

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ANÁPOLIS – UniEVANGÉLICA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

ADRIANO DE SOUSA TAVARES

**UM ANÁLISE BIBLIOGRÁFICA DO MATERIAL
POLIETILENO RETICULADO - PEX**

ANÁPOLIS / GO
2013

ADRIANO DE SOUSA TAVARES

UM ANÁLISE BIBLIOGRÁFICA DO MATERIAL POLIETILENO RETICULADO - PEX

Trabalho de conclusão de curso apresentado à banca examinadora da UniEvangélica de Anápolis, como requisito obrigatório para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Msc. Christian Moreira

**ANÁPOLIS / GO
2013**

TAVARES, Adriano de Sousa.

Uma análise bibliográfica do material polietileno reticulado – PEX. [Goiás] 2013.

**52p., 297 mm (ENG/UEG, Bacharel, Engenharia Civil, 2013)
Projeto Final – Centro Universitário de Anápolis -
UniEVANGÉLICA.**

Curso de Engenharia Civil.

1. PEX

2. Reticulado

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ANÁPOLIS – UniEVANGÉLICA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

ADRIANO DE SOUSA TAVARES

UM ANÁLISE BIBLIOGRÁFICA DO MATERIAL POLIETILENO
RETICULADO - PEX

Trabalho de conclusão de curso aprovado em ____/____/____ para obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Civil.

APROVADO POR:

CHRISTIAN MOREIRA, MSc
(ORIENTADOR)

BENJAMIM JORGE RODRIGUES DOS SANTOS, Dr.

JULLIANA SIMAS RIBEIRO, MSc.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradecemos a Deus, por não deixar que desistisse deste curso e deste trabalho, dando força e coragem nas horas difíceis, por ter concedido ânimo para chegar até ao final deste curso e por fim a conclusão deste trabalho sem perder a fé.

A Professora orientadora, pela sua competente e prestativa orientação, sua paciência, apoio e conselhos, onde em momento algum poupou esforços para que esse ideal pudesse ser atingido, o que nos motivou a dedicar nossos esforços para que pudessem corresponder de forma positiva toda essa motivação e confiança.

Aos professores e a Coordenação de Engenharia Civil, pela paciência, ensinamentos e amizade formada durante todos estes anos.

Aos nossos pais amigos e familiares que sempre torceram por nós durante todos esses anos. Em especial, agradecemos nossas (os) companheiras (os) e filhos, pelo apoio em todos os momentos para que pudessem concluir este trabalho.

RESUMO

O material polietileno reticulado, mais conhecido como PEX, encaixou-se muito bem a necessidade de eficiência que o processo construtivo tem exigido com expectativa de vida superior a cinquenta anos se comparado com os materiais e tecnologias construtivas convencionais encontradas no mercado. Ainda, se o Sistema PEX for executado por profissionais que tenham prática, o preço desse processo é muito favorável considerando o tempo de utilização, de execução e a praticidade, se comparado aos demais materiais como o PVC, CPVC, PPR, cobre, aço-carbono e ferro fundido, demonstrando assim que sua produtividade é superior. Outra vantagem evidente é a facilidade no processo de montagem, que é seca, por não haver a utilização de nenhum material colante, necessitando apenas de algumas ferramentas específicas de fácil manejo. A exemplo tem-se no caso do PPR, é preciso o uso de termofusor e, no caso do PVC e CPVC é utilizado materiais colantes. Por ser flexível, o Sistema PEX possui menor perda de carga são menores, por não se utilizar tantas conexões quanto nos métodos rígidos. Este produto apresenta resistência contra os efeitos de radiação ultravioleta, efeitos do cloro, expansão de rachadura e íons de cobre.

Palavras-chave: PVC. PEX. Material Polietileno.

ABSTRACT

Better known as PEX , crosslinked polyethylene material to fit very well the need for efficiency that the construction process is required with the expectation of more than fifty years life compared with conventional materials and construction technologies found in the market . Still , if the PEX system is run by professionals who have practical , the price of this process is very favorable considering the time of use, implementation and practicality when compared to other materials such as PVC , CPVC , PPR , copper , carbon steel and cast iron , which demonstrate that their productivity is higher. Another obvious advantage is ease in the assembly process , which is dry, because there is no use of adhesive material requiring only a few specific tools easy to handle . The example is in the case of PRP , it is necessary to use termofusor and in the case of PVC and CPVC adhesive material is used . By being flexible , PEX system has lower pressure drop are smaller , because they do not use as many connections as the rigid methods . This product is resistant against the effects of ultraviolet radiation, effects of chlorine, expanding crack and copper ions .

Key-words: PVC. PEX . Polyethylene material.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Aqueduto Romano, em Santarém, Portugal.....	2
Figura 2.1 - Tubos e conexões de CPVC.	8
Figura 2.2 - Tubos e conexões de cobre.	10
Figura 2.3 - Tubos em aço-carbono.....	14
Figura 2.4 - Tubos e conexões em ferro fundido.	15
Figura 2.5 - Dados de consumo per capita de PVC em alguns países selecionados	19
Figura 2.6 - (a): Esquadria em PVC. (b) Forro em PVC. (c) materiais de instalações hidráulicas em PVC.	21
Figura 2.7 - (a) tubo de PVC soldável e (b) tubo de PVC roscável.	24
Figura 2.8 - (1) Preparo dos tubos e conexões, (2) Limpeza das superfícies com solução limpadora, (3) Aplicação de adesivo plástico na parte interna da conexão e na parte externa do tubo. (4) Encaixe das peças sem torcer, (5) Remoção do excesso de adesivo plástico.	25
Figura 2.9 - (1) Preparo dos produtos, (2) Fixação de tubo na morsa, (3) Montagem da tarraxa, (4) Colocação da tarraxa, (5) Desenvolvimento da rosca, (6) Aplicação de fita veda rosca, (7) Execução de junta roscável.	26
Figura 2.10 - (1) Verificação de compatibilidade das peças, (2) Aplicação da fita veda rosca, (3) Verificação da ponta do tubo, (4) Forma de rosquear.....	27
Figura 2.11 - (1) Preparo dos tubos e conexões, (2) Limpeza das superfícies com solução limpadora, (3) Aplicação de adesivo plástico na parte interna da conexão e na parte externa do tubo. (4) Encaixe das peças sem torcer, (5) Remoção do excesso de adesivo plástico.	28
Figura 2.12 - Tubos e conexões de PPR.	30
Figura 2.13 - (1) Corte dos tubos, (2) Limpeza de tubos e conexões, (3) Marcação da extremidade do tubo, (4) Introdução das peças no termofusor e processo de aquecimento, (5) União das peças, (6) Repouso da peça após união, (7) Alinhamento das peças, (8) Aquecimento da placa com termofusor	33
Figura 2.14 - Kit chicote, kit lavatório (kit esgoto), kit chuveiro, caixa shaft	35
Figura 2.15 - Composição do tubo de PEX multicamadas.....	38

LISTA DE QUADROS

Figura 2.1 - Principais fatores da escolha do material	8
Figura 2.2 - Classificações e aplicações do aço-carbono.	10
Figura 2.3 - Classificações do ferro fundido.....	14
Figura 2.4 - Setores que utilizam PVC e seus respectivos produtos	15
Figura 2.5 - Execução de instalações com tubos e conexões em PVC soldável.	19
Figura 2.6 - Execução de instalações com tubos e conexões em PVC roscável.....	21
Figura 2.7 - Execução de instalações com peças metálicas em conexões em PVC roscável.	24
Figura 2.8 - Execução de instalações de registros em PVC soldável e roscável.....	25
Figura 2.9 - Preços de tubos, conexões e registros em PVC.	296
Figura 2.10 - Execução de instalações com tubos e conexões em PPR.	27
Figura 2.11 - Preços de tubos, conexões e registros em PPR.....	28
Figura 2.12 - Características técnicas do Tubo PEX Monocamada.....	30
Figura 2.13 - Características técnicas do Tubo PEX Multicamada	33

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Histórico	1
1.2 Objetivo	4
1.3 Justificativa.....	4
1.4 Metodologia.....	5
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	6
2.1 Conceitos	6
2.2 Policloreto de Vinila Clorado (CPVC)	8
2.2.1 Caracterização do material.....	8
2.2.2 Normas Técnicas	9
2.3 Cobre.....	10
2.3.1 Caracterização do material.....	10
2.3.2 Normas Técnicas	12
2.4 Aço-carbono	12
2.4.1 Caracterização do material.....	12
2.4.2 Normas Técnicas	14
2.5 Ferro Fundido.....	15
2.5.1 Caracterização do material.....	15
2.5.2 Normas Técnicas	16
2.6 Policloreto de Vinila (PVC)	17
2.6.1 Caracterização	17
2.6.2 Normas Técnicas	23
2.6.3 Processo Executivo	24
2.6.4 Previsão Orçamentária.....	29
2.7 Polipropileno Copolímero Random (PPR).....	30
2.7.1 Caracterização do material.....	30
2.7.2 Normas Técnicas	31
2.7.3 Processo Executivo	32
2.7.4 Previsão Orçamentária.....	33
2.8 Polietileno Reticulado (PEX)	34
2.8.1 Caracterização	34
2.8.2 Função/Aplicação.....	35
2.8.2.1 Benefícios da Linha PEX.....	35
2.8.3 Outros Benefícios.....	36
2.8.4 Características Técnicas	37
3 CONSIDERAÇÕES	39
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41

1 INTRODUÇÃO

Em busca de processos mais eficientes para a construção civil, a todo instante estão sendo desenvolvidas inovações tecnológicas buscando aprimorar os processos, diminuir prazos e cortar custos “extras”, bem como tendo por objetivo também a preocupação como meio ambiente. A construção civil convencional passa por um processo de industrialização, gerando novas formas de construções e instalações, o que tem motivado muitos fornecedores de materiais de construção a buscarem aperfeiçoamento, modernização e novas tecnologias, tornando a produção dinâmica e simplificando os serviços.

1.1 HISTÓRICO

A expressão “instalações hidráulicas” refere-se a instalações de dutos, com a finalidade de proporcionar a condução de fluidos, o qual o tipo de instalação depende do fluido e da finalidade no qual será utilizado, de acordo com Claro (1999). As mais comuns instalações hidráulicas são: o abastecimento de água e o sistema de esgoto, mas a variedade é muito maior, existem ainda o sistema de prevenção de incêndio, o recolhimento de águas pluviais e a distribuição de gás.

Encontram-se registros de instalações existentes de três a seis mil anos atrás, segundo Landi, 1993. Prova disso são os registros encontrados no vale do Rio Indus, na Índia.

De acordo com Benevolo (1999), os aquedutos eram utilizados para distribuição de águas fluviais, tinham forma retangular, revestido com reboco de tijolo em pó, coberto, o que se tornava mais passível de ser inspecionado e arejado, possuindo declives que deixavam que a água fluísse livremente. Utilizava-se o sifão, em alguns casos para mudança de pressão da água.

No Império de Napoleão III, em 1850, foi feita a lei sanitária. Esta lei fez parte de um amontoado de metas traçadas pelo antigo prefeito de Paris, Haussman, para “limpar” a cidade. Novas obras surgiram como aquedutos, esgotos, e instalação da iluminação a gás, começaram a ser atendidos, pelo menos para aqueles mais favorecidos financeiramente. Não ocorre este fenômeno apenas em Paris, mas é nesta cidade que se torna mais notável, o exemplo é seguido por muitas cidades, o

que ocorre até mesmo no Brasil, com a reforma do Rio de Janeiro. Na figura 1.1, se tem o antigo aqueduto de Pegões, Tomar, encontrado em Portugal.



Figura 1.1 - Aqueduto Romano, em Santarém, Portugal.

Fonte: *site Nabantia*, 2011.

Em Landi, 1993, é citado 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 percebidos grandes problemas que atingem uma considerável quantidade de pessoas, tomando dimensões imensuráveis. Depois de Roma, foi visível este fato nas cidades industriais, onde um grande número de trabalhadores se aglomerava em regiões com poucas condições de salubridade, pois apresentava insuficiência na quantidade de instalações, devido à exploração imobiliária dos terrenos (CLARO, 1999).

Na Idade Média, a higiene das pessoas é repreendida, sendo retomada apenas nos séculos XVIII e XIX, de acordo com Landi, 1993. Isto pode ter acontecido devido à 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.

A baixa vida útil do ferro se mostrou e esse material apresentou desvantagens como: ferrugem, condução de calor, além do fenômeno da incrustação, ou seja, redução da seção transversal devido à aglomeração de resíduos em suas paredes internas. Então, segundo Claro, 1999, nas últimas décadas, o PVC, obteve grande importância para consumidores e encanadores, substituindo-os 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 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.

O cobre foi o metal que passou a dividir espaço, no mercado, com outros produtos. Em vista, a qualidade e vida útil, não há material igual. Porém, seu custo é superior ao 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 CPVC e o 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.

Mais recentemente, o polietileno reticulado (PEX), vem sendo amplamente utilizado, por ser adequado tanto para o transporte de água quente ou fria, destinada ou não ao consumo humano e para a circulação de gás. Sendo bastante difundido em países da Ásia, Europa e América do Norte.

A tecnologia de tubos PEX foi desenvolvida na Europa, em meados da década de setenta, e vem sendo utilizada em vários locais, com diversas atividades desde então. Após muitos testes de desempenho e durabilidade, esse novo sistema possui uma história de sucesso no mercado europeu. (Design Guide, 2006).

A maior divergência 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. Entretanto, pesquisas apontam que os polímeros utilizados para confecção do PEX são muito mais seguros, resistentes e duráveis.

Recentemente foram elaboradas normas técnicas especificando quanto aos requisitos e métodos de ensaio (ABNT NBR 15939-1:2011), quanto aos

procedimentos para elaboração de projetos (ABNT NBR 15939-2:2011) e quanto ao procedimento para instalação (ABNT NBR 15939-3:2011) para tubos PEX, com isso espera-se impulsionar o crescimento da demanda e certo amadurecimento do mercado.

No Brasil, o uso do PEX como sistema de aquecimento apresenta pouco uso, no entanto o polietileno reticulado tem sido utilizado como condutor de água quente e fria em redes hidráulicas. Mesmo existindo possibilidade no mercado para a aplicação do PEX, ainda existe grande resistência quanto à utilização do mesmo e dificuldade para aceitação geral. Apesar de ser um material de fácil utilização devido a sua flexibilidade e de fácil 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. Entretanto, projetos de grandes empresas com edifícios em gesso acartonado e alvenaria estrutural já utilizam o Sistema PEX.

1.2 OBJETIVO

Apresentar a viabilidade da utilização de instalações hidráulicas em PEX, PVC e Polipropileno, PPR em obras de construção civil, e serão expostas as formas mais comuns de instalações hidráulicas, ou seja, com os materiais mais utilizados para tal.

1.3 JUSTIFICATIVA

O tema abordado foi escolhido por se mostrar como uma oportunidade de mudança e agilidade de mercado o que vem sendo evidenciada a diminuição de prazos e o corte de custos. O PEX já vem sendo utilizado por algumas empresas do Brasil e tende a alcançar um espaço muito maior.

O intuito é demonstrar que o produto Polietileno Reticulado, de fato mostra-se eficiente quanto ou ainda melhor que os outros tipos existentes de tubulação. Existe uma gama 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.

1.4 METODOLOGIA

O 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.

Nesta pesquisa foram reunidas informações visando traçar um comparativo de execução e de preço, entre os tipos de produto, PVC (soldável) em conjunto com PPR e o PEX.

Dentro do contexto do trabalho, no primeiro capítulo apresenta-se a introdução que contem o histórico do assunto, o objetivos, justificativa e a metodologia utilizada na realização deste trabalho. Após um breve texto inicial, apresenta-se o histórico, apontando onde e como esta pode ser observada durante os anos e sua evolução.

De acordo com o explicitado anteriormente, no segundo capítulo, são exaltados os sistemas existentes utilizados em instalações hidráulicas com seus respectivos materiais e normas técnicas. 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 sequencia do processo executivo e o que é necessário para este ser realizado.

O terceiro 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.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

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, o profissional 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 caso 1, os tipos mais conhecidos de tubulações metálicas e o caso 2, de não-metálicas.

2.1 CONCEITOS

Caso 1: Tipos de tubos metálicos

Ferrosos Aços-carbono, Aços-liga, Aços inoxidáveis, Ferro fundido, Ferro forjado, Ferros ligados Ferro nodular

Não-ferrosos Cobre, Latões, Cobre-níquel, Níquel e ligas, Metal Monel, Chumbo, Titânio, zircônio

Caso 2: Tipos de tubos não metálicos.

Materiais plásticos Policloreto de Vinila (PVC), Polietileno, Acrílicos, Materiais plásticos, Acetato de celulose, Epóxi, Poliésteres, Fenólicos, Polipropileno

Não metálicos Cimento-amianto, Concreto armado, Barro vidrado, Elastômeros (borrachas), Vidro, Cerâmica, porcelana, etc (NUNES *et. al.*, 2006).

Para se escolher o material a ser empregado (tipo de tubulação), nas instalações hidráulicas, são apresentados os principais fatores, indicados no quadro 2.1.

Quadro 2.1 - Principais fatores da escolha do material

FATORES	CARACTERIZAÇÃO
Fluido transportado	Características no geral do fluido, como natureza e concentração, velocidade, condições de escoamento, impurezas, 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.
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 Verificar a facilidade destes itens.	Pode-se ter como montagem 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 ao material PEX, mas sendo sucintamente falado os materiais PVC, PPR 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, como CPVC, cobre, aço-carbono e ferro fundido também serão descritos.

2.2 POLICLORETO DE VINILA CLORADO (CPVC)

2.2.1 Caracterização do material

O 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.



Figura 2.1 - Tubos e conexões de CPVC.
Fonte: Catálogo Predial Aquaterm Tigre, 2011.

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, 2011).

2.2.2 Normas Técnicas

Para proporcionar um alto grau de segurança às instalações, mesmo quando sujeitas à 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° conduzindo água sob pressão de 60C, m.c.a. e suportando temperaturas ocasionais de 95° (Catálogo Predial Aquaterm Tigre, 2011).

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 da sociedade. No decorrer dos anos, a produção de cobre se multiplicou e expandiu de forma global, ampliando permanentemente seus usos, ligas e aplicações (PROCOBRE, 2011).

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 2.2, sistemas de aquecimento solar, válvulas, condensadores, evaporadores, compressores, refrigeradores, freezers, trocadores de calor, bombas, caldeiras, fornos e aquecedores, etc (PROCOBRE, 2011).



Figura 2.2 - 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, o que demonstra as vantagens, como diversidade, já que possui infinitas possibilidades e numerosas conveniências para uso hidráulico; flexibilidade, pois este tipo de tubo é totalmente modelável, admitindo 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 (PROCOBRE, 2011; ISOTUBOS, 2011).

“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, 2011).

Cada classificação tem suas determinadas aplicações, como é mostrado na figura 2.2.

Quadro 2.2 - 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, 2011.

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 vários atributos, que são: nível de resistência e acabamento superficial. (CATÁLOGO RIOINOX, 2011).

O material, mostrado na figura 2.3, apresenta baixa dureza, e alta tenacidade e ductilidade. Além disso, são considerados 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, 2011).



Figura 2.3 - Tubos em aço-carbono
Fonte: Catálogo Brastubo, 2011

2.4.2 Normas Técnicas

A designação do grau, tipo e classe utiliza uma letra, número, símbolo ou título. Encontra-se na literatura várias 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, 2011).

As normas mais utilizadas são: NBR 5580 – Tubos de aço carbono, para condução de fluidos, NBR 5590 – Tubos de aço carbono, com requisitos de qualidade para condução de fluidos, NBR 5595 – Tubos de aço carbono que é soldados por resistência elétrica, para caldeiras, NBR 5596 – Tubos de aço carbono, soldados por resistência elétrica, para caldeiras e super aquecedores 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 alto desempenho, DIN 2440 e DIN 2441 – Tubos de aço carbono para condução de fluidos, ASTM A-53 – Tubos de aço carbono com requisitos de qualidade para condução de fluidos,

ASTM A-135 – Tubos de aço carbono soldados por resistência elétrica, condução de fluidos, API-5L – Tubos de aço para oleodutos, BS- 1387 - Tubos de aço soldados por resistência elétrica para condução de fluidos. (Catálogo Gravia, 2011).

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 2.4, estão ilustrados tubos e conexões de ferro fundido.



Figura 2.4 - Tubos e conexões em ferro fundido.
Fonte: site Hot Frog, 2011.

No quadro 2.3, apresentam-se as classificações do ferro fundido para uso geral e suas aplicações.

Quadro 2.3 - Classificações 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.).

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), IS (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. (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 com maior versatilidade e por este motivo, é considerados como 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 contento 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 DURO, 2011).

"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 na figura 2.5.

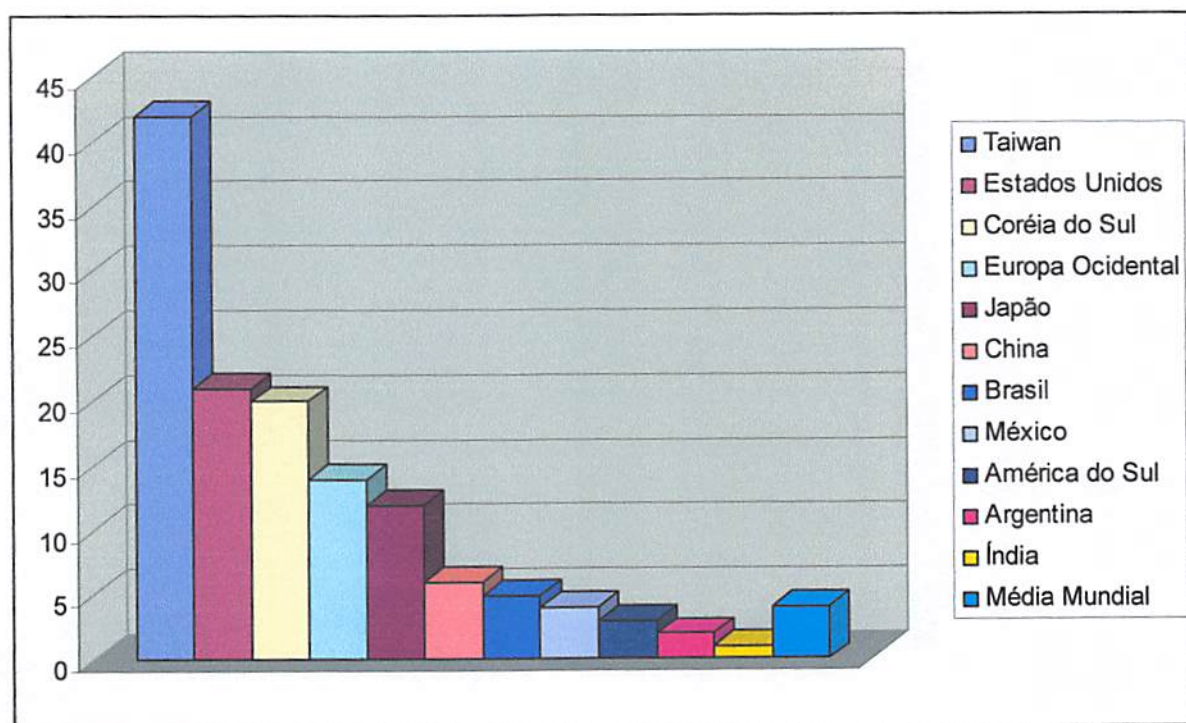


Figura 2.5 - Dados de consumo per capita de PVC em alguns países selecionados
 Fonte: Adaptado da Tabela 1, Nunes *et al*, 2006, Tecnologia do PVC, Braskem,

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 DURO, 2011).

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 DURO, 2011).

Assim, o PVC atinge diversos setores da economia, como consta no quadro 2.4

Quadro 2.4 - 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 DURO, 2011.

A maior parte dos produtos confeccionados com o PVC tem longa duração, é

o caso de esquadrias (figura 2.6 (a)), forros (figura 2.6 (b)) e aparelhos para instalações hidráulicas (figura 2.6 (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).

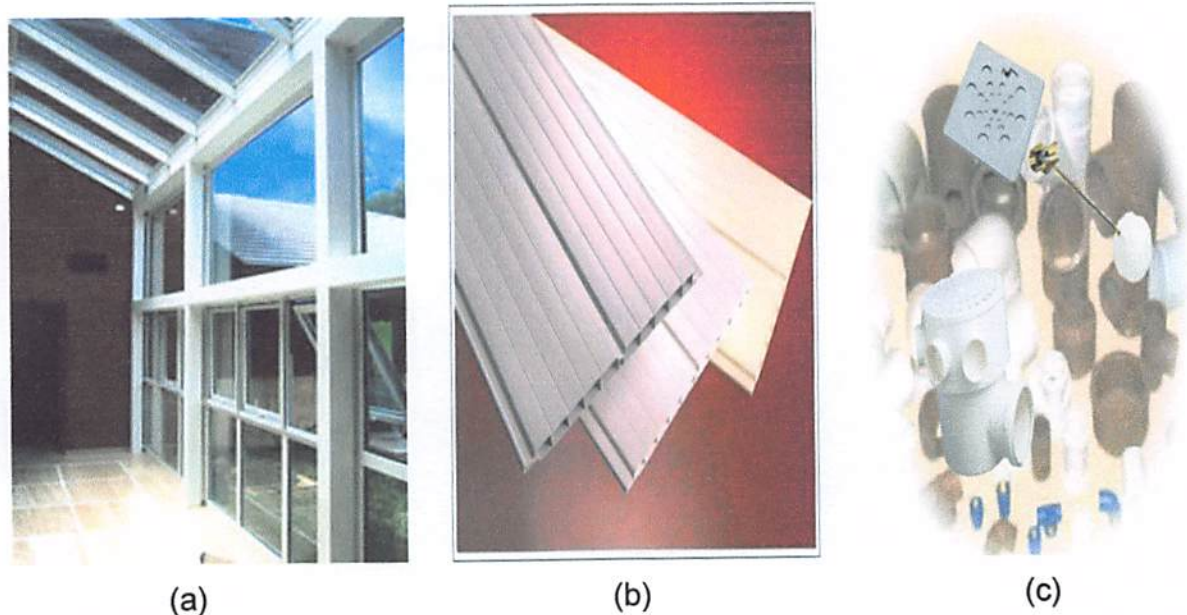


Figura 2.6 - (a): Esquadria em PVC. (b) Forro em PVC. (c) materiais de instalações hidráulicas em PVC.

Fonte: TIGRE, 2011

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 variados tamanhos e formatos. Não sendo apropriado 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 DURO, 2011).

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 2.7, exemplos de tubos de cada situação. Cada um apresenta um processo executivo distinto.

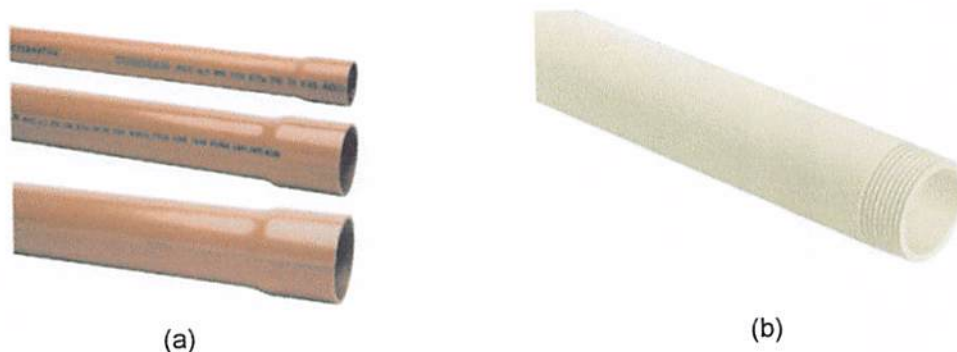


Figura 2.7 - (a) tubo de PVC soldável e (b) tubo de PVC roscável.
Fonte: site Tubozan, 2011.

No quadro 2.5 e 2.6, estão os processos empregados para execução de instalações com tubos e conexões em PVC soldáveis e roscáveis, respectivamente.

Quadro 2.5 - 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.
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.
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 o encaixe até o fundo da bolsa, sem torcer.
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.

Fonte: Catálogo Predial Amanco, 2011.

Na figura 2.8, é ilustrado o processo executivo das instalações com PVC soldável.

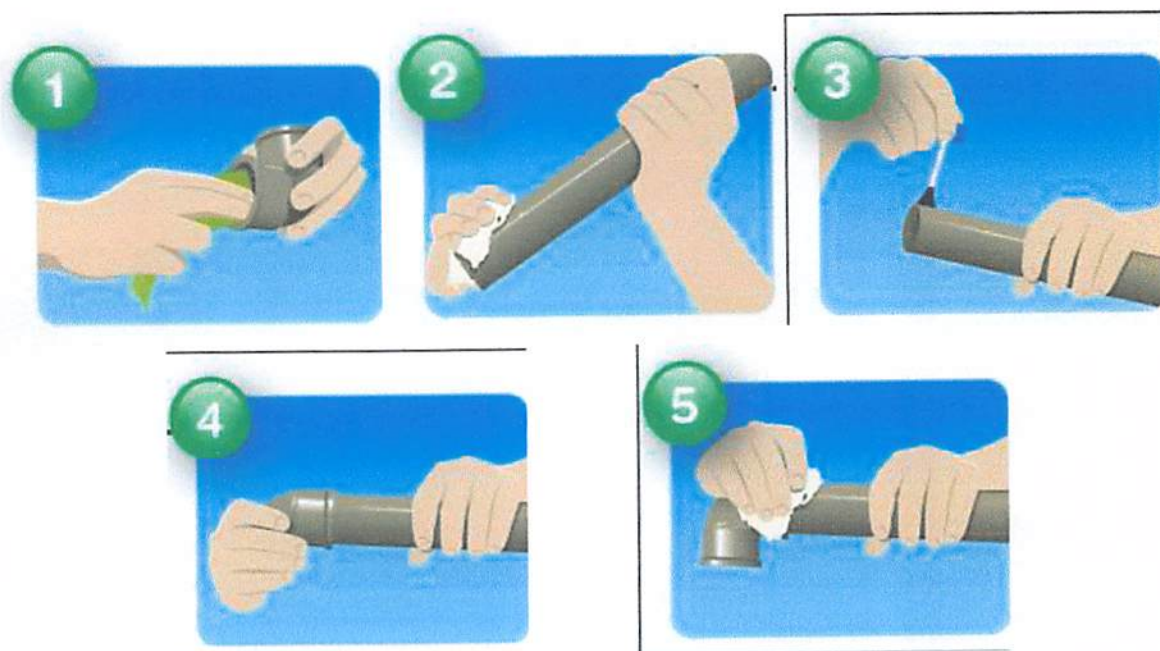


Figura 2.8 - (1) Preparo dos tubos e conexões, (2) Limpeza das superfícies com solução limpadora, (3) Aplicação de adesivo plástico na parte interna da conexão e na parte externa do tubo. (4) Encaixe das peças sem torcer, (5) Remoção do excesso de adesivo plástico.

Fonte: Catálogo Predial Amanco, 2011.

Quadro 2.6 - 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 não deve ter rebarbas e o corte deve estar no esquadro. Deve-se prender o tubo na morsa sem deformá-lo. (Figura 9 (1) e (2)).	
b) Montagem da tarraxa - Montar a tarraxa observando a colocação correta do cossinete. (Figura 9 (3)).	
c) Colocação da tarraxa - Colocar a tarraxa no tubo, fazendo uma pressão com uma das mãos, girando a ferramenta no sentido horário. (Figura 9 (4)).	
d) Desenvolvimento da rosca - este deverá ser executado dando uma volta para a frente (sentido horário). A rosca desenvolvida no tubo deve ter o mesmo comprimento da bolsa onde for interligada. (Figura 9 (5)).	
e) Aplicação de fita veda rosca (fita Teflon) - Aplicar fita veda rosca na ponta do tubo, no sentido da rosca (sentido horário). (Figura 9 (6)).	
f) Junta roscável - Retirar o tubo da morsa e executar a junta roscável, realizando aperto manual. (Figura 9 (6)).	

Fonte: Catálogo Predial Amanco, 2011.

Na figura 2.9, é ilustrado o processo executivo das instalações com PVC roscável.

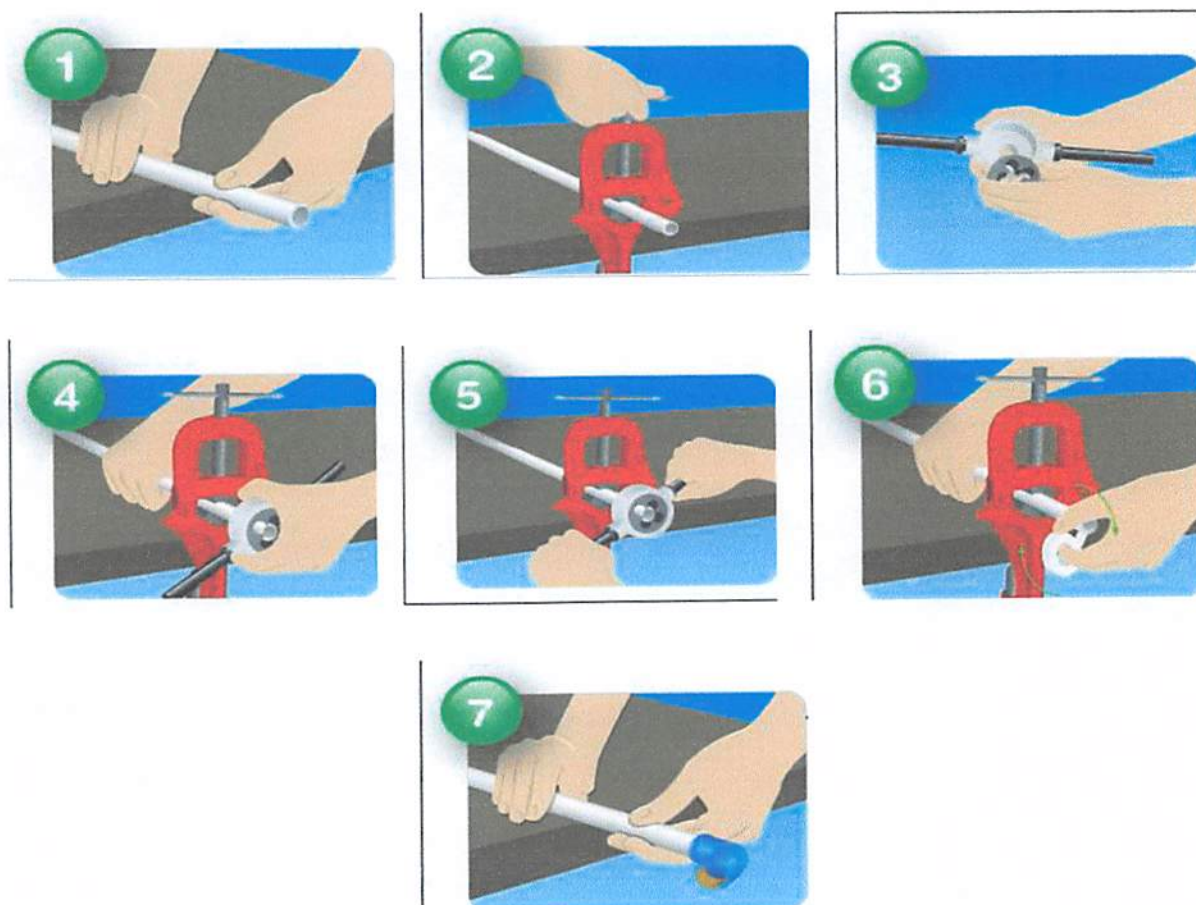


Figura 2.9 - (1) Preparo dos produtos, (2) Fixação de tubo na morsa, (3) Montagem da tarraxa, (4) Colocação da tarraxa, (5) Desenvolvimento da rosca, (6) Aplicação de fita veda rosca, (7) Execução de junta roscável.

Fonte: Catálogo Predial Amanco, 2011.

Já as instalações de peças metálicas em conexões com rosca, constam na figura 2.9, e a instalação de registro, tanto soldável quanto roscável, se apresenta na figura 2.10. Na figura 2.9, é ilustrado o processo executivo da figura 2.9, e na figura 2.10, na figura 2.6.

Quadro 2.7 - 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 18 (1)).
b) Aplicação da fita veda rosca - Aplicar a fita veda rosca no sentido horário, sobre a rosca da ponta a ser unida. (Figura 18 (2)).
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 18 (3)).
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 18 (4)).

Fonte: Catálogo Predial Amanco, 2011.

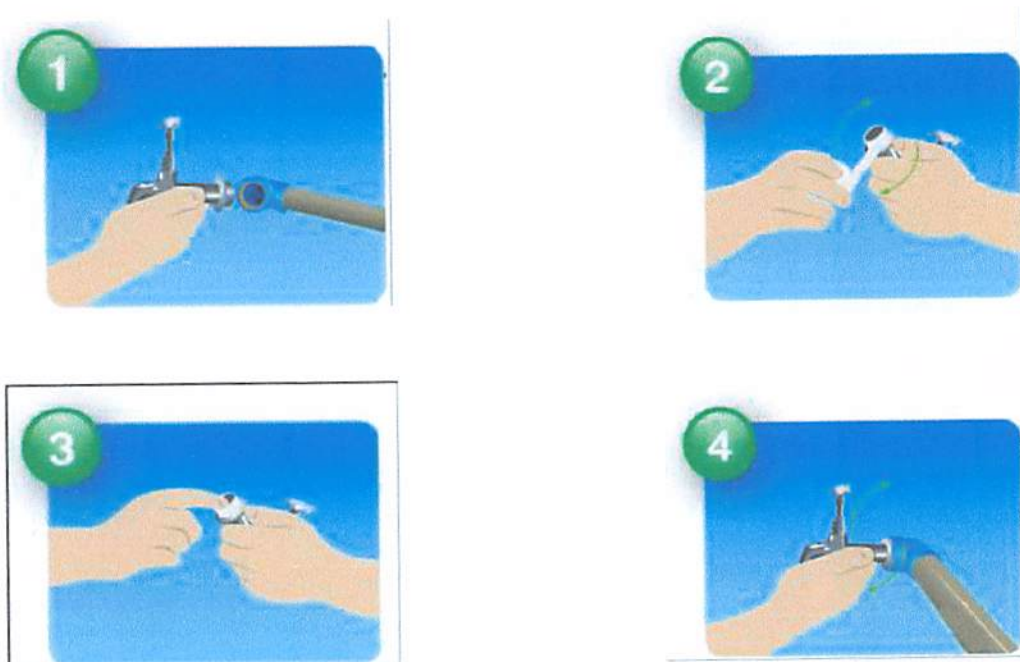


Figura 2.10 - (1) Verificação de compatibilidade das peças, (2) Aplicação da fita veda rosca, (3) Verificação da ponta do tubo, (4) Forma de rosquear.

Fonte: Catálogo Predial Amanco, 2011.

Quadro 4.8 - 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 20 (1)).
b) Aplicação de adesivo plástico ou de fita teflon - Para os registros soldáveis, aplicando o adesivo 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 20 (2)).
c) Colocação de porca do registro - Colocar a porca do registro na outra ponta do tubo. (Figura 20 (3)).
d) Solda ou rosca - Soldar ou rosquear a ponta destacável. (Figura 20 (4)).
e) Aperto manual - Unir bolsa destacável no corpo do registro, através da porca da bolsa. O aperto deve ser executado manualmente. (Figura 20 (5)).

Fonte: Catálogo Predial Amanco, 2011.

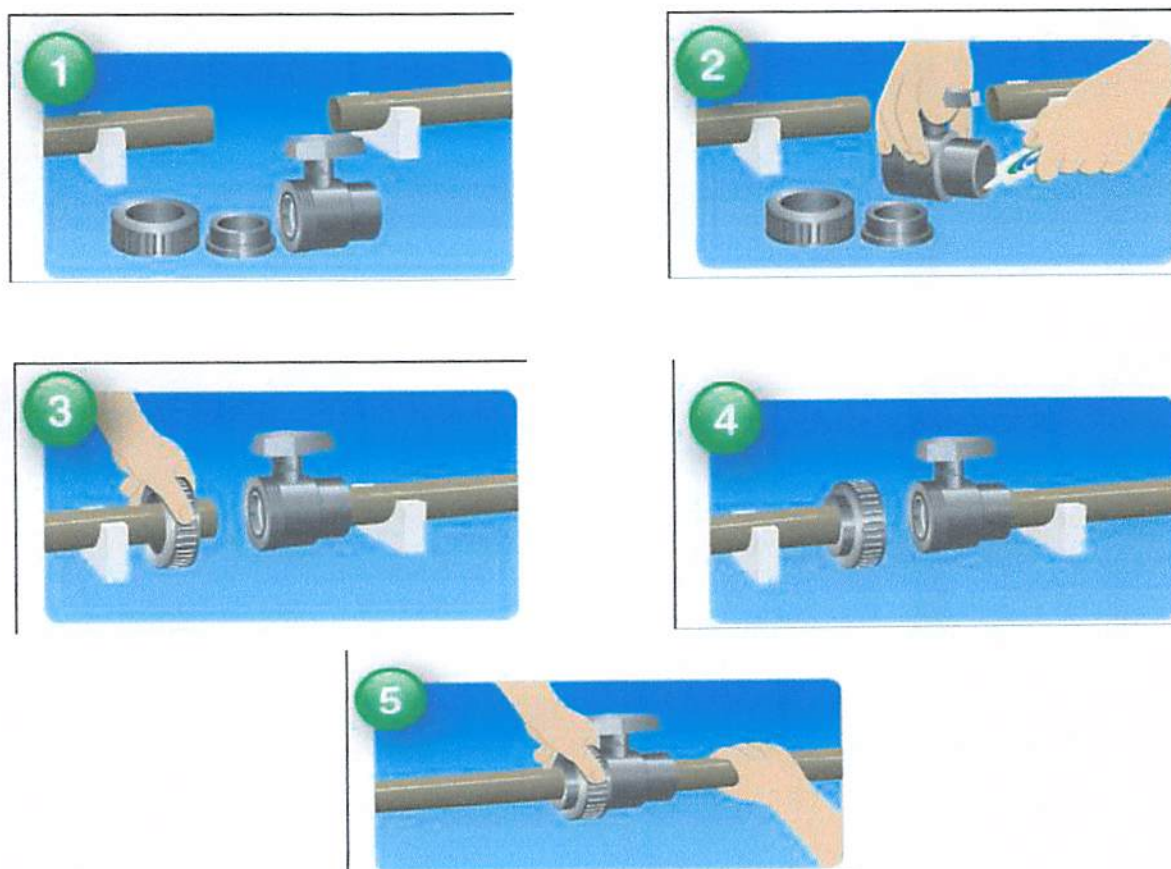


Figura 2.11 - (1) Preparo dos tubos e conexões, (2) Limpeza das superfícies com solução limpadora, (3) Aplicação de adesivo plástico na parte interna da conexão e na parte externa do tubo. (4) Encaixe das peças sem torcer, (5) Remoção do excesso de adesivo plástico.

Fonte: Catálogo Predial Amanco, 2011.

2.6.4 Previsão Orçamentária

A mão-de-obra empregada para execução de instalações hidráulicas utilizando PVC é necessário uma boa qualificação. O profissional deve possuir certificado de curso de encanador e instalador de tubulações. Normalmente 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 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, são 100% recicláveis 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 no quadro 2.9.

Quadro 2.9 - Preços de tubos, conexões e registros em PVC.

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

Fonte: Contato com a DURO, abril, 2011

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, que são: 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 SUPERGREEN, 2011).

Foi um importante avanço científico, que possibilitou a produção de tubos e conexões, ilustrados na figura 2.12, resistentes a água quente, que, quando eram termofundidos, superavam definitivamente os riscos de vazamentos nas uniões. Estas significantes qualidades, somadas à outras vantagens do material, como: ausência de corrosão no decorrer de sua longa vida útil mesmo em condições extremas, carência de toxicidade e ótimo isolamento térmico, causam um desenvolvimento muito rápido deste tipo de sistema para a condução de água quente e fria num grande número de países europeus. (CATÁLOGO SUPERGREEN, 2011).

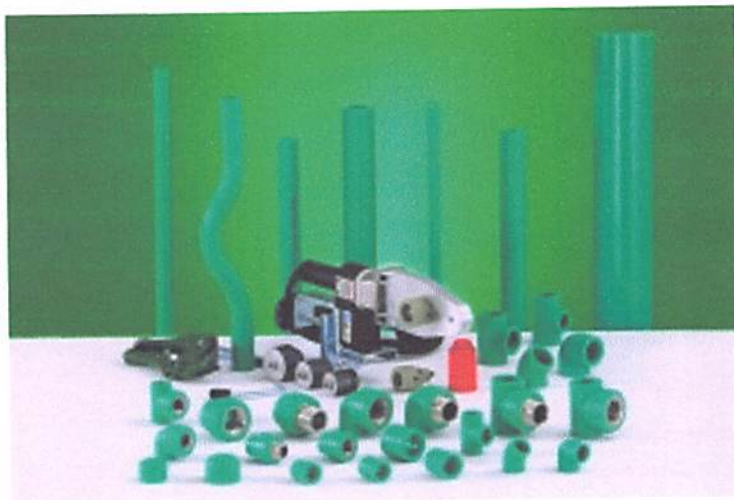


Figura 2.12 - Tubos e conexões de PPR.
Fonte: Catálogo Predial Amanco, 2010.

O sistema de conexão através da termofusão consiste em ambas as 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. Pois, 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, 2011).

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 um processo de instalação com ausência 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 SUPERGREEN, 2011).

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 SUPERGREEN, 2011)

2.7.3 Processo Executivo

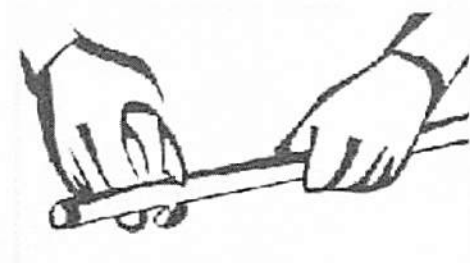
O processo executivo para instalações hidráulicas em PPR é apresentada no quadro 2.10.

Quadro 2.10 - Execução de instalações com tubos e conexões em PPR.

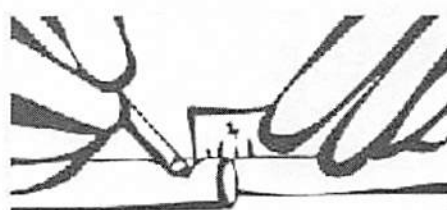
Execução de instalações em PPR
a) Cortar a tubulação com uma tesoura Supergreen para evitar rebarbas e melhorar a qualidade da termofusão. Recomenda-se não utilizar arco-de-serra. Figura 13 (1)
b) Através da Tabela 1 acima, verificar a “Profundidade de Aquecimento” para o tubo a ser termofundido. Marcar essa medida na extremidade do tubo antes de introduzi-lo no bocal aquecido. Figura 13 (2)
c) A conexão deverá ser introduzida no bocal macho até o final e o tubo deverá ser introduzido no bocal fêmea até a marca previamente feita no item 2. Figura 13 (3)
d) Introduzir simultaneamente o tubo e a conexão nos bocais aquecidos, mantendo-os perpendiculares à placa do termofusor. Figura 13 (4)
e) Retirar o tubo e a conexão do termofusor depois de obedecido o “Tempo de Aquecimento” citado na Tabela 1 acima. Figura 13 (5)
f) Unir simultâneamente as duas partes, introduzindo o tubo na conexão até a marca previamente feita. Figura 13 (6)
g) Alinhar perfeitamente as duas peças e manter a união sob pressão por, no mínimo, 5 segundos. Figura 13 (7)
h) Caso o termofusor seja utilizado fora da base metálica, ele deverá ser colocado de volta à mesma ou a outro apoio seguro, pois, nesse momento, a placa aquecida do o termofusor encontra-se a 260 C. Figura 13 (8)

Fonte: Catálogo SuperGreen, 2011.

Na figura 2.13, é ilustrado o processo executivo das instalações com PPR.



(1)



(2)

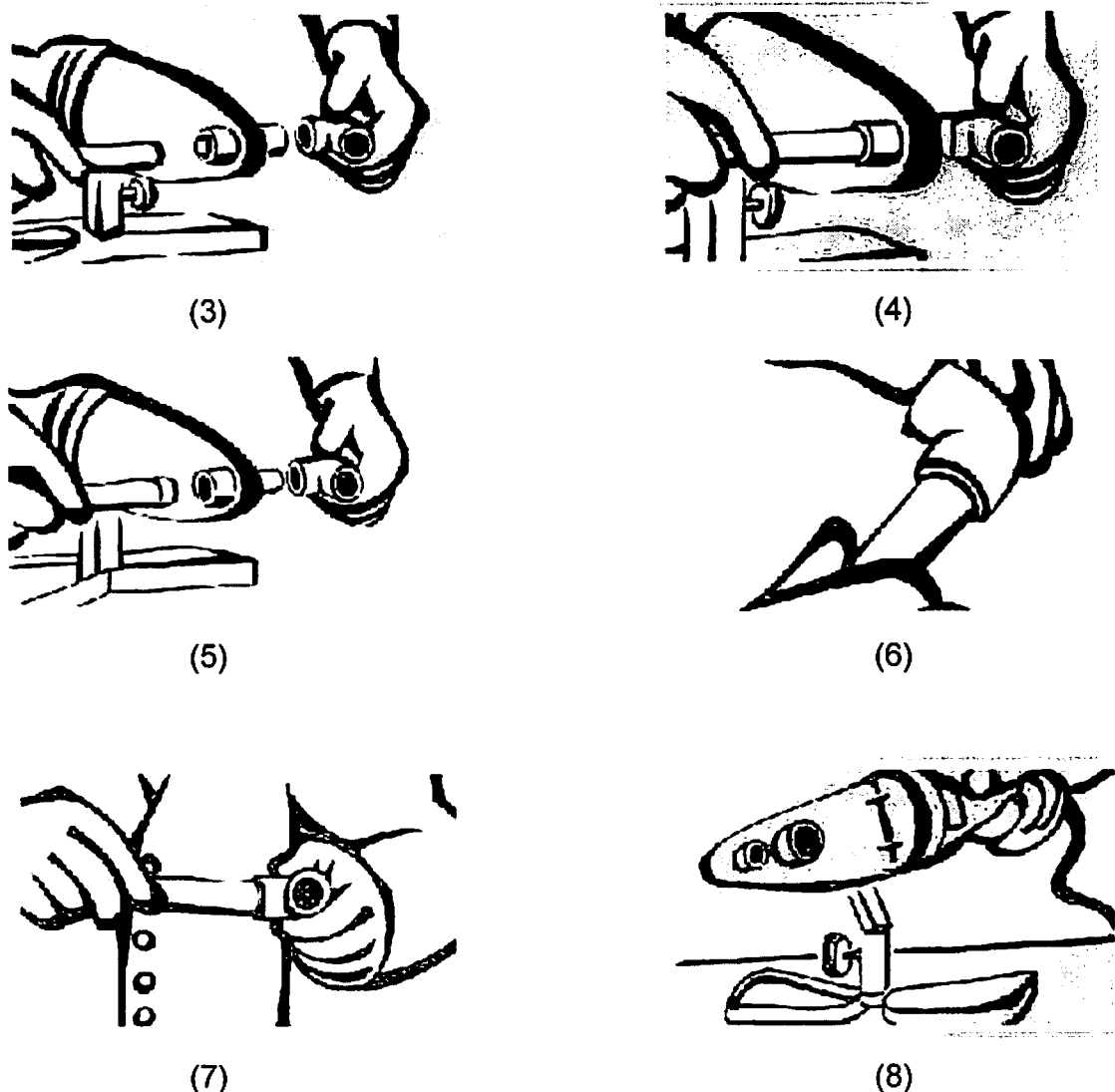


Figura 2.13 - (1) Corte dos tubos, (2) Limpeza de tubos e conexões, (3) Marcação da extremidade do tubo, (4) Introdução das peças no termofusor e processo de aquecimento, (5) União das peças, (6) Repouso da peça após união, (7) Alinhamento das peças, (8) Aquecimento da placa com termofusor

Fonte: Catálogo SuperGreen, 2011.

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, no quadro 2.11.

Quadro 2.11 - Preços de tubos, conexões e registros em PPR.

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

Fonte: Contato com a SuperGreen, abril, 2011.

2.8 POLIETILENO RETICULADO (PEX)

2.8.1 Caracterização

O PEX é fabricado de polietileno reticulado, onde as tubulações PEX Monocamada e PEX Multicamada, hoje são consideradas as mais modernas alternativas no processo de instalação de água quente, fria e calefação no Brasil. Onde, sua flexibilidade admiti a diminuição do número de conexões, diminuindo não somente o custo mas também o tempo gasto com a instalação.

Portanto com a utilização das conexões crimpadas, as tubulações PEX Monocamada e PEX Multicamada é a melhor opção pelo fato de ser fáceis de instalar. Portanto, as conexões da linha PEX são denominados como mais seguras e

ultrapassam todas as normas brasileiras, tendo ainda que sua durabilidade esta em destaque. A vida útil da tubulação PEX é de 50 anos. Amplamente utilizadas na Europa, as tubulações de PEX são as que mais crescem no mundo por causa de sua facilidade e rapidez de instalação.

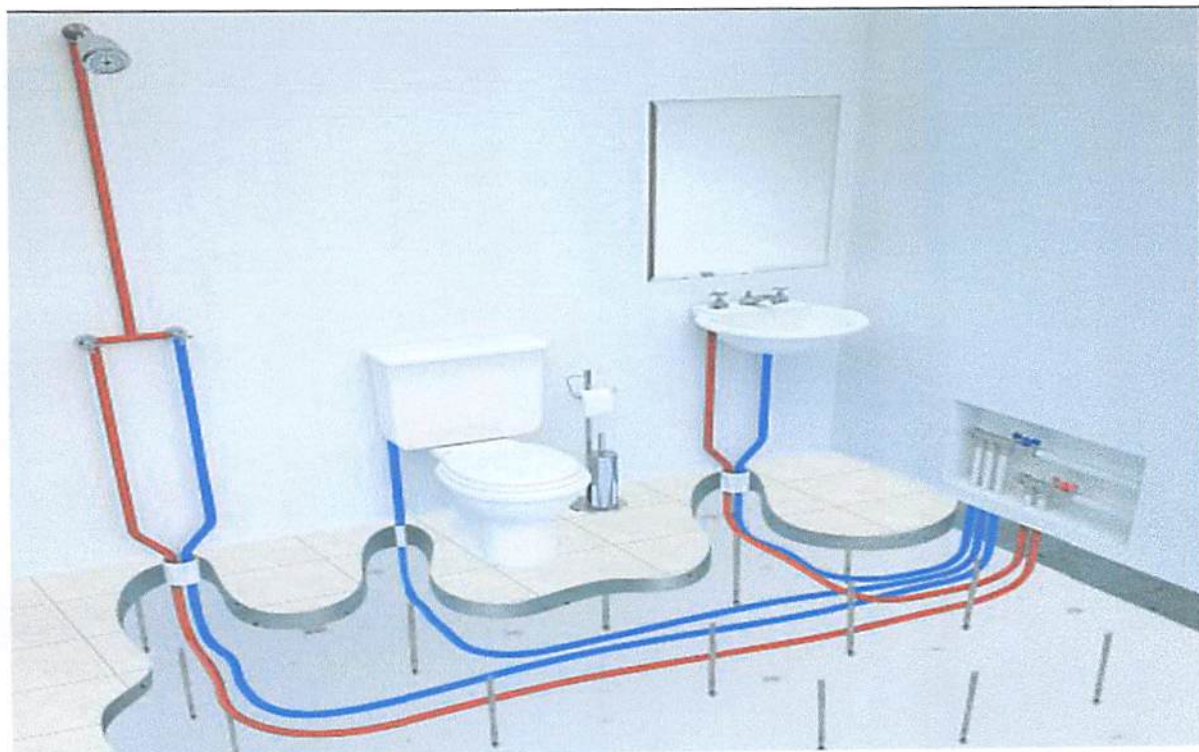


Figura 2.14 - Kit chicote, kit lavatório (kit esgoto), kit chuveiro, caixa shaft
Fonte: Catálogo Tigre PEX, 2011

2.8.2 Função/Aplicação

As linhas flexíveis PEX Monocamada e PEX Multicamada têm a função de conduzir água quente e fria em instalações hidráulicas prediais, como também podem ser utilizadas em sistemas de aquecimento solar, sistemas de refrigeração e calefação.

2.8.2.1 Benefícios da Linha PEX

Instalações fáceis e em menor tempo.

- Os tubos da linha PEX são mais maleáveis e as suas juntas são consideradas pelos especialistas sendo as mais fáceis de executar. Com isso, a

instalação PEX ponto a ponto é mais rápida.

Utilização de bitolas menores.

- Paredes internas lisas proporcionam excelente desempenho hidráulico.

Durabilidade.

- Tubos feitos de PEX e conexões de PSU não sofrem corrosão. Duram muito mais.

2.8.3 Outros Benefícios

PEX Monocamada

- Leveza - Material leve facilita o transporte, a estocagem e a instalação.
- Fornecimento em bobinas - Facilita a instalação de grandes trechos, sem a necessidade de conexões.
- Menos perda de material na obra - Os tubos podem ser cortados em qualquer tamanho sem que sobrem pequenos pedaços, como acontecem com as soluções rígidas.
- Baixa perda de calor - Baixa condutividade térmica permite manter a temperatura da água por longo tempo.
- Redução de conexões - Devido a sua flexibilidade, conexões podem ser eliminadas utilizando o próprio tubo para mudanças de direção.
- Alta resistência química e à corrosão - Suporta a agressão de águas ácidas ou alcalinas sem qualquer alteração (vide tabela de compatibilidade química).
- Pureza e atoxicidade - Não transmite gosto ou odor à água.

PEX Multicamada

- Barreira de oxigênio - Devido à camada de alumínio, que proporciona segurança ao conduzir produtos químicos.
- Forma estável - Devido à alma de alumínio em seu interior, uma vez conformado mantém seu formato.
- Baixa rugosidade - Proporciona baixa perda de carga ao longo da linha.
- Leveza - Material leve, facilita o transporte, estocagem e a instalação.

- Fornecimento em bobinas - Facilita a instalação de grandes trechos sem a necessidade de conexões.
- Menos perda de material na obra - Os tubos podem ser cortados em qualquer tamanho sem que sobrem pequenos pedaços, como acontecem com as soluções rígidas.
- Baixa perda de calor - Baixa condutividade térmica, que permite manter a temperatura da água por longo tempo.
- Redução de conexões - Devido a sua flexibilidade, conexões podem ser eliminadas utilizando o próprio tubo para mudanças de direção.
- Alta resistência química e à corrosão - Suporta a agressão de águas ácidas ou alcalinas sem qualquer alteração (vide tabela de compatibilidade química).
- Pureza e atoxicidade - Não transmite gosto ou odor à água.

2.8.4 Características Técnicas

Tubo PEX Monocamada

- Bitolas: 16, 20, 25 e 32 mm
- Comprimento: 16 mm e 20 mm são fornecidas em bobinas de 100 metros e bitolas de 25 mm e 32 mm, fornecidas em bobinas de 50 metros.
- Pressão máxima: 60 m.c.a. a 80°C.

Quadro 2.12 - Características técnicas do Tubo PEX Monocamada

Propriedade do tubo	Valor	Unidade
Coefficiente de dilatação	1,4x10-4	m/m°C
Temperatura de serviço	80	°C
Temperatura de pico	95	°C
Pressão de serviço	60	mca
Rugosidade	0,004	
Condutividade térmica	0,35	w/m°C
Densidade	938	kg/m3

Fonte: Catálogo Tigre PEX, 2011

Tubo PEX Multicamada

Os tubos Multicamada são fabricados com uma camada de alumínio em seu

interior, que é separada com o auxílio de um adesivo entre as partes de PEX e o alumínio (absorvem a expansão térmica, evitando, assim, a formação de trincas nos tubos) (conforme figura 2.15).

- Bitolas: 16, 20, 25 e 32mm.
- Comprimento: 16mm e 20mm são fornecidas em bobinas de 100 metros e bitolas de 25mm e 32mm fornecidas em bobinas de 50 metros.
- Pressão máxima: 100m.c.a. a 95°C.

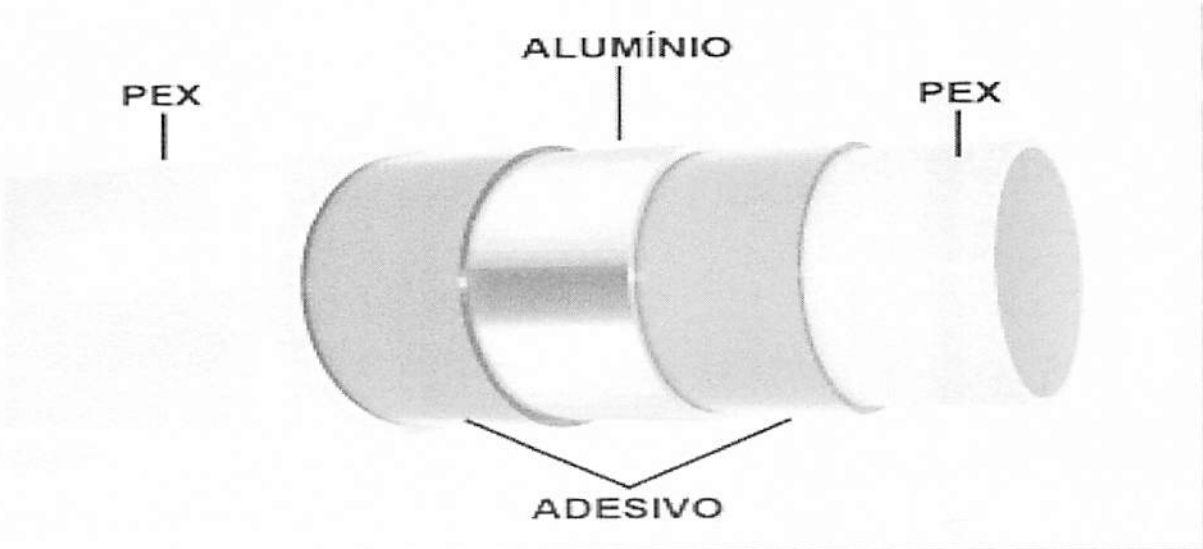


Figura 2.15 - Composição do tubo de PEX multicamadas
Fonte: Catálogo Tigre PEX, 2011

A camada de alumínio possui solda Butt-Weld (solda de topo), que lhe confere uma resistência superior a outras formas de fabricação.

Quadro 2.13 - Características técnicas do Tubo PEX Multicamada. Fonte: Catálogo Tigre PEX, 2011

Propriedade do tubo	Valor	Unidade
Coefficiente de dilatação	2,3x10-5	m/m°C
Temperatura de serviço	95	°C
Temperatura de pico	110	°C
Pressão de serviço	100	m.c.a.
Rugosidade	0,004	
Condutividade térmica	0,35	w/m°C
Densidade	1470	kg/m3

3 CONSIDERAÇÕES

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 alteração. No transporte, os tubos devem ser apoiados em toda sua extensão e deve-se evita curvá-los, arrastá-los ou até mesmo batê-los. 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 ou estrutura de cobertura de simples desmontagem.

A maior divergência 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. Entretanto, pesquisas apontam que os polímeros utilizados para confecção do PEX são muito mais seguros, resistentes e duráveis.

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 ariete 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.

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.

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 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, ou mesmo dizendo de 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.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMANCO, 2011. CATÁLOGO PREDIAL AMANCO.

ASTRA, 2010. CATÁLOGO PEX ASTRA.

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

BRASTUBO, 2011. CATÁLOGO BRASTUBO.

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 nov., 2013.

DESIGN GUIDE. Partnership for Advancing Technology in Housing; NAHB Research Center, DESIGN GUIDE. Residential PEX Water Supply Plumbing Systems, Inc.; 2006.

DURO. 2011. Catálogo DURO.

EMMETI. Disponível em: <<http://www.emmeti.com.br/imprensa/noticia.asp?id=738216>>. Acesso em: 14 de nov., 2013.

GARCEZ, Lucas Nogue. **Elementos de Engenharia Hidráulica**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1969.

GRAVIA, 2010. Catálogo Gravia.

HOT FROG. Disponível em <<http://www.hotfrog.2011>>. Acesso em: 19 de nov., 2013.

ISOTUBOS. Disponível em: <<http://www.isotubos.com.br>>. Acesso em: 9 de nov., 2013.

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

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

PROCOBRE. Disponível em: <<http://www.procobre.com.br>>. Acesso em: 12 de nov., 2013.

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. **Hidráulica Simples.** Revista Techne - Artigos, São Paulo. ed. 50

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

RIOINOX, 2011. Catálogo Aço Carbono Rioinox.

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

SUPER GREEN, 2011. Catálogo Super Green.

TECHNOPOL. Disponível em: <<http://www.technopol.com.br>>. Acesso em: 18 de nov 2013.

TIGRE. Catálogo Predial Aquaterm Tigre, 2011.

TIGRE. Catálogo Tigre PEX, 2011

TUBOZAN. Disponível em <<http://www.tubozan.com.br>>. Acesso em 22 de nov.,2013