. A instalação do ponto de água do tanque foi feita em PVC e a fixação da saída para colocação da torneira foi feita através de uma fita perfurada. Ela foi fixada em uma das guias, bem no meio do *shaft*. Quando a placa de gesso foi colocada sobre a fita, foi notado um ressalto na placa, fazendo com que esta não estivesse mais plana. Dos *shafts* que apresentaram este problema, alguns tiveram seu assentamento de azulejos comprometido e em outros, foi verificado que a tubulação do tanque havia sido solta para evitar o ressalto.

Do mesmo modo, havia certa dificuldade em adequar o fechamento do *shaft* a tubulação. Às vezes, esta ocupava um espaço razoável dentro dos limites dos guias e montantes e acabava ficando bem próxima, quase que colada à estrutura metálica, como pode ser observado na figura 19, por erro na adequação do projeto ou na execução, dificultando a colocação dos parafusos para fixar as chapas de gesso acartonado. Vale ressaltar que assim, o risco de uma tubulação ser perfurada certamente aumenta.

A utilização do PEX nos *shafts* seria uma vantagem devido ao fato de este ser um tipo de tubulação mais fina e flexível que as de PVC e PPR, portanto, seria possível diminuir o espaço ocupado pelos *shafts*, como pode ser observado na figura 28, em que o espaço ocupado é menor que na figura 27. Outro fator que possibilita isso, é o fato da prumada de abastecimento da unidade passar pelo *shaft* do *hall*, ao invés de passar no *shaft* dentro da unidade. Pois os *shafts* de dentro da unidade podem ser menores sem a presença das colunas de água. E ainda, devido ao PEX ser flexível, as chances de furar a tubulação, quando as chapas de *drywall* são presas, são muito menores, pois a tubulação pode ser posicionada de forma diferente, pelo próprio funcionário responsável pelo fechamento do *drywall*, de forma que não prejudique nem danifique a tubulação e nem passe pelo lugar onde o parafuso será colocado para que a placa seja fixada.



Figura 28: *Shaft* com apenas tubulações de PEX em seu interior. Fonte: autora, 2010.

3.3.2.6. Utilização de *kits* industrializados

A utilização de *kits* hidráulicos industrializados facilitou e agilizou muito o trabalho, se mostrando uma solução eficaz, pois eram feitos na medida exata do ponto de aplicação, chegavam com a medida do PEX precisa e todas as conexões corretas. Além de já chegar ao canteiro testado de fábrica, com garantia, pronto para ser empregado. As únicas ressalvas seriam a má execução do serviço por parte da contratada para executar as ligações dos kits e a necessidade de possuir uma ferramenta própria para esta execução. Na figura 29, observa-se a correta colocação do *kit* chicote.



Figura 29: *Kit* chicote instalado. Fonte: autora, 2009.

3.3.2.7. Vazamentos referentes ao PEX

Da má execução de serviços, que ocasionaram posteriores vazamentos referentes as instalações de PEX, podem ser citados: rosqueamento precário das conexões dos *kits* chicote com seus destinos finais, como registros de torneiras e caixas acopladas de vasos sanitários; pressão do anel não eficaz em volta do tubo; passantes quebrados; e plásticos protetores de passantes rasgados ou inexistentes.

As conexões das tubulações de chicote hidráulico com os registros de torneira (figura 30 (b)) e caixas acopladas (figura 31) foram feitas por uniões roscáveis. Estas continham uma borracha em seu interior que fazia a vedação para evitar vazamentos, além de ser necessária a utilização de fita Teflon em seu fechamento. Por várias vezes, esta borracha se partiu por ser frágil ou por ter sido colocada de forma errada ou a fita era esquecida. Outras conexões apresentaram pouca pressão no anel, de forma que ficaram frouxas, permitindo que a água saísse pelas frestas. Na figura 30 (a), o “tê”, que é uma conexão presa ao tubo de PEX através de anéis.



(a)



(b)

Figura 30: (a) conexões (“tês”) unidas aos tubos de PEX através de anéis, (b) conexões para união ao registro da torneira. Fonte: autora, 2009.



Figura 31: Acabamento metálico, borracha para acabamento de passante e plástico protetor. Fonte: autora, 2008.

Mas o maior dos problemas e o que mais ocasionou vazamentos foram os passantes quebrados e os plásticos protetores rasgados. Durante a execução de outros serviços, como contrapiso, cerâmica, entre outros, não foram adotadas as devidas precauções, e os tubos passantes, que deveriam ter oito centímetros acima da laje, foram cortados ou quebrados e não foram repostos. Então, qualquer tipo de líquido que chegasse até o passante, vazaria no pavimento inferior, danificando assim, o forro de gesso da unidade abaixo.

No que diz respeito aos plásticos protetores, que pode ser visto na figura 32, apesar de muitos terem simplesmente sumido ou quase todos estarem rasgados, não gerou um problema tão significativo quando o passante estava íntegro. Pois para acontecer um vazamento nesta situação, seria necessário que houvesse um vazamento acima, como por exemplo, o gerado pela baixa pressão do anel ou rosqueamento precário das conexões nos registros. Além disto, no caso do PEX para a caixa acoplada do vaso sanitário, existia um acabamento metálico com uma borracha presa acima, para o passante não ficar exposto, este de certa forma protegia o passante. Este plástico é ainda um item que pode ser improvisado, utilizando-se de outro material para simular esta proteção, o que não é o ideal, mas evita a patologia.

Os vazamentos nos *kits* PEX eram facilmente vistos, porque eram expostos. Assim, era necessário apenas retirar a carenagem ou fazer uma pequena abertura no forro de gesso, para visualizar o vazamento. Este sistema facilita a solução das patologias e gera um menor custo pelo retrabalho.



Figura 32: Plástico protetor preso em passante dentro de chassi do lavatório. Fonte: autora, 2008.

3.3.2.8. Vazamentos referentes ao PVC

Mas não foram somente as instalações em PEX que apresentaram vazamentos. As áreas comuns não são executadas com PEX, segundo o padrão da companhia. Assim, o PVC foi aplicado em todos os ambientes comuns ao condomínio, e também nas unidades autônomas, nas prumadas, nos pontos do tanque e da máquina de lavar roupa, em toda a instalação de esgoto, e toda instalação de água quente foi feita em PPR.

Os vazamentos mais críticos foram os ocorridos com as instalações de esgoto, de todo o prédio, e as de água fria do pavimento de utilização comum (PUC), localizado no décimo segundo andar. As patologias nas instalações de esgoto ocorreram principalmente por entupimentos, devido ao excesso de entulhos, ou seja, restos de materiais usados em obra (cimento, pedaços de madeira, pregos, parafusos, etc.) contidos nas tubulações e conexões, ou ainda por fissuras nas peças, ou conexões mal vedadas, por falta de fita teflon. A problemática do excesso de entulho, diz respeito a má execução de todos os tipos de serviço, principalmente os não relacionados as instalações. Todo profissional quando executa seu serviço, deve zelar por outros serviços, e isso, em muitos casos, não foi feito.

Os vazamentos no PUC geraram problemas ainda mais graves, pois como as tubulações eram embutidas, os vazamentos só foram notados através do forro de

gesso dos apartamentos do andar abaixo. Esses ficavam manchados, úmidos ou mesmo eram destruídos dependendo da quantidade de água que vazava. A dificuldade em achar o local exato onde ocorria o vazamento era maior. Deste modo, em uma ocasião, ocorreu um vazamento provindo de um lavabo na área comum, que demorou semanas para ser identificado. Como se localizava no PUC, que era no décimo segundo andar, o forro de gesso de um apartamento no décimo primeiro andar foi prejudicado, tendo que ser refeito. Quando identificado onde se localizava exatamente o vazamento, a parede embaixo do lavatório teve que ser quebrada em toda a extensão da tubulação e a instalação, refeita. Houve a necessidade de ser disponibilizado o material para recompor o ambiente, como argamassa, cerâmica (com a especificação local), nova tubulação, e mão-de-obra para realização do serviço novamente, o que caracteriza um retrabalho e custo extra.

3.4. Estudo de caso B: Análise Orçamentária

O empreendimento do estudo de caso B, representado na figura 33, está em execução. Consiste em duas torres, uma com 8 pavimentos, sendo 7 unidades no primeiro andar e 8 unidades nos demais andares, e outra com 3, sendo 9 unidades no primeiro andar e 10 unidades nos demais andares. Apresenta subsolo abaixo de todo o terreno, área comum entre as duas torres e uma pequena área comum em cada uma delas. A composição interna dos apartamentos varia de dois a três dormitórios, uma a três suítes e um a três banheiros. A área comum possui brinquedoteca, churrasqueira, piscina, *playground*, sala de repouso, salão de festas, *hall* social, *fitness* e espaço jovem.



Figura 33: Lay-out do empreendimento do caso B. Fonte: site da empresa, 2010.

Na figura 34, vista aérea da localidade onde está sendo executado o empreendimento.



Figura 34: Vista aérea da localidade do empreendimento do caso B. Fonte: *site Google maps*, 2010.

A diferença do caso A para o caso B é que, a instalação no último, é feita com medidor individual, logo, as prumadas de abastecimento se concentram em uma área comum do prédio, ou seja, um *shaft* no corredor (*shaft hall*). Para abastecimento de toda a unidade será utilizado o PEX, tanto para água fria quanto para quente. A tubulação que transporta a água do hidrômetro até o distribuidor de água fria e o aquecedor será em PVC. O distribuidor de água fria tem quatro saídas, como na figura 35 (a), dele saem dois tubos de PEX para os banheiros, um para cada, o que caracteriza um *kit* distância horizontal, um *kit* chicote para abastecer a pia da cozinha e o filtro, passando pelo *kit* cozinha e para abastecer o tanque e a máquina de lavar roupa, passando pelo *kit* área de serviço.

O distribuidor de água quente recebe a água vinda do aquecedor através de tubo de PPR. Este possui três saídas: uma para o chicote PEX que alimenta a pia da cozinha e duas para os tubos que abastecem de água quente os banheiros. Os tubos que seguem para os banheiros pelo teto da cozinha e dos banheiros e por meio de uma sanca de gesso na sala, como na figura 35 (b), são ligados aos respectivos *kits* chuveiros. Assim, estes transmitem a água ao *kit* chicote do banheiro, que fornecerá água para o vaso sanitário e para o lavatório, passando por dentro do *kit* lavatório.



(a)

(b)

Figura 35: (a) Distribuidor com quatro saídas para água fria, (b) *Kits* distância horizontal, passando pela sala, onde posteriormente será feita uma sanca de gesso, para que os *kits* não fiquem aparentes. Fonte: autora, 2010.

Já a simulação do caso B, para que seja feita a análise comparativa, foi considerada a instalação hidráulica em PVC, para água fria, e em PPR, para água quente. Como o subsistema de vedação é convencional, em sua maior parte, a tubulação será embutida. A tubulação deriva do corredor, e se divide na sala, onde um tubo segue para alimentar a cozinha e outro para alimentar os banheiros. O que segue para a cozinha, cruza o teto da mesma, escondido pelo forro de gesso, e desce até a pia da cozinha e o filtro, e em outro ponto até aquecedor, tanque e máquina de lavar roupa, embutidos na parede. O outro, que vai em direção aos banheiros, se deriva e alimenta a pia, com água fria, o vaso sanitário e chuveiro. A distribuição de água quente é feita em PPR. A tubulação sai do aquecedor, que se localiza na cozinha/área de serviço, passa por dentro do forro da cozinha, depois segue embutido até os banheiros e abastece os pontos de água quente do lavatório e do chuveiro.

O estudo comparativo deste item será feito através de uma análise orçamentária. Para que esta análise seja feita de forma correta, foi utilizado o projeto de um apartamento do caso B, e é simulada a execução de instalações do tipo PVC (soldável) e PPR. A análise comparativa será feita com toda a unidade, ou seja, todos os ambientes “molhados”, que seriam cozinha/área de serviço e banheiros. Os preços utilizados para os cálculos foram os preços disponibilizados pela própria empresa. Estes preços foram pesquisados através de fornecedores e apresentam-se como uma média de valores encontrados no mercado, para construções multifamiliares de empresas de grande porte, na data do presente estudo.

Foram calculados os valores totais de materiais e mão-de-obra disponibilizados para a execução de tais instalações. Fez-se uma relação entre quantidade de materiais, comprimentos e diâmetros empregados por valores unitários de cada item. Foi feita também uma relação de mão-de-obra, 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.

Desta forma, poderá ser feita uma comparação ao final, contabilizando tanto a quantidade de peças utilizadas e o preço unitário de cada produto de cada material, como o tempo de execução de cada um e como isto interfere no valor final. 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.

Em anexo, apresenta-se a planta da unidade em estudo. Da mesma forma, tem-se uma planta ampliada dos banheiros social e suíte e uma da cozinha, e os detalhes, mostrando os três ambientes em vista. Originalmente as instalações estão dimensionadas para serem executadas utilizando-se o PEX. A simulação para o PVC (soldável) e PPR considera as medidas como se as instalações realmente fossem com este material, fazendo trajetos mais reais para o caso do PVC (soldável) e PPR e passando por locais diferentes das que constam no projeto apresentado para o PEX, contabilizando possíveis conexões extras. Este projeto da simulação também está no anexo, juntamente com os demais detalhes para esta instalação.

Também em anexo, está o quadro de materiais para instalação em PEX, em que todas as peças foram detalhadas, conforme aparece em projeto e vistas. Porém, os preços se referem aos pontos que saem do distribuidor até um ponto de abastecimento, como os *kits* de área de serviço, de cozinha ou chuveiros, ou dos *kits* chuveiro até os *kits* lavatório, que são os *kits* chicotes ou *kits* distância horizontal. Estes são montados pelos fornecedores, logo tem medida específica para cada projeto e preço único para o conjunto. Já no quadro 13, os valores estão expressos por trechos, para facilitar a visualização.

Quadro 13: Custo de materiais em uma instalação com PEX.

QUADRO DE MATERIAL - PEX	
Local - Material	Preço Total
Hidrômetro - Cozinha	
Do hidrômetro ao <i>shaft</i> cozinha	R\$ 100,76
Área de serviço	R\$ 98,00
Cozinha	R\$ 263,33
Banheiro Social	
Da Cozinha ao banheiro	R\$ 169,49
Dentro do <i>shaft</i>	R\$ 198,00
Teto pavimento inferior	R\$ 172,33
Lavatório	R\$ 98,00
Banheiro Suíte	
Da Cozinha ao banheiro	R\$ 136,83
Dentro do <i>shaft</i>	R\$ 198,00
Teto pavimento inferior	R\$ 172,33
Lavatório	R\$ 98,00
TOTAL	R\$ 1.705,07

Fonte: Tabela de preços utilizada pela empresa responsável pelo empreendimento, janeiro, 2010.

No próximo quadro, foi calculado o custo total da mão-de-obra considerado em uma instalação de PEX, com uma equipe formada por um técnico em instalações, um encanador e um ajudante. Os valores unitários e totais são apresentados com e sem encargos. O preço total foi calculado multiplicando-se a quantidade de funcionários pelas horas trabalhadas pelo preço por homem-hora (unidade que mede a quantidade de trabalho realizado por uma pessoa durante uma hora).

Através de um estudo, foi feita a rastreabilidade, durante a execução das instalações do caso A, onde as unidades possuíam características muito semelhantes as do caso B. Logo, a conclusão é que para essa equipe são necessárias oito horas, ou seja, um dia de trabalho, para se concluir uma instalação completa de um apartamento, como pode ser observado no quadro 14.

Quadro 14: Custo de mão-de-obra em uma instalação com PEX.

QUADRO DE MÃO-DE-OBRA - PEX						
Mão-de-obra	Quantidade Funcionários	Horas	Preço/ H.h (sem encargos)	Preço/ H.h (com encargos)	Preço Total (sem encargos)	Preço Total (com encargos)
Técnico	1	8	R\$ 14,77	R\$ 34,13	R\$ 118,16	R\$ 273,00
Encanador	1	8	R\$ 6,06	R\$ 14,00	R\$ 48,48	R\$ 112,04
Ajudante	1	8	R\$ 4,50	R\$ 10,40	R\$ 36,00	R\$ 83,16
TOTAL					R\$ 202,64	R\$ 468,20

Fonte: Tabela de preços utilizada pela empresa responsável pelo empreendimento, janeiro, 2010.

No anexo, são apresentados os materiais utilizados para uma instalação em PVC (soldável) e PPR, de forma que, todas as peças foram detalhadas, conforme aparece em projeto e vistas. Em alguns pontos foi identificada a medida total da tubulação e indicado o número de conexões existentes neste trecho, porém sendo identificado de que ponto a que ponto foi considerado. A redução do orçamento por trecho consta no quadro 15.

Quadro 15: Custo de materiais em uma instalação com PVC (soldável) e PPR.

QUADRO DE MATERIAL - PVC (SOLDÁVEL) e PPR	
Local - Material	Preço Total
Hidrômetro - Sala	R\$ 19,01
Sala - Cozinha/Área de serviço	
Sala - Área de serviço	R\$ 18,90
Cozinha - Pia	R\$ 135,54
Área de serviço - Aquecedor, tanque, MLR	R\$ 41,03
Banheiro Social	
Do tê(sala) ao tê(banheiro)	R\$ 7,07
Do tê(cozinha) ao tê(banheiro)	R\$ 129,33
Parede 1(vaso sanitário)	R\$ 80,03
Dentro do <i>shaft</i>	R\$ 170,41
Parede 2 (lavatório)	R\$ 44,40
Banheiro Suíte	
Do tê PVC(banheiro social) ao cotovelo(banheiro suíte)	R\$ 4,09
Do tê PPR(banheiro social) ao tê(chuveiro)	R\$ 12,95
Dentro do <i>shaft</i>	R\$ 170,95
Parede 1(vaso sanitário)	R\$ 45,11
Parede 2 (lavatório)	R\$ 32,62
TOTAL	R\$ 911,43

Fonte: Tabela de preços utilizada pela empresa responsável pelo empreendimento, janeiro, 2010.

O quadro 16 foi feito da mesma forma que o quadro 14, sendo que o número de horas trabalhadas foi considerado o dobro, por se tratar de uma instalação mais demorada e complexa.

Quadro 16: Custo de mão-de-obra em uma instalação com PVC (soldável) e PPR.

QUADRO DE MÃO-DE-OBRA – PVC (Soldável) e PPR						
Mão-de-obra	Quantidade Funcionários	Horas	Preço/ H.h (sem encargos)	Preço/ H.h (com encargos)	Preço Total (sem encargos)	Preço Total (com encargos)
Técnico	1	16	R\$ 14,77	R\$ 34,13	R\$ 236,32	R\$ 546,00
Encanador	1	16	R\$ 6,06	R\$ 14,00	R\$ 96,96	R\$ 224,07
Ajudante	1	16	R\$ 4,50	R\$ 10,40	R\$ 72,00	R\$ 166,32

Fonte: Tabela de preços utilizada pela empresa responsável pelo empreendimento, janeiro, 2010.

A seguir, apresenta-se um quadro comparativo entre os orçamentos totais para cada caso. Na coluna mais a direita, a relação percentual de quão maior ou menor o valor da instalação executada com PEX é maior que de PVC (soldável) e PPR. Isto é feito para os três casos: material, mão-de-obra e somatório dos dois fatores.

Quadro 17: Comparativo de preços totais.

PREÇOS COMPARADOS			
	PEX	PVC e PPR	Relação PEX/PVC e PPR
MATERIAL	R\$ 1.705,07	R\$ 911,43	87,08%
MÃO-DE-OBRA	R\$ 468,20	R\$ 936,39	-50,00%
TOTAL	R\$ 2.173,27	R\$ 1.847,82	17,61%

Fonte: autora, 2010.

3.5. Vantagens e Desvantagens

Nos quadros a seguir, são identificadas separadamente vantagens e desvantagens de cada um dos sistemas anteriormente analisados: PEX, PVC e PPR.

Os quadros 18 e 19, se referem as vantagens e desvantagens do PEX, PVC e PPR, respectivamente.

Quadro 18: Vantagens dos sistemas.

MATERIAIS	VANTAGENS
PEX	Não possuem conexões intermediárias, todo o circuito hidráulico é realizado ponto a ponto.
	Pode ser utilizado tanto para água quente quanto para água fria, reduzindo patologias em registros de chuveiros, pias e lavatórios.
	A sua execução pode reduzir, no mínimo, 50% do tempo gasto, se comparado com o cobre e o PVC ou CPVC /PPR.
PVC	Baixo custo relativo de material.
	Boa resistência química.
	Baixa tendência ao entupimento.
PPR	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: autora, 2010.

Quadro 19: Desvantagens dos sistemas.

MATERIAIS	DESVANTAGENS
PEX	O desconhecimento por parte dos profissionais, projetistas e construtoras.
	As instalações hidráulicas, assim como as de esgoto, passam pelo apartamento inferior, ou seja, qualquer manutenção que tenha que ser feita, dependerá do proprietário da unidade abaixo.
	O preço de material ainda caro comparado a outros materiais.
PVC	Baixa resistência física aos choques e ao fogo.
	Alto coeficiente de dilatação.
	Baixa resistência mecânica.
PPR	Necessita de equipamento próprio, chamado termofusor, para execução.
	É necessária mão-de-obra especializada.

Fonte: autora, 2010.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

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.

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 ou PPR. 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. Já para o PPR é necessário um equipamento, o termofusor. Para PVC (soldável) 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 a 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* chegavam 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* chicote 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 PPR. 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 PPR.

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 PPR.

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. Podem ser listados, em uma abordagem futura do assunto, materiais indiretamente relacionados, como cimento, placas de gesso acartonado (*drywall*), e ser verificado se suas influências alteram significativamente os resultados encontrados nesse estudo.

Nesse estudo não foi contemplada a utilização de PEX passando pela laje, através de tubos bainha. Os tubos bainha funcionam como conduítes para as instalações elétricas. Segundo alguns estudos, essa é benéfica por utilizar menos material, pelo fato de os tubos passarem pela laje e não serem necessários passantes e nem fixação com tubos de PVC e abraçadeiras. Ou seja, há um corte de custos de material, porém, há um acréscimo de custo de mão-de-obra, pois é indispensável a presença de um responsável pelo posicionamento dos tubos bainha na laje. Além disso, sua execução é mais complicada, pois depende que esse posicionamento esteja correto no momento da concretagem. Fica a observação deste tipo de instalação para um posterior estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMANCO, 2010. CATÁLOGO PREDIAL AMANCO.

ASTRA, 2010. CATÁLOGO PEX ASTRA.

BENEVOLO, L. **História da Cidade**. São Paulo: Ed. Perspectiva, 1999. 11.

MUMFORD, Lewis.

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.

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

GRAVIA, 2010. CATÁLOGO GRAVIA.

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

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

Plastics Pipe Institute, Inc (PPI); Plastic Pipe and Fittings Association (PPFA); Partnership for Advancing Technology in Housing; NAHB Research Center, **DESIGN GUIDE – Residential PEX Water Supply Plumbing Systems**, Inc.; 2006.

REVEL, 2010. CATÁLOGO PEX REVEL.

REVISTA CONSTRUÇÃO DE MERCADO, “*Tubos de cobre – Cuidados garantem bom funcionamento do produto*”. Revista Construção de Mercado – Artigos, São Paulo, Ed. 23, 2003.

REVISTA TECHNE, "*Duas 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

RIOINOX, 2010. CATÁLOGO AÇO CARBONO RIOINOX.

SAINT GOBAIN, 2005. Catálogo Linha Predial SMU & Tradicional Saint Gobain.

SUPER GREEN, 2010. CATÁLOGO SUPER GREEN.

TIGRE, 2010. CATÁLOGO PEX TIGRE.

TIGRE, 2010. CATÁLOGO PREDIAL AQUATERM TIGRE.

REFERÊNCIAS ELETRÔNICAS

ASTRA. Disponível em: <<http://www.aecweb.com.br/projeto-hidraulico-ou-a-busca-da-excelencia/tematicos/artigos/1826/6>>. Acesso em: 15 de ago., 2010.

CLARO, A., 1999, Material da disciplina de Tecnologia de Edificação I – Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em : <<http://www.arq.ufsc.br/arq5661/Hidraulica2/Materiais/materiais.html>>. Acesso em: 15 ago., 2010.

DBGRAUS. Disponível em: <http://www.dbgraus.com.br/dB_arquivos_html/popup_pex.html>. Acesso em: 13 de ago., 2010.

EMMETI. Disponível em: <<http://www.emmeti.com.br/imprensa/noticia.asp?id=738216>>. Acesso em: 14 de ago., 2010.

Equipe Obra. Disponível em: <<http://www.equipededeobra.com.br/construcao-reforma/15/instalacoes-hidraulicas-com-tubos-ppr-73682-1.asp>>. Acesso em: 16 de ago., 2010.

Fórum da Construção. Disponível em: <<http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=27>>. Acesso em: 16 de ago., 2010.

Instituto do PVC. Disponível em: <<http://www.institutodopvc.org/publico/>>. Acesso em: 17 de ago., 2010.

ISOTUBOS. Disponível em: <www.isotubos.com.br>. Acesso em: 12 de ago., 2010.

LENIN, L. Instalações Industriais Parte I. Virtual Book, 2009. Disponível em: <<http://www.scribd.com/doc/17172048/InstalacoesIndustriaisPartel>>. Acesso em: 13 ago., 2010.

Material da disciplina de Técnicas da Construção Civil 2 – Universidade Federal de

Uberlândia. Disponível em:

<<http://www.feciv.ufu.br/disciplinas/TCC2/Instalacoeshidraulicasanitarias.pdf>>. Acesso em: 10 de ago., 2010.

Manual Técnico de canalização Uponor, 2009. Disponível em: <<http://www.uponor.pt/>>. Acesso em: 27 de ago., 2010.

OLIGAS. Disponível em: <<http://www.oligas.pt/chaoradiante.html>>. Acesso em: 14 de ago., 2010.

PIPESYSTEM. Disponível em:

<<http://www.pipesystem.com.br/Produtos/produtos.html>>. Acesso em: 13 de ago., 2010.

PROCOBRE. Disponível em: <www.procobre.com.br>. Acesso em: 12 de ago., 2010.

PVC BRAZIL. Disponível em: <<http://www.pvcbrazil.com.br/home.aspx>>. Acesso em: 14 de ago., 2010.

Revista Techne. Disponível em: <<http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/122/imprime50117.asp>>. Acesso em: 20 de ago., 2010.

Technopol. Disponível em: <www.technopol.com.br>. Acesso em: 18 de ago., 2010.

ANEXOS

PROCESSO EXECUTIVO COMPLETO DO PVC

- 1) Posicionar todas as prumadas de água fria de acordo com as especificações de projeto;
- 2) Transportar, até o pavimento, materiais e equipamentos necessários para efetuar as prumadas e as ramificações da instalação;
- 3) Marcar a parede nos locais onde passarão os ramais de água conforme projeto;
- 4) Fazer o corte da parede onde serão instalados os ramais de água;
- 5) Fazer a preparação das conexões, tubos e registros para montagem de acordo com a especificação dos mesmos. Estes podem ser soldáveis ou roscáveis. Segue como é feito o processo para cada um dos casos.

5) 1. Execução de instalações de tubos e conexões soldáveis, como na figura n:

- a) Preparo dos produtos - Cortar o tubo no esquadro e chanfrar a ponta. Com uma lixa d'água, tirar o brilho das superfícies a serem soldadas (ponta do tubo e bolsa da conexão), com o objetivo de melhorar a aderência (soldagem).
- b) Limpeza das superfícies - Limpar as superfícies lixadas com solução limpadora, para eliminar as impurezas que podem impedir a ação do adesivo. Esta ação também prepara o PVC para a soldagem.
- 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.
- d) Encaixe perfeito - Juntar as duas peças, forçando, sem torcer, o encaixe até o fundo da bolsa.
- 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.

5) 2. Execução de instalações de 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.
- b) Montagem da tarraxa - Montar a tarraxa observando a colocação correta do cossinete.
- c) Colocação da tarraxa - Colocar a tarraxa no tubo, fazendo uma pressão com uma das mãos, girando a ferramenta no sentido horário.
- 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.
- e) Aplicação de fita veda rosca (fita Teflon) - Aplicar fita veda rosca na ponta do tubo, no sentido da rosca (sentido horário).
- f) Junta roscável - Retirar o tubo da morsa e executar a junta roscável, realizando aperto manual.

5) 3. Execução de instalações de peças metálicas em conexões com rosca:

- a) Verificar se o padrão de rosca das peças a serem unidas é compatível.
- b) Aplicar a fita veda rosca no sentido horário, sobre a rosca da ponta a ser unida.
- c) Deve-se ter cuidado para não deixar sobrar fita sobre a extremidade, pois isso pode dificultar o fluxo normal de água.
- d) A forma de rosquear é simples, porém muito importante. Quando bem feita, não causa danos à rosca, preserva a tubulação e evita vazamentos. Deve-se rosquear com as mãos, da esquerda para a direita (sentido horário), sem aperto excessivo. Nunca utilizar ferramentas, pois podem danificar o produto. Apenas as mãos são suficientes.

5) 4. Execução de instalações de registros:

- a) Determinar o alinhamento da tubulação e retirar a porca e a bolsa destacável. Observar também o sentido do fluxo de água orientado no corpo do produto.
- b) Para os registros soldáveis, aplicar o adesivo plástico por igual na extremidade da bolsa do registro e na ponta do tubo, realizando depois a soldagem. Para os registros

roscáveis, aplicar fita teflon na extremidade do tubo.

c) Colocar a porca do registro na outra ponta do tubo.

d) Soldar ou rosquear a ponta destacável.

e) Unir bolsa destacável no corpo do registro, através da porca da bolsa. O aperto deve ser manual.

6) Fazer a colocação dos plugs nas conexões terminais para evitar que entre algum tipo de material que possa obstruí-las;

7) Medir e serrar as tubulações de acordo com as medidas de projeto;

8) Iniciar a montagem dos ramais, ligando-os com a prumada;

9) As tubulações deverão ser montadas de acordo com sua especificação como anteriormente explicado.

10) Devem-se conectar todos os pontos de tubulações, registros e conexões de acordo com o projeto. A tubulação deve estar totalmente embutida na alvenaria e deve-se verificar o esquadro das peças em relação a alvenaria;

11) As posições dos pontos de abastecimento de água, registro e as tubulações deverão ser instalados prevendo o revestimento e o acabamento da parede. A tolerância para a profundidade dos pontos em relação ao acabamento (azulejo/pastilha ou pintura) é de cerca de 5 mm;

12) Realizar o teste de estanqueidade. O serviço só é considerado acabado se for constatado que a instalação está sem vazamentos.

PROCESSO EXECUTIVO COMPLETO DO PPR

- 1) Transportar para o pavimento todas as tubulações, conexões e registros conforme o projeto;
- 2) Marcar as paredes nos locais onde passarão os ramais de água conforme projeto;
- 3) Fazer o corte da parede onde serão instalados os ramais de água;
- 4) Em uma bancada, apoiar o termofusor e limpar os bocais com um pano embebido em álcool gel, antes de iniciar a termofusão.
- 5) Medir e cortar as tubulações de PPR tipo 3 conforme especificado em projeto. Para o corte das tubulações, deve-se utilizar somente a tesoura especial para corte de PPR, e sempre fazer a limpeza dos bocais com um pano com álcool antes e após o uso;
- 6) Limpar com um pano a ponta dos tubos e a bolsa das conexões que receberão a Termofusão, havendo necessidade pode-se utilizar o álcool para limpeza dos mesmos.
- 7) Utilizar o termofusor para a fusão das peças, marcando antes na extremidade do tubo a profundidade da bolsa da conexão, para certificar-se que a ponta do tubo não ultrapasse o final da bolsa da conexão;
- 8) Introduzir simultaneamente o tubo e a conexão em seus respectivos lados do bocal já conectado ao termofusor;
- 9) A conexão deve cobrir toda a face macho do bocal e o tubo não deve ultrapassar a marcação feita anteriormente;
- 10) Quando decorrido o tempo mínimo de aquecimento, conforme a tabela 2 indica, retirar o tubo e a conexão do termofusor.
- 11) Após retirar o tubo e a conexão do termofusor, proceder sem pausa à união das duas peças, ou seja, deve-se introduzir a ponta do tubo na bolsa da conexão imediatamente;
- 12) A ponta do tubo deverá ser introduzida até o anel formado pelo aquecimento do termofusor;
- 13) Após a termofusão da conexão com o tubo, em um intervalo de três segundos iniciais, existe a possibilidade de alinhar a conexão em até 15°. Nunca se deve forçar a peça no tubo, somente girar;
- 14) Para a execução das prumadas de recalque, prumadas de hidrômetros e alimentação do gerador de calor, recomenda-se sempre utilizar isolante térmico com espessura de 10mm. A profundidade dos pontos em relação ao acabamento (azulejo/pastilha ou pintura) tem tolerância por volta de 5mm. As tubulações devem

estar totalmente embutidas na alvenaria e devem estar esquadrejadas com a mesma;

15) Fazer a limpeza do local de trabalho após o término do serviço;

16) Realizar o teste de estanqueidade. Certificar que a instalação está sem vazamentos.

Diâmetro (mm)	Tempo de aquecimento (seg)	Intervalo para acoplamento (seg)	Resfriamento (min)
20	5	4	2
25	7	4	2
32	8	6	4
40	12	6	4
50	18	6	4
63	24	8	6
75	30	8	6
90	40	8	8
110	50	10	8

PROCESSO EXECUTIVO COMPLETO DO PEX

1) Distribuição hidráulica em laje

Primeiramente deve-se ter a laje assoalhada, as chapas numeradas e o eixo posicionado. Então um topógrafo deve marcar os pontos hidráulicos (trajetória da rede de gás no piso, gabarito do shaft, com luvas passantes, e gabarito do shaft do hall de serviço, onde estão as prumadas). Um representante do fornecedor (supervisor, técnico, encarregado, engenheiro) deve conferir o posicionamento dos eixos, checando os pontos em relação a estes, pintando a alvenaria na forma, com tinta PVA e pintando os pontos de esgoto e de PEX na forma. Depois, deve-se fixar as bases dos gabaritos hidráulicos, anteriormente mencionados, nas formas. Fazer a montagem da armação positiva e assim montar o gabarito de shaft de luvas passantes e o de shaft do hall. Para o primeiro, deve-se colocar a luva passante com o tubo interno e tampar a parte de cima do gabarito, fixando-a. Para o último, apenas fixar a parte de cima e tampar. Montar a armação negativa podendo assim dar início a concretagem da laje.

Um encanador deve acompanhar a concretagem, desta forma, qualquer gabarito que se desloque, poderá ser ajustado a tempo. Os gabaritos devem ser desmontados no dia seguinte, no primeiro horário, e deve ser passado desmoldante metálico para limpeza e lubrificação. Verifica-se então, a integridade das luvas e é feita a proteção das mesmas com espumas. Os shafts do hall devem ser pintados com tinta PVA.

2) Prumadas Hidráulicas Grouteadas

Com a alvenaria concluída, verificar se os espaços dos shafts estão desformados e limpos. Os locais dos shafts devem ser antecipadamente encunhados. Deve-se pintar os fundos e laterais dos shafts de tinta PVA preta, para realçar as tubulações. Utilizar perfilados galvanizados, parafusos, porcas, arruelas e vergalhões aparados para fixação das tubulações a parede, seja de alvenaria ou concreto, para evitar movimentação intermediária, ou seja, entre lajes, das mesmas.

No shaft do hall de serviço, todas as tubulações de águas pluviais, incêndio e recalque devem ser posicionadas, assim como, válvulas, registros, entre outros. Para fixação

nos perfilados, são usadas abraçadeiras. Ter o cuidado de utilizar fita neoprene se estas forem de latão ou cobre. Colocar uma proteção na ponta dos tubos ou mesmo amassá-los nas pontas, para evitar entrada de resíduos e mantê-los assim até a conclusão da obra. Fazer a vedação do espaço remanescente com lã de rocha ou cerâmica.

3) Barrilete Horizontal nas unidades autônomas

Observando-se as guias superiores de drywall já marcadas, as prumadas do hall de serviço concluídas e a alvenaria concluída com os passantes, a instaladora deve validar os trechos. Deve-se montar, na prumada do hall de serviço, o trecho rígido referente aos medidores. Coloca-se o terminal para conexão com a distribuição do PEX a partir do registro geral do apartamento. Utilizar abraçadeiras metálicas para a fixação dos distribuidores de água quente e água fria. Verificando a altura com relação ao nível, se faz a fixação dos kits chassis primários (kits chuveiro) nos montantes de drywall.

Executa-se então, a distribuição das redes de água quente e água fria pelo teto. Neste momento devem ser tomados dois cuidados: as tubulações PEX quando fixadas pelas abraçadeiras, devem passar por dentro de um PVC de esgoto, este funcionará como um tubo-camisa, para evitar o contato direto com as abraçadeiras; e ordenar as tubulações em feixes, ou seja, agrupá-las de acordo com a direção que seguirão. Os ramais de água quente e água fria devem ser interligados aos registros de gaveta dos kits chuveiros.

4) Distribuição Geral Hidráulica com kits em alvenaria e drywall

Para iniciar o procedimento, a instaladora deve validar os trechos, a alvenaria deve estar esquadrejada e concluída, a referência de nível deve estar marcada na parede, os tubos guias e passantes colados à laje e os guias e montantes fixados.

Deve-se executar a colocação de kit PEX e kit standard em um pavimento para confirmar as medidas dos kits e assim, liberar para a fabricação. Posicionar e fixar os kits – PEX com coifa. Os kits PEX banho são usados em banheiros e lavabos e kits PEX CZ/AS, para áreas de serviço e cozinha. Devem ser executados os esgotos

primário e secundário, fixar as tubulações e checar todos os caimentos. Checar as proteções de esgoto e água fria e quente.

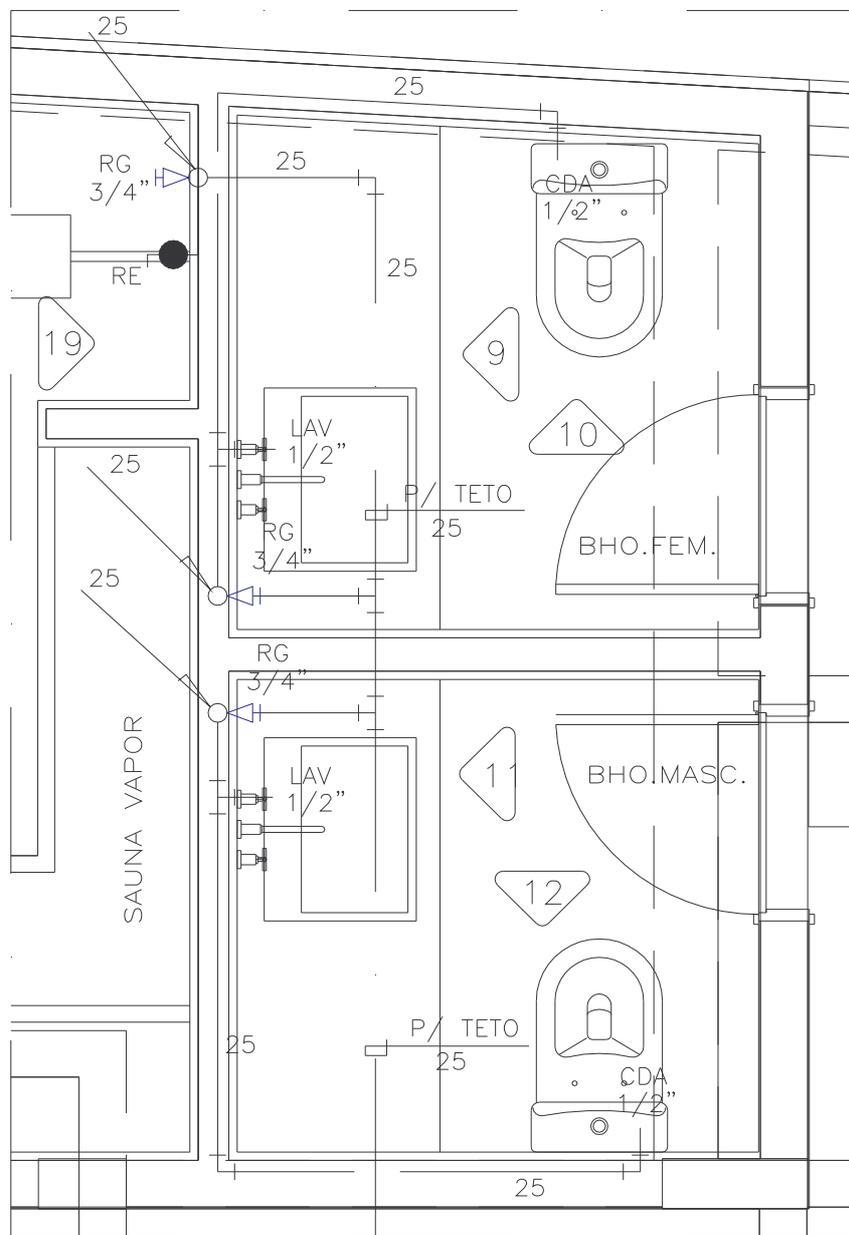
Após a colocação de azulejo e cerâmica, posicionar e fixar os kits standard (para lavatório, para pia e máquina de lavar louça e para tanque e máquina de lavar roupa) na parede. Todos os kits são fabricados industrialmente e vem em embalagens lacradas, invioláveis e identificadas.

5) Montagem da Tubulação PEX

a) Sistema de roscar: Deve-se cortar o tubo em ângulo reto, e assim, calibrar e chanfrar o tubo. Logo depois, encaixar e verificar pela janela se o tubo está encostado no fundo do monobloco. Usando chaves, rosquear o monobloco na conexão necessária.

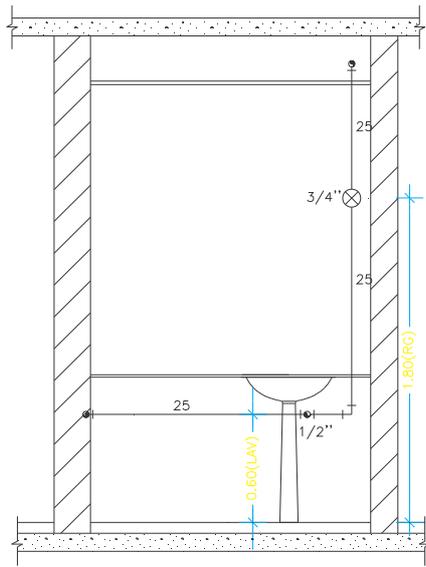
b) Sistema de prensar: Deve-se cortar o tubo em ângulo reto, e assim, calibrar e chanfrar o tubo. Encaixar o tubo e verificar pelas aberturas do anel plástico se o tubo está encaixado perfeitamente. Certificar-se do encaixe correto da prensa no anel. Prensar a conexão no tubo.

ESTUDO DE CASO A - PLANTA E DETALHE ÁREA COMUM

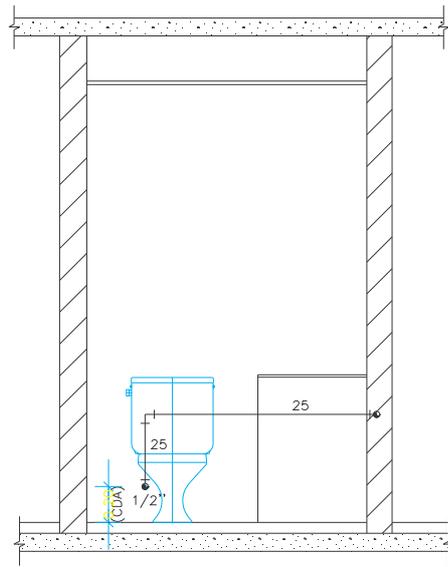


DETALHE DOS BANHOS MASC. E FEM. PUC
ESC.:1/25

Planta do banheiro da área comum com instalações em PVC.

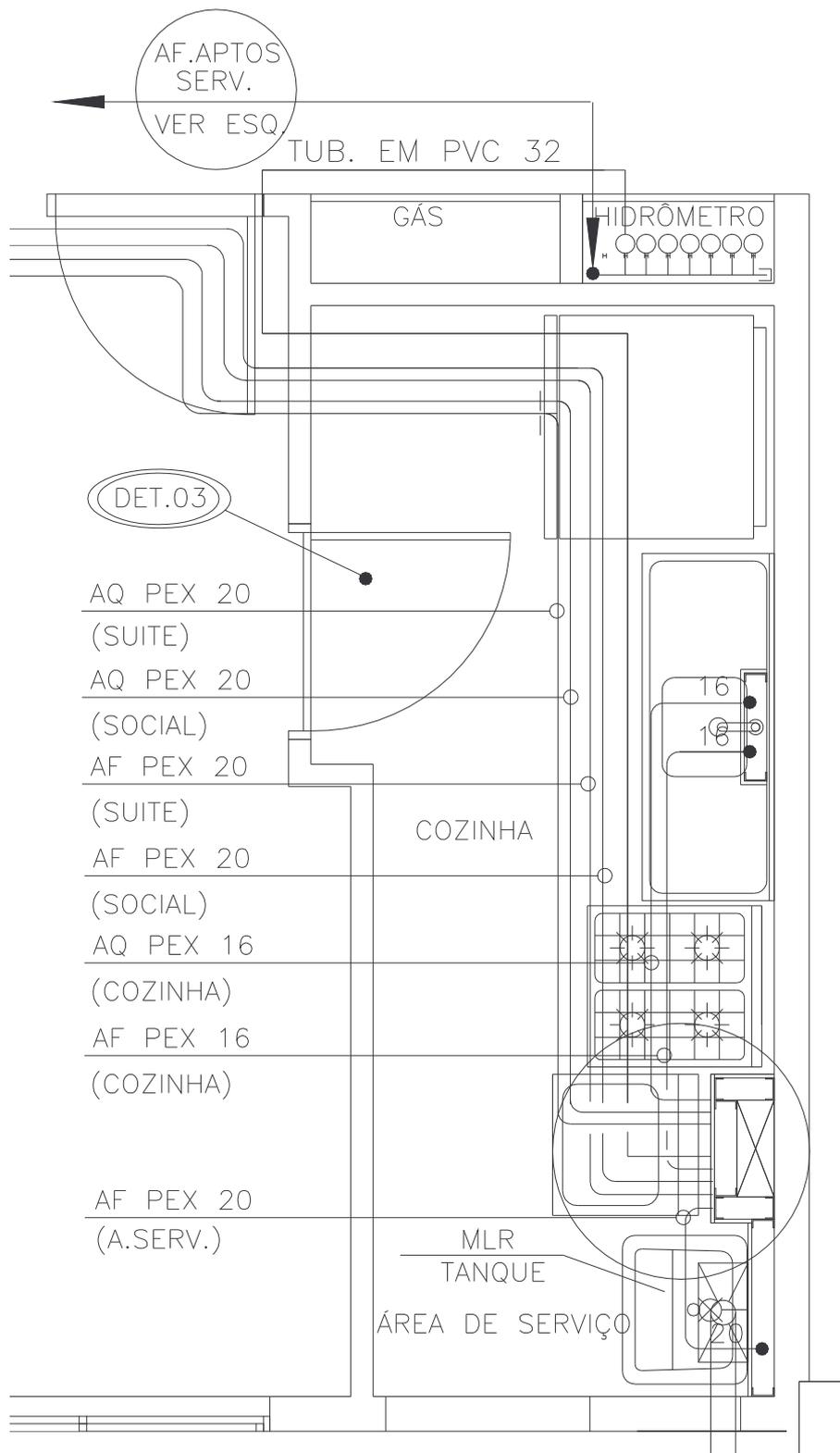


VISTA 11
 ESCALA 1/25

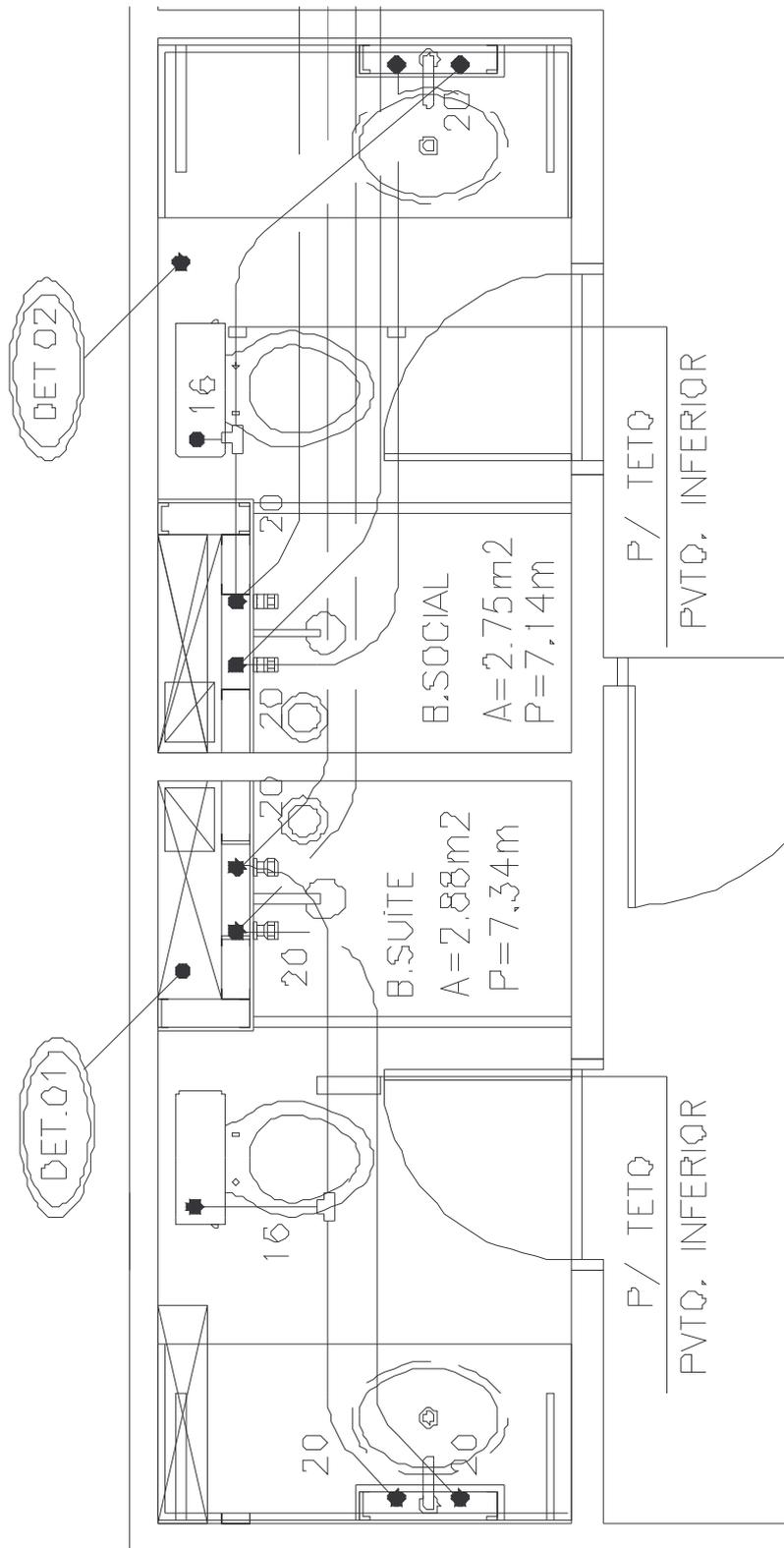


VISTA 12
 ESCALA 1/25

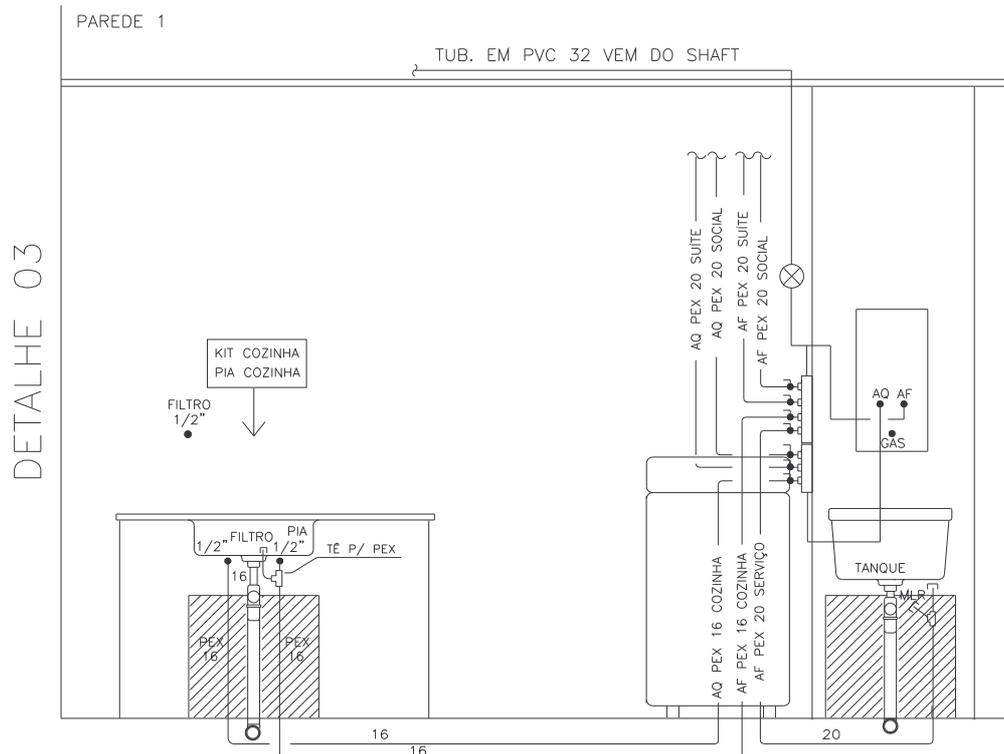
Detalhes do banheiro da área comum com instalações em PVC.



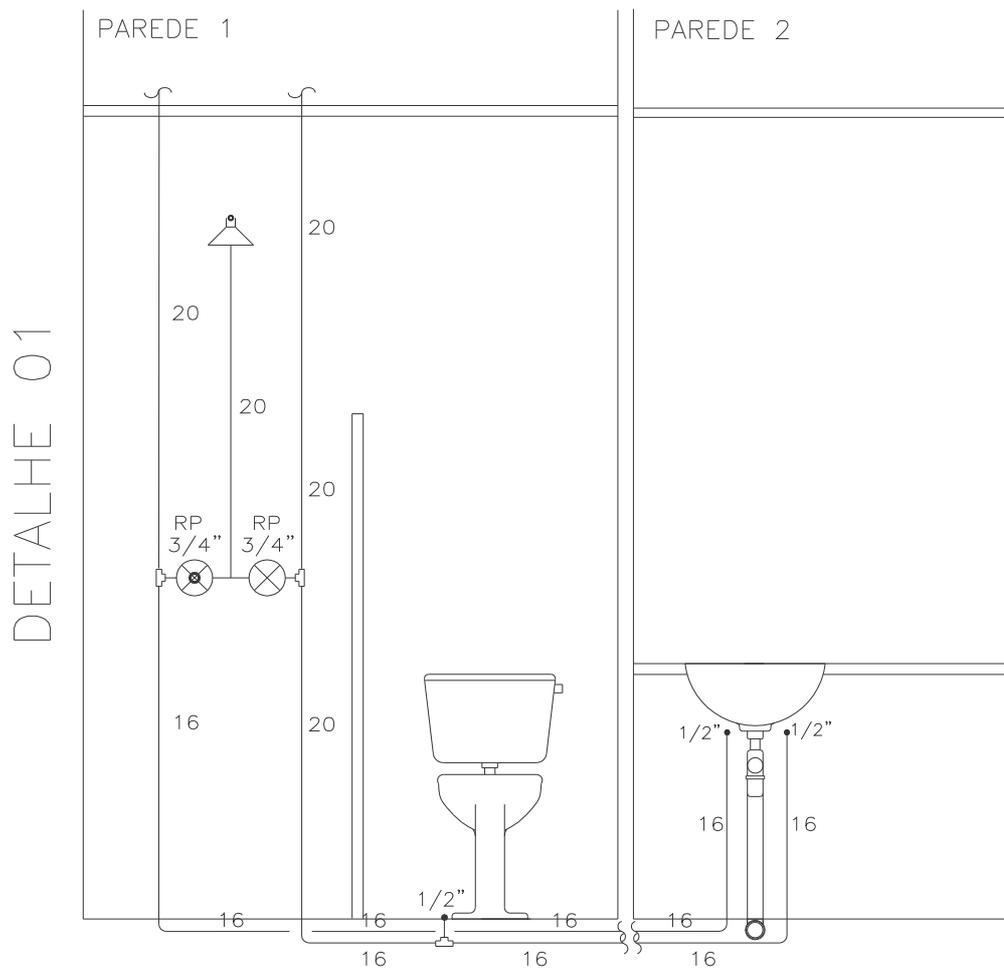
Planta da cozinha com instalações em PEX.



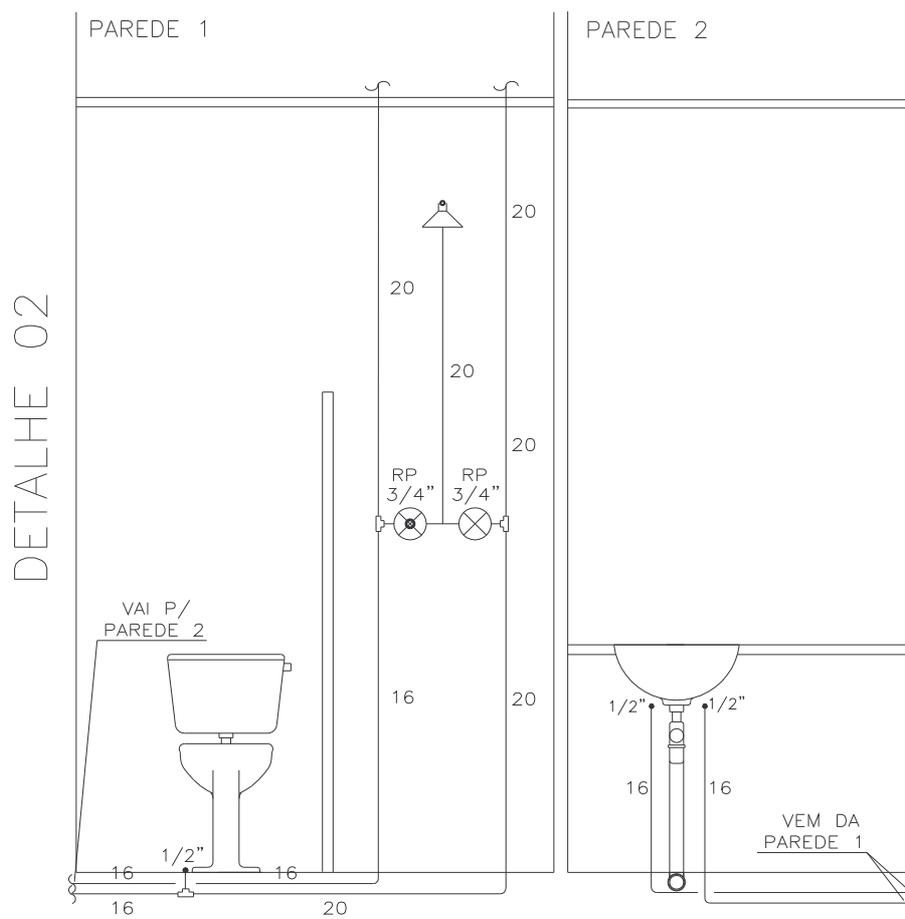
Planta dos banheiros com instalação em PEX.



Detalhe da cozinha com instalações em PEX.

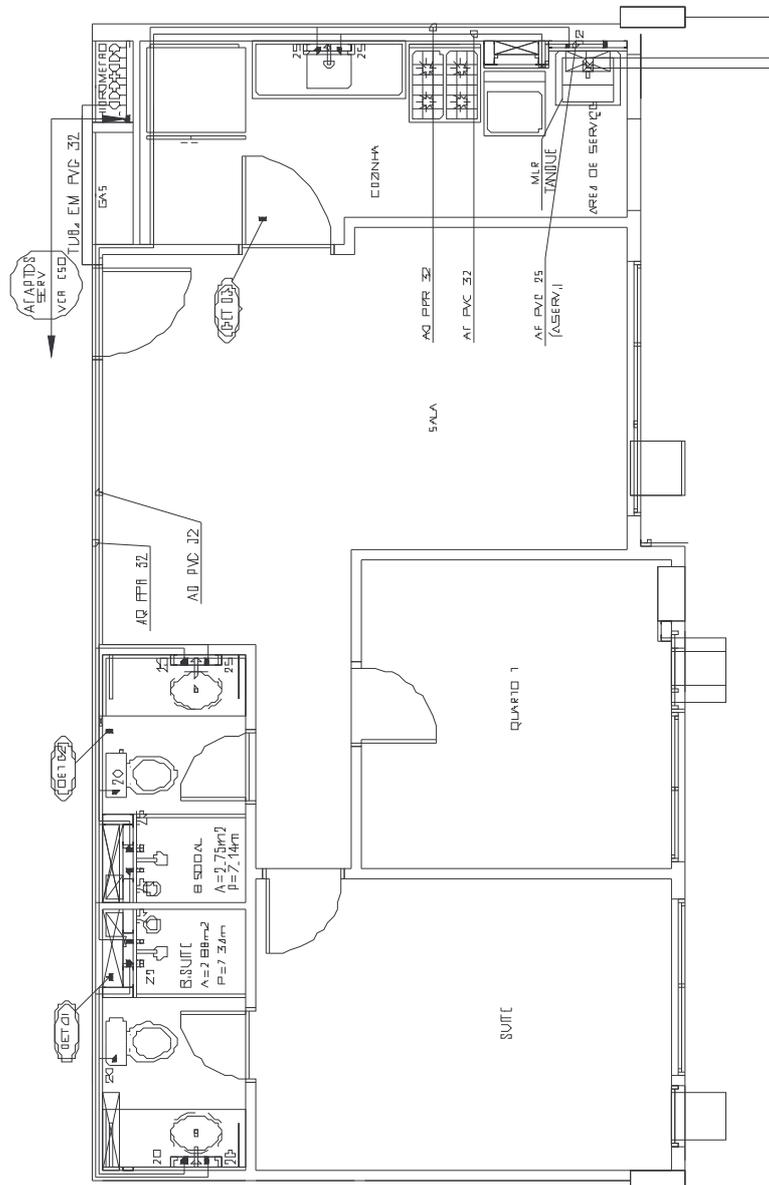


Detalhe do banheiro suíte com instalações em PEX.

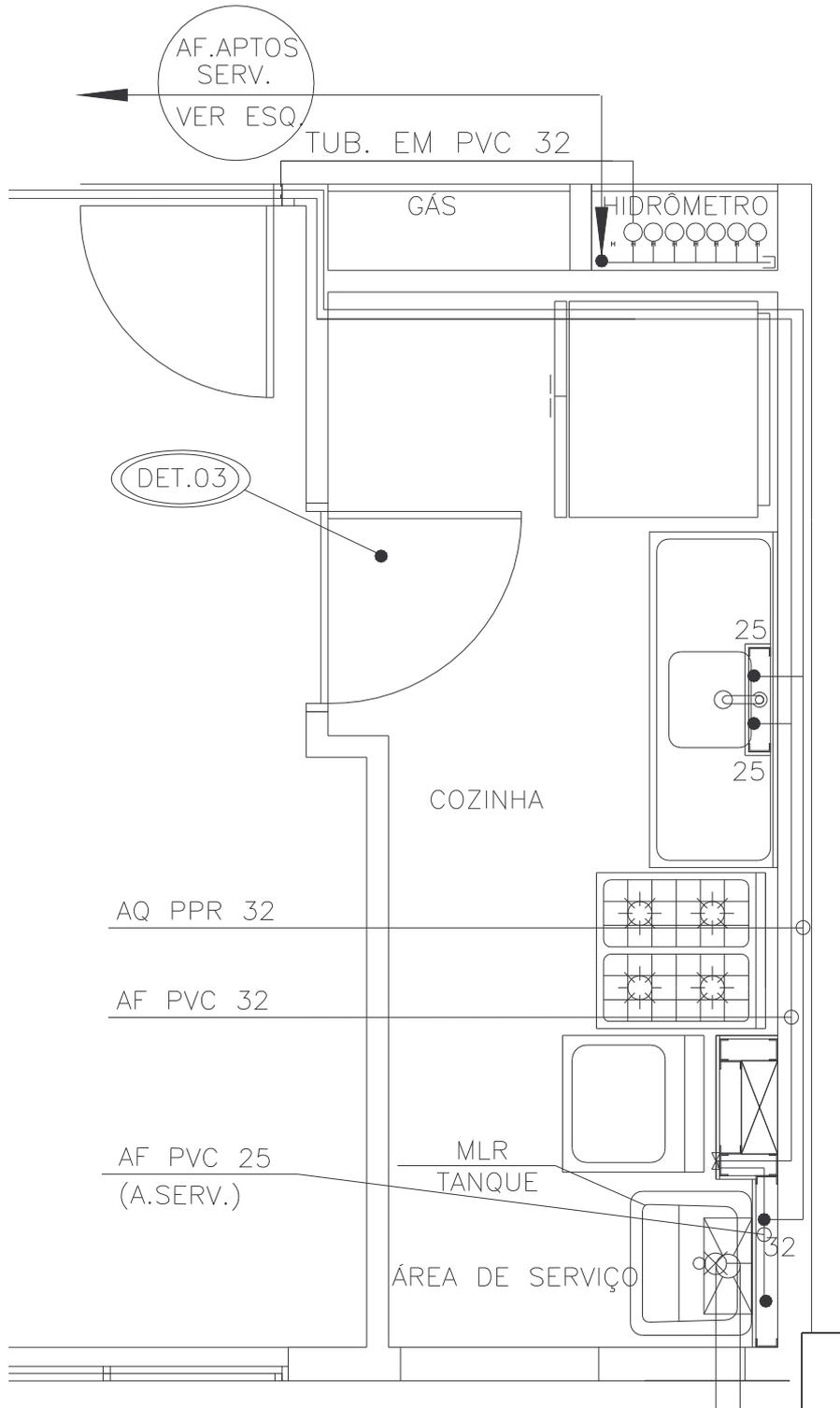


Detalhe do banheiro social com instalação em PEX.

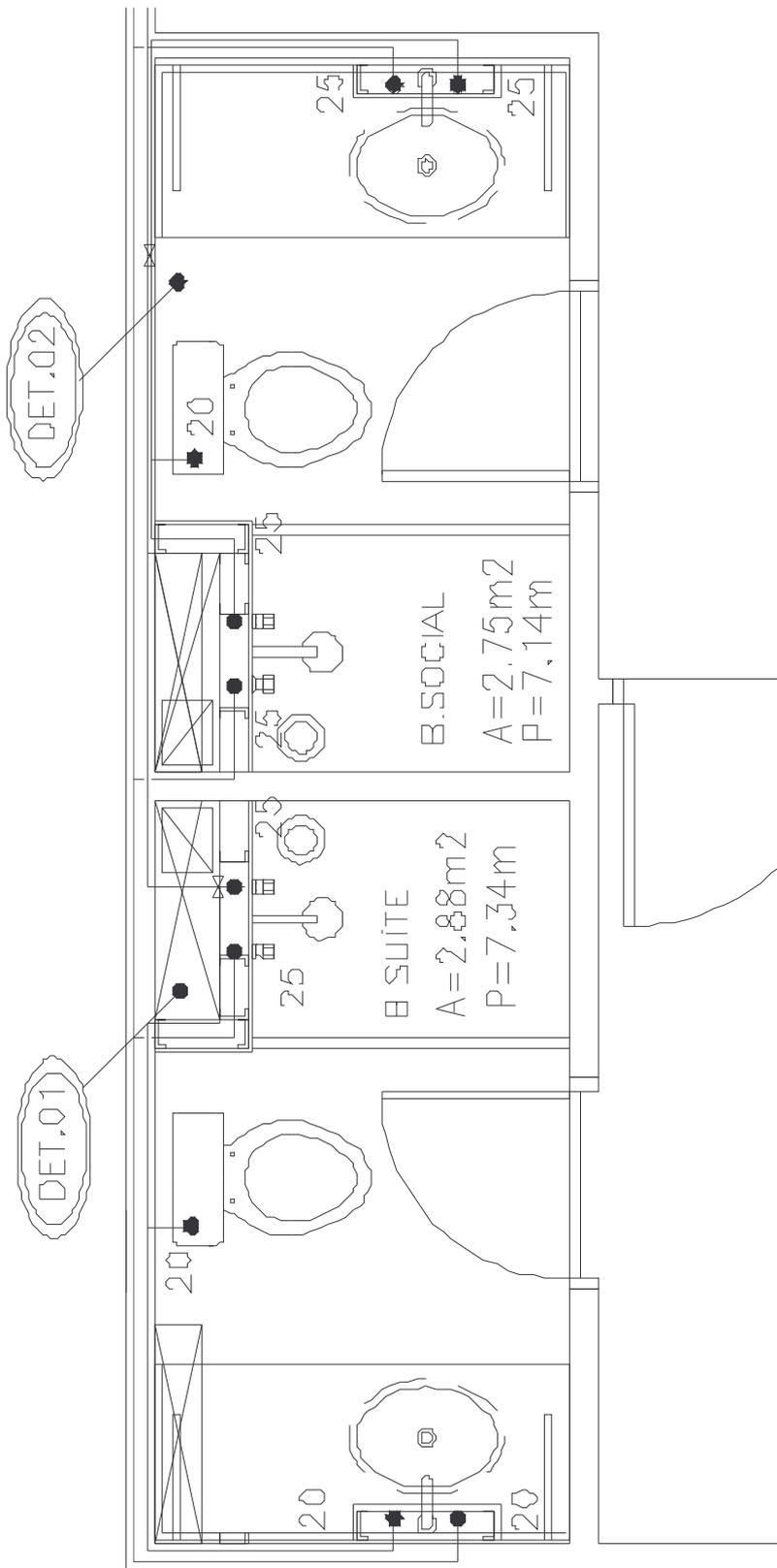
ESTUDO DE CASO B - PLANTAS E DETALHES DE INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS EM PVC E PPR.



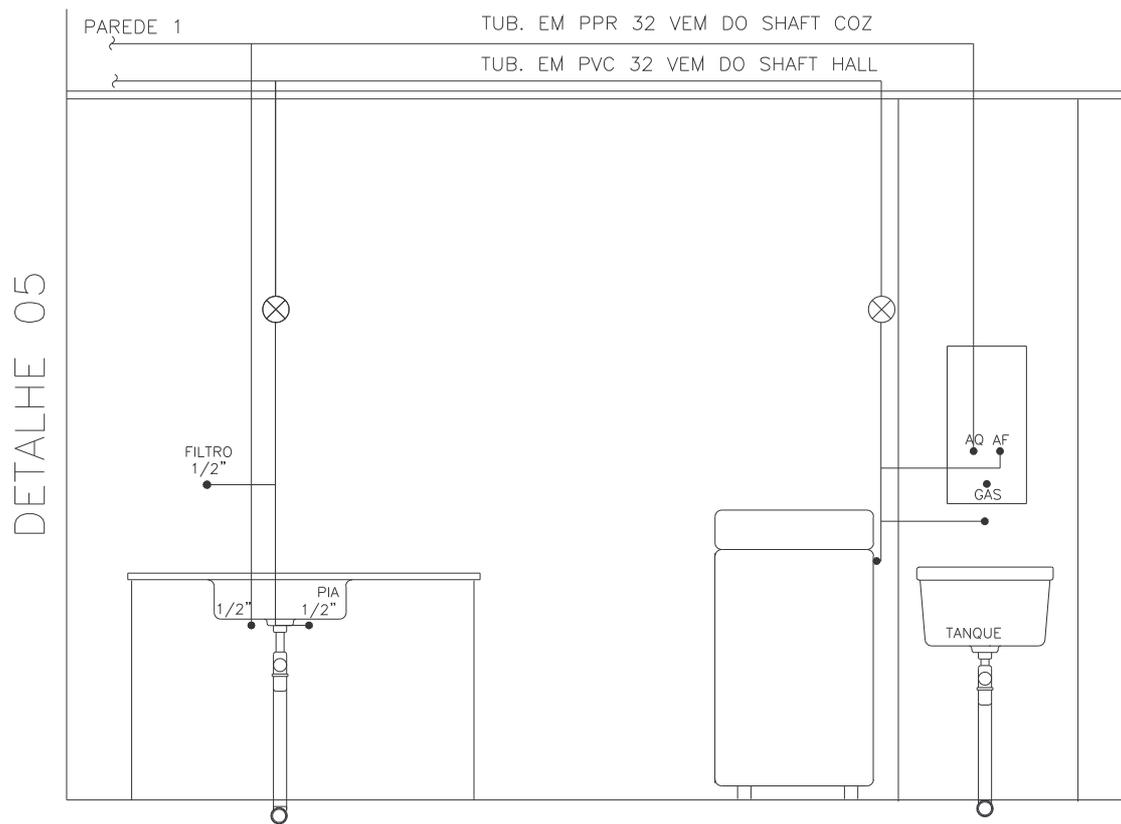
Planta da unidade com instalações em PVC.



Planta da cozinha com instalações em PVC.

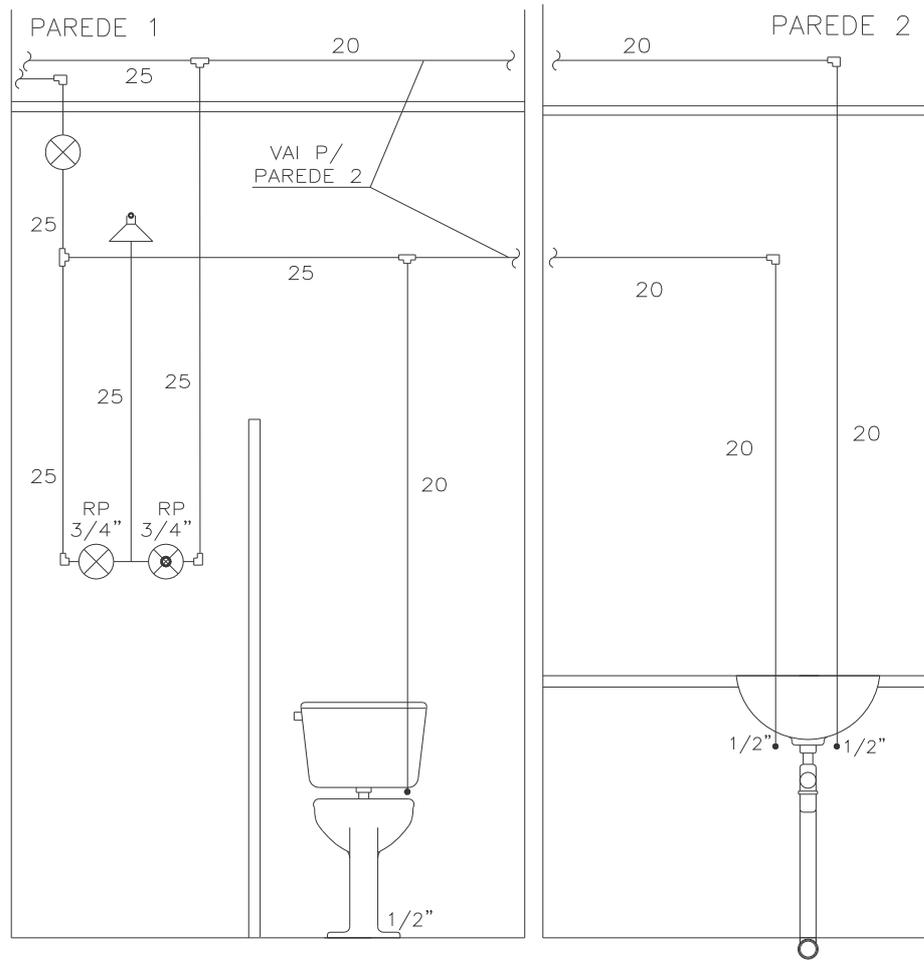


Planta dos banheiros com instalações em PVC.



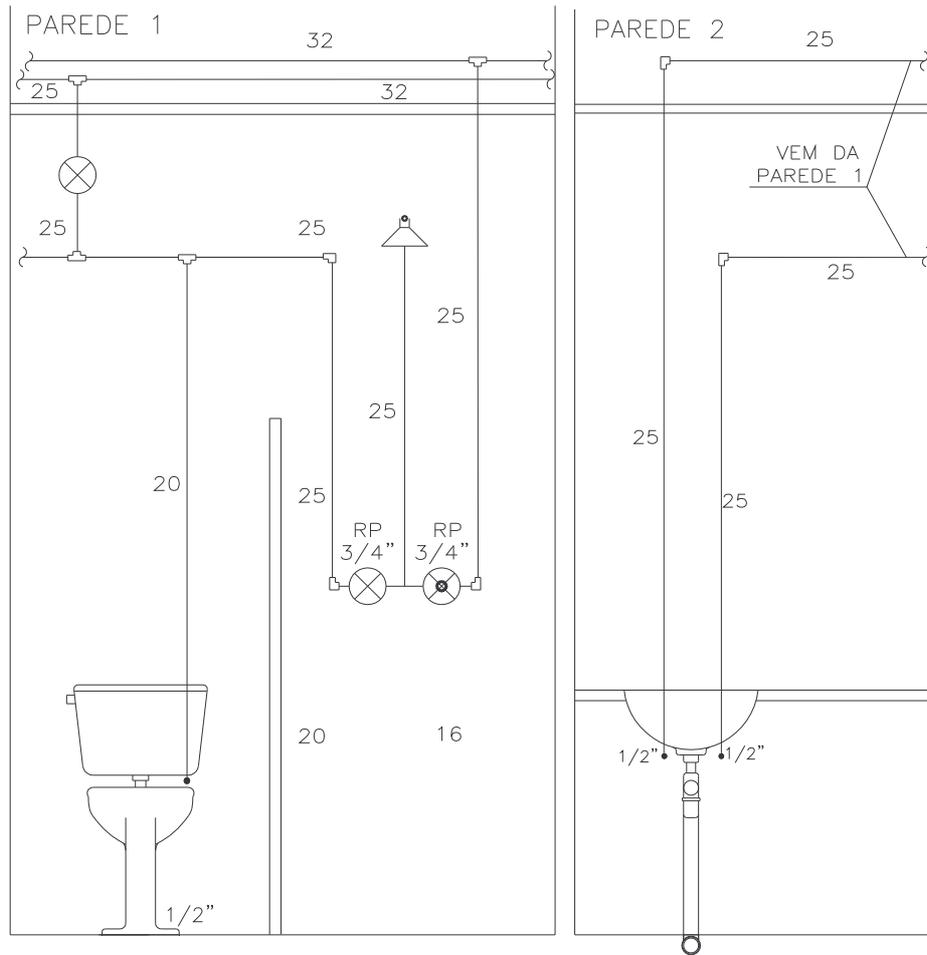
Detalhe da cozinha com instalações em PVC.

DETALHE 01



Detalhe do banheiro suíte com instalações em PVC.

DETALHE 02



Detalhe do banheiro social com instalações em PVC.

QUADRO DE MATERIAIS COMPLETO – PEX

QUADRO DE MATERIAL - PEX				
Local - Material	Quantidade	Unidade	Preço Unitário	Preço Total
Hidrômetro - Cozinha				
Hidrômetro individual (reembolsável)	1,00	unid.	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Do hidrômetro ao shaft cozinha				
Adaptador p/ registro PVC 32mm	1,00	unid.	R\$ 4,79	R\$ 4,79
Cotovelo 90° PVC 32mm	1,00	unid.	R\$ 0,47	R\$ 0,47
Tubo PVC 32mm (vertical)	1,73	m	R\$ 1,79	R\$ 3,10
Cotovelo 90° PVC 32mm	1,00	unid.	R\$ 0,47	R\$ 0,47
Tubo PVC 32mm (horizontal: <i>shaft</i> hall - <i>shaft</i> cozinha)	7,55	m	R\$ 1,79	R\$ 13,51
Cotovelo 90° PVC 32mm	6,00	unid.	R\$ 0,47	R\$ 2,82
Tubo PVC 32mm (vertical)	0,50	m	R\$ 1,79	R\$ 0,90
Registro de gaveta 32mm	1,00	unid.	R\$ 19,00	R\$ 19,00
Tubo PVC 32mm	0,48	m	R\$ 1,79	R\$ 0,86
Tê PVC 32mm	1,00	unid.	R\$ 0,75	R\$ 0,75
Tubo PVC 32mm (para aquecedor)	0,63	m	R\$ 1,79	R\$ 1,13
Adaptador p/ registro PVC 32mm	1,00	unid.	R\$ 4,79	R\$ 4,79
Cotovelo 90° PVC 32mm	3,00	unid.	R\$ 0,47	R\$ 1,41
Tubo PVC 32mm (para distribuidor AF)	0,12	m	R\$ 1,79	R\$ 0,21
Distribuidor 4 pontos AF	1,00	unid.	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Tubo PPR 32mm (para distribuidor AQ)	1,10	m	R\$ 18,81	R\$ 20,69
Cotovelo 90° PPR 32mm	2,00	unid.	R\$ 1,98	R\$ 3,96
Adaptador p/ registro PPR 32mm	1,00	unid.	R\$ 8,90	R\$ 8,90
Distribuidor 3 pontos AQ	1,00	unid.	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Registro PEX 20	5,00	unid.	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Registro PEX 16	2,00	unid.	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Abraçadeira 1"	13,00	unid.	R\$ 1,00	R\$ 13,00
Área de serviço				
Kit chicote AS			R\$ 0,00	R\$ 0,00
Tubo PEX 20	2,40	m	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Tubo PEX 20	0,20	m	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Tê PEX 20	1,00	unid.	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Casquilho 20 - 3/4"	2,00	unid.	R\$ 0,00	R\$ 0,00
kit AS	1,00	unid.	R\$ 98,00	R\$ 98,00
Cozinha				
Kit chicote COZ	1,00	unid.	R\$ 165,33	R\$ 165,33
Tubo PEX AF 16	3,78	m	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Tubo PEX AQ 16	3,63	m	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Tê PEX 16	1,00	unid.	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Tubo PEX AF 16 (filtro)	0,25	m	R\$ 0,00	R\$ 0,00

Casquilho 16 - 1/2"	3,00	unid.	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Kit COZ	1,00	unid.	R\$ 98,00	R\$ 98,00
Banheiro Social				
Da Cozinha ao banheiro				
Kit chicote	1,00	unid.	R\$ 127,50	R\$ 127,50
Tubo PEX AQ 20	14,50	m	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Tubo PEX AF 20	14,30	m	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Casquilho 20 - 3/4"	4,00	unid.	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Abraçadeira 2 1/2" - PVC 75mm	18,00	unid.	R\$ 1,50	R\$ 27,00
PVC 75mm	1,80	m	R\$ 8,33	R\$ 14,99
Dentro do shaft				
kit chuveiro	1,00	unid.	R\$ 198,00	R\$ 198,00
Teto pavimento inferior				
Kit chicote chuveiro - lavatório	1,00	unid.	R\$ 165,33	R\$ 165,33
Tubo PEX AQ 16 (kit chuveiro - pia)	4,30	m	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Tubo PEX AF 20 (kit chuveiro - tê)	1,50	m	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Tê PEX AF redução 20-16 1/2"	1,00	unid.	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Tubo PEX AF 16 (tê - vaso)	0,50	m	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Tubo PEX AF 16 (tê - pia)	2,45	m	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Casquilho 16 - 1/2"	5,00	unid.	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Abraçadeira 2 1/2" - PVC 75mm	3,00	unid.	R\$ 1,50	R\$ 4,50
PVC 75mm	0,30	m	R\$ 8,33	R\$ 2,50
Lavatório				
kit lavatório	1,00	unid.	R\$ 98,00	R\$ 98,00
Banheiro Suíte				
Da Cozinha ao banheiro				
Kit chicote	1,00	unid.	R\$ 127,50	R\$ 127,50
Tubo PEX AQ 20	15,45	m	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Tubo PEX AF 20	15,22	m	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Casquilho 20 - 3/4"	4,00	unid.	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Abraçadeira 2 1/2" - PVC 75mm	4,00	unid.	R\$ 1,50	R\$ 6,00
PVC 75mm	0,40	m	R\$ 8,33	R\$ 3,33
Dentro do shaft				
kit chuveiro	1,00	unid.	R\$ 198,00	R\$ 198,00
Teto pavimento inferior				
Kit chicote chuveiro - lavatório	1,00	unid.	R\$ 165,33	R\$ 165,33
Tubo PEX AQ 16 (kit chuveiro - pia)	4,23	m	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Tubo PEX AF 20 (kit chuveiro - tê)	2,23	m	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Tê PEX AF redução 20-16 1/2"	1,00	unid.	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Tubo PEX AF 16 (tê - vaso)	0,95	m	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Tubo PEX AF 16 (tê - pia)	2,00	m	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Casquilho 16 - 1/2"	5,00	unid.	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Abraçadeira 2 1/2" - PVC 75mm	3,00	unid.	R\$ 1,50	R\$ 4,50
PVC 75mm	0,30	m	R\$ 8,33	R\$ 2,50
Lavatório				

kit lavatório	1,00	unid.	R\$ 98,00	R\$ 98,00
TOTAL				R\$ 1.705,07

QUADRO DE MATERIAIS COMPLETO – PVC E PPR

QUADRO DE MATERIAL - PVC (SOLDÁVEL) E PPR				
Local - Material	Quantidade	Unidade	Preço Unitário	Preço Total
Hidrômetro - Sala				
Hidrômetro individual (reembolsável)	1,00	unid.	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Adaptador p/ registro PVC 32mm	1,00	unid.	R\$ 4,79	R\$ 4,79
Cotovelo 90º PVC 32mm	1,00	unid.	R\$ 0,47	R\$ 0,47
Tubo PVC 32mm (vertical)	1,73	m	R\$ 1,79	R\$ 3,10
Cotovelo 90º PVC 32mm	1,00	unid.	R\$ 0,47	R\$ 0,47
Tubo PVC 32mm (horizontal: <i>shaft hall - sala</i>)	1,95	m	R\$ 1,79	R\$ 3,49
Cotovelo 90º PVC 32mm	2,00	unid.	R\$ 0,47	R\$ 0,94
Tê PVC 32mm	1,00	unid.	R\$ 0,75	R\$ 0,75
Abraçadeira 1"	5,00	unid.	R\$ 1,00	R\$ 5,00
Sala - Cozinha/Área de serviço				
Sala - Área de serviço				
Tubo PVC 32mm (horizontal)	5,60	m	R\$ 1,79	R\$ 10,02
Cotovelo 90º PVC 32mm	4,00	unid.	R\$ 0,47	R\$ 1,88
Abraçadeira 1"	7,00	unid.	R\$ 1,00	R\$ 7,00
Cozinha - Pia				
Tê de redução PVC - 32 x 25mm	1,00	unid.	R\$ 1,40	R\$ 1,40
Registro de gaveta 25mm	1,00	unid.	R\$ 13,40	R\$ 13,40
Tubo PVC 25mm (vertical)	1,76	m	R\$ 1,08	R\$ 1,90
Tê PVC 25mm	1,00	unid.	R\$ 0,32	R\$ 0,32
Cotovelo 90º PVC 25mm	3,00	unid.	R\$ 0,22	R\$ 0,66
Tubo PPR 32mm (aquecedor - tê pia)	3,64	m	R\$ 18,81	R\$ 68,47
Cotovelo 90º PPR 32mm	2,00	unid.	R\$ 1,98	R\$ 3,96
Abraçadeira 1"	5,00	unid.	R\$ 1,00	R\$ 5,00
Tê de redução PPR - 32 x 25mm	1,00	unid.	R\$ 4,09	R\$ 4,09
Tubo PPR 25mm (vertical)	1,88	m	R\$ 12,34	R\$ 23,20
Cotovelo 90º PPR 25mm	1,00	unid.	R\$ 1,43	R\$ 1,43
Tubo PVC 25mm (horizontal)	0,33	m	R\$ 1,08	R\$ 0,36
Adaptador p/ registro PVC 25mm	2,00	unid.	R\$ 3,32	R\$ 6,64
Adaptador p/ registro PPR 25mm	1,00	unid.	R\$ 4,72	R\$ 4,72
Área de serviço - Aquecedor, tanque, MLR				
Tubo PVC 32mm (vertical)	1,55	m	R\$ 1,79	R\$ 2,77
Registro de gaveta 32mm	1,00	unid.	R\$ 19,00	R\$ 19,00
Tê PVC 32mm	2,00	unid.	R\$ 0,75	R\$ 1,50
Tubo PVC 32mm (para aquecedor)	0,44	m	R\$ 1,79	R\$ 0,79
Tubo PVC 32mm (para tanque)	0,40	m	R\$ 1,79	R\$ 0,72
Cotovelo 90º PVC 32mm	4,00	unid.	R\$ 0,47	R\$ 1,88
Adaptador p/ registro PVC 32mm	3,00	unid.	R\$ 4,79	R\$ 14,37

Banheiro Social				
Do tê(sala) ao tê(banheiro)				
Tubo PVC 32mm	3,95	m	R\$ 1,79	R\$ 7,07
Do tê(cozinha) ao tê(banheiro)				
Tubo PPR 32mm	6,56	m	R\$ 18,81	R\$ 123,39
Cotovelo 90° PPR 32mm	3,00	unid.	R\$ 1,98	R\$ 5,94
Parede 1(vaso sanitário)				
Tê de redução PPR - 32x25 mm	1,00	unid.	R\$ 4,09	R\$ 4,09
Tê de redução PVC - 32x25 mm	1,00	unid.	R\$ 1,40	R\$ 1,40
Registro de gaveta PVC 25mm	1,00	unid.	R\$ 13,40	R\$ 13,40
Tubo PVC 25 (tê banheiro - Tê distribuição)	0,50	m	R\$ 1,08	R\$ 0,54
Tubo PPR 32 (horizontal)	2,40	m	R\$ 18,81	R\$ 45,14
Tubo PVC 25 (tê distribuição - Tê vaso sanitário)	1,35	m	R\$ 1,08	R\$ 1,46
Tê de redução PVC - 25x20 mm	1,00	unid.	R\$ 0,72	R\$ 0,72
Tubo PVC 20 (vertical)	1,40	m	R\$ 0,76	R\$ 1,06
Tubo PVC 25 (tê vaso sanitário - cotovelo chuveiro)	1,05	m	R\$ 1,08	R\$ 1,13
Cotovelo 90° PVC 25mm	3,00	unid.	R\$ 0,22	R\$ 0,66
Cotovelo 90° PVC 20mm	1,00	unid.	R\$ 0,15	R\$ 0,15
Adaptador p/ registro PVC 20mm	1,00	unid.	R\$ 2,74	R\$ 2,74
Tê de redução PPR - 32x25 mm	1,00	unid.	R\$ 4,09	R\$ 4,09
Abraçadeira PVC 25	3,00	unid.	R\$ 1,00	R\$ 3,00
Cotovelo 90° PVC 25mm	2,00	unid.	R\$ 0,22	R\$ 0,44
Dentro do <i>shaft</i>				
Tubo PPR 25 (vertical)	1,40	m	R\$ 12,34	R\$ 17,28
Tubo PVC 25 (vertical)	0,90	m	R\$ 1,08	R\$ 0,97
Cotovelo 90° PPR 25mm	1,00	unid.	R\$ 1,43	R\$ 1,43
Cotovelo 90° PVC 25mm	1,00	unid.	R\$ 0,22	R\$ 0,22
Tubo PPR 25 (horizontal)	0,20	m	R\$ 12,34	R\$ 2,47
Misturador PPR 25	1,00	unid.	R\$ 5,75	R\$ 5,75
Tubo PPR 25 (junção - chuveiro)	1,00	m	R\$ 12,34	R\$ 12,34
Cotovelo 90° PPR 25(com inserção metálica)	1,00	unid.	R\$ 5,01	R\$ 5,01
Registro de pressão PPR 3/4"	2,00	unid.	R\$ 62,47	R\$ 124,94
Parede 2 (lavatório)				
Tubo PPR 25 (horizontal)	0,85	m	R\$ 12,34	R\$ 10,49
Tubo PVC 25 (horizontal)	1,35	m	R\$ 1,08	R\$ 1,46
Cotovelo 90° PPR 25mm	1,00	unid.	R\$ 1,43	R\$ 1,43
Cotovelo 90° PVC 25mm	2,00	unid.	R\$ 0,22	R\$ 0,44
Tubo PPR 25 (vertical)	1,60	m	R\$ 12,34	R\$ 19,74
Tubo PVC 25 (vertical)	1,60	m	R\$ 1,08	R\$ 1,73
Cotovelo 90° PPR 25mm	1,00	unid.	R\$ 1,43	R\$ 1,43
Cotovelo 90° PVC 25mm	1,00	unid.	R\$ 0,22	R\$ 0,22
Adaptador p/ registro PVC 25mm	1,00	unid.	R\$ 2,74	R\$ 2,74
Adaptador p/ registro PPR 25mm	1,00	unid.	R\$ 4,72	R\$ 4,72
Banheiro Suíte				

Do tê PVC(banheiro social) ao cotovelo(banheiro suíte)				
Tubo PVC 25mm	3,58	m	R\$ 1,08	R\$ 3,87
Cotovelo 90° PVC 25mm	1,00	unid.	R\$ 0,22	R\$ 0,22
Do tê PPR(banheiro social) ao tê(chuveiro)				
Tubo PPR 25mm	0,85	m	R\$ 12,34	R\$ 10,49
Tê de redução PPR - 25x20 mm	1,00	unid.	R\$ 2,46	R\$ 2,46
Dentro do shaft				
Tubo PPR 25 (vertical)	1,40	m	R\$ 12,34	R\$ 17,28
Tubo PVC 25 (vertical)	1,40	m	R\$ 1,08	R\$ 1,51
Cotovelo 90° PPR 25	1,00	unid.	R\$ 1,43	R\$ 1,43
Cotovelo 90° PVC 25	1,00	unid.	R\$ 0,22	R\$ 0,22
Tubo PPR 25 (horizontal)	0,20	m	R\$ 12,34	R\$ 2,47
Misturador PPR 25	1,00	unid.	R\$ 5,75	R\$ 5,75
Tubo PPR 25 (junção - chuveiro)	1,00	m	R\$ 12,34	R\$ 12,34
Cotovelo 90° PPR 25 (com inserção metálica)	1,00	unid.	R\$ 5,01	R\$ 5,01
Registro de pressão PPR 3/4"	2,00	unid.	R\$ 62,47	R\$ 124,94
Parede 1(vaso sanitário)				
Tubo PVC 25 (cotovelo banheiro - tê distribuição)	0,50	m	R\$ 1,08	R\$ 0,54
Registro de gaveta PVC 25mm	1,00	unid.	R\$ 13,40	R\$ 13,40
Tê de redução PVC - 25x20 mm	1,00	unid.	R\$ 0,72	R\$ 0,72
Tubo PVC 20 (tê distribuição - tê vaso sanitário)	1,40	m	R\$ 0,76	R\$ 1,06
Cotovelo 90° PVC 20mm	2,00	unid.	R\$ 0,15	R\$ 0,30
Tubo PPR 20 (tê chuveiro - cotovelo 90° parede 2)	2,15	m	R\$ 8,45	R\$ 18,17
Cotovelo 90° PPR 20mm	3,00	unid.	R\$ 0,84	R\$ 2,52
Tê PVC 20mm (vaso sanitário)	1,00	unid.	R\$ 0,23	R\$ 0,23
Tubo PVC 20 (vertical)	1,40	m	R\$ 0,76	R\$ 1,06
Cotovelo 90° PVC 20mm	1,00	unid.	R\$ 0,15	R\$ 0,15
Adaptador p/ registro PVC 20mm	1,00	unid.	R\$ 2,74	R\$ 2,74
Tubo PVC 20 (tê vaso sanitário - cotovelo 90° parede 2)	1,00	m	R\$ 0,76	R\$ 0,76
Cotovelo 90° PVC 20mm	3,00	unid.	R\$ 0,15	R\$ 0,45
Abraçadeira PVC 25	3,00	unid.	R\$ 1,00	R\$ 3,00
Parede 2 (lavatório)				
Tubo PPR 20 (horizontal)	1,05	m	R\$ 8,45	R\$ 8,87
Tubo PVC 20 (horizontal)	0,85	m	R\$ 0,76	R\$ 0,65
Cotovelo 90° PPR 20mm	1,00	unid.	R\$ 0,84	R\$ 0,84
Cotovelo 90° PVC 20mm	1,00	unid.	R\$ 0,15	R\$ 0,15
Tubo PPR 20 (vertical)	1,60	m	R\$ 8,45	R\$ 13,52
Tubo PVC 20 (vertical)	1,60	m	R\$ 0,76	R\$ 1,22
Cotovelo 90° PPR 20 mm	1,00	unid.	R\$ 0,84	R\$ 0,84
Cotovelo 90° PVC 20mm	1,00	unid.	R\$ 0,15	R\$ 0,15
Adaptador p/ registro PVC 20mm	1,00	unid.	R\$ 2,74	R\$ 2,74
Adaptador p/ registro PPR 20mm	1,00	unid.	R\$ 3,65	R\$ 3,65
TOTAL				R\$ 911,43

