

**UNIEVANGÉLICA**

**CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**LUAN FELIPE RODRIGUES OLIVE  
LUCAS FERNANDO FREIRE PEREIRA**

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE PROJETO HIDRAULICO  
EM PVC E PEX**

**ANÁPOLIS / GO**

**2018**

**LUAN FELIPE RODRIGUES OLIVE**  
**LUCAS FERNANDO FREIRE PEREIRA**

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE PROJETO HIDRAULICO  
EM PVC E PEX**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA**

**ORIENTADOR: AGNALDO ANTÔNIO M. TEODORO DA  
SILVA**

**ANÁPOLIS / GO: 2018**

## FICHA CATALOGRÁFICA

OLIVE, LUAN FELIPE RODRIGUES/ PEREIRA, LUCAS FERNANDO FREIRE

Comparativo Entre Projeto Hidráulico e Orçamento de Instalações em PVC e PEX

66P, 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2018).

TCC - UniEvangélica

Curso de Engenharia Civil.

1. Projeto Hidrossanitário	2. Instalação PEX
3. Comparativo PEX e PVC	4. Instalação PVC
I. ENC/UNI	II. Título (Série)

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

OLIVE, Luan Felipe Rodrigues; PEREIRA, Lucas Fernando Freire. Projeto de Instalações Hidrossanitárias. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica, Anápolis, GO, 59p. 2018.

## CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Luan Felipe Rodrigues Olive

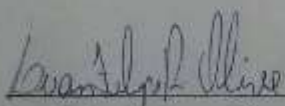
Lucas Fernando Freire Pereira

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO:  
COMPARATIVO ENTRE PROJETO HIDRAULICO E ORÇAMENTO DE  
INSTALAÇÕES EM PVC E PEX

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

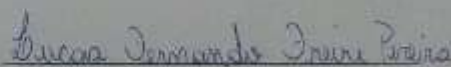
ANO: 2018

É concedida à UniEvangélica a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.



Luan Felipe Rodrigues Olive

E-mail: luanfelipeolive@gmail.com



Lucas Fernando Freire Pereira

E-mail: lucas.freire@gmail.com

LUAN FELIPE RODRIGUES OLIVE  
LUCAS FERNANDO FREIRE PEREIRA

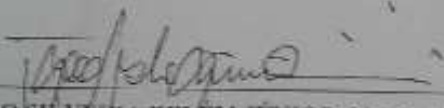
COMPARATIVO ENTRE PROJETO HIDRAULICO E  
ORÇAMENTO DE INSTALAÇÕES EM PVC E PEX

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE  
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS REQUISITOS  
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL.

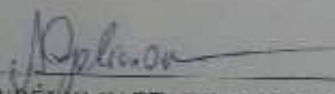
APROVADO POR:



AGNALDO ANTÔNIO M. TEODORO DA SILVA, Mestre (Unievangélica)  
(ORIENTADOR)



JOÃO SILVEIRA BELÉM JÚNIOR, Mestre (Unievangélica)  
(EXAMINADOR INTERNO)



AURÉLIO CAETANO FELICIANO, Especialista (Unievangélica)  
(EXAMINADOR INTERNO)

DATA: ANÁPOLIS/GO, 28 de NOVEMBRO de 2018.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, pois sem a vontade dele em minha vida nada seria possível de se realizar, e é para graça e glória Dele que cheguei até aqui. Aos meus pais que lutaram junto comigo emocionalmente e financeiramente desde o primeiro dia que pisei na faculdade até o último dia que pisarei, sem o apoio deles nada seria possível se concretizar, foram meus pilares durante esses 5 anos. Agradecer também a minha avó com quem morei junto durante quase todo o curso e sempre me animou sobre manter minha escolha, e sempre me perguntado se iria para a “escola”. Minha namorada que me deu apoio em cada momento, provando a cada dia o amor que sente sendo um dos maiores motivos para manter meu foco e não desistir perante a dificuldade do curso. Ao meu orientador Prof. Agnaldo Antônio M. Teodoro da Silva, que foi paciente e nos deu atenção sempre que o procuramos. Ao meu parceiro de TCC e estimado amigo Lucas Fernando Freire Pereira, que por mais cansativo que tenha sido, esteve ao meu lado nessa caminhada, se tornando irmão e grande amigo para toda a vida.

Luan Felipe Rodrigues Olive

## **AGRADECIMENTOS**

Toda honra e toda Glória seja dada ao meu Deus, senhor da minha Vida, Jesus Cristo. Agradeço primeiramente a Ele, por ser meu porto seguro e meu auxílio presente em todos os momentos da minha vida, por cuidar e me guiar de forma tão amável durante toda a graduação. Aos meus pais, Iron e Marinete, por todo o apoio, paciência, cuidado, amor, incentivo, ajuda financeira a mim concedido durante todo o período de graduação. As minhas irmãs por estarem sempre presentes, também prestando apoio e auxílio. Aos meus Professores que tanto contribuíram pra minha formação e em especial ao meu orientador, Professor Agnaldo Antônio M. Teodoro da Silva, pelos conselhos, orientação e paciência. Ao meu querido amigo e minha dupla de TCC Luan F. Rodrigues Olive, que se tornou um irmão durante todo o trajeto, me prestando atenção e compartilhando conhecimento sempre que se fazia necessário, fazendo assim com que crescêssemos juntos criando uma amizade que levarei por toda a vida. A todos que de alguma forma contribuíram e acrescentaram para a minha formação profissional e como pessoa, deixo aqui, o meu muito obrigado.

Lucas Fernando Freire Pereira

## RESUMO

A água encanada remete-se ao conceito de água potável, tendo se tornado popular entre algumas cidades no século XX, e hoje sendo o principal meio de abastecimento de água de residências no mundo todo. Atualmente no Brasil, a forma mais popular de dimensionamento e instalação de uma rede de água residencial é feita por meio de tubulação em PVC (Cloreto de Polivinila), se tratando de água fria, e CPVC (Cloreto de Polivinila Clorado) ou Cobre, quando o dimensionamento for para água quente, sendo que as duas tem resistência maior sobre altas temperaturas. Mas tendo ainda um mercado inexplorado na maior parte do país tem-se as tubulações em PEX (Polietileno Reticulado) cuja instalação é mais rápida devido ao fato de não ser necessário muitas conexões e tendo como vantagem sua elasticidade para adaptação aos locais de instalação, e como desvantagem a necessidade de uma mão de obra mais especializada, e o preço de aquisição de material. Para um comparativo de valores monetários foi utilizado um projeto de um sobrado, em que foi feito como projeto principal um dimensionamento em PVC e CPVC, e um segundo projeto em PEX, sendo assim o comparativo feito por meio do valor final do orçamento dos materiais de cada tipo de tubulação.

### **PALAVRAS-CHAVE:**

Dimensionamento. PEX. PVC. CPVC. Cloreto de Polivinila. Projeto Hidrossanitário. Instalação Predial.

## **ABSTRACT**

Piped water refers to the concept of potable water, which has become popular among some cities in the 20th century, and today is the main source of water for homes throughout the world. Currently in Brazil the most popular form of sizing and installation of a residential water network is made by means of PVC (Polyvinyl Chloride) pipe, in the case of cold water, and CPVC (Chlorinated Polyvinyl Chloride) or Copper, when the for hot water, both of which have higher resistance to high temperatures. But still having an unexplored market in most of the country is the pipes in PEX (Polyethylene Reticulated) whose installation is faster due to the fact that it is not necessarily many connections and taking advantage of its elasticity to adapt to the places of installation, and as a disadvantage the need for a more specialized workforce, and the purchase price of material. For a comparative of monetary values, a one-story project was used, in which the main design was a PVC and CPVC design, and a second design in PEX, being the comparison made through the final value of the materials budget. each type of pipe.

### **KEYWORDS:**

Sizing. PEX. PVC. CPVC. Polyvinyl chloride. Hydrosanitary  
Project. Building installation.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Classificação dos sistemas Hidráulicos.....	18
Figura 02: Elementos do sistema indireto .....	19
Figura 03: Exemplo de instalação em PVC.....	21
Figura 04: Composição da tubulação PEX multicamada .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b> 23
Figura 05: Instalação ponto a ponto com PEX.....	23
Figura 06: Componentes de instalações hidráulicas em PVC .....	25
Figura 07: Componentes de instalações hidráulicas em CPVC .....	26
Figura 08: Componentes de instalações hidráulicas em PEX .....	27
Figura 09: Caixa de Distribuição.....	28
Figura 10: Ferramentas utilizadas na instalação do sistema em PEX .....	29
Figura 11: Ábaco Luneta para definição do diâmetro .....	32
Figura 12: Sistema de aquecimento de água por energia solar.....	37
Figura 13: Exemplificação de sistema de aquecimento.....	38
Figura 14: Calculo da perda de carga localizada na curvatura do PEX .....	40
Figura 15: Planta Baixa .....	45
Figura 16: Planta Baixa apartamento tipo .....	46
Figura 17: Planta de Cobertura.....	47
Figura 18: Projeto Hidráulico Sistema Convencional .....	50
Figura 19: Projeto Hidráulico Apartamento Sistema Convencional .....	50
Figura 20: Projeto Isométrico Sistema Convencional .....	51
Figura 21: Projeto Hidráulico em PEX.....	54
Figura 22: Projeto Hidráulico Apartamento em PEX.....	55
Figura 23: Projeto Isométrico em PEX.....	55
Figura 24: Planta de Cobertura e Placas Coletoras.....	56
Figura 25: Detalhes reservatório superior .....	56

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Estimativa de consumo predial diário .....	30
Tabela 02: Estimativa de quantidade de pessoas.....	31
Tabela 03: Pesos relativos nos pontos de utilização identificados em função do aparelho sanitário e da peça de utilização .....	31
Tabela 04: Valores de perda de carga para cada modelo de conexão (tubos lisos).....	33
Tabela 05: Planilha para cálculo da pressão presente na tubulação .....	34
Tabela 06: Tabela referente a consumo por pessoa por tipo de edificação .....	35
Tabela 07: Tabela para cálculo de capacidade de Boiler.....	36
Tabela 08: Valor do coeficiente K nos casos mostrados .....	41
Tabela 09: Vazões necessárias em cada aparelho, e seu respectivo peso.....	42
Tabela 10: Diâmetros mínimos referentes a peças de utilização.....	43
Tabela 11: Vazões máximas das tubulações.....	43
Tabela 12: Planilha de Cálculo PVC .....	48
Tabela 13: Planilha de Cálculo CPVC .....	49
Tabela 14: Planilha de Cálculo vazão PEX.....	52
Tabela 15: Planilha de Cálculo PEX em Água Fria .....	53
Tabela 16: Planilha de Cálculo PEX em Água Quente .....	53
Tabela 17: Perda de Carga PEX .....	53
Tabela 18: Quantitativo PVC (por apartamento).....	57
Tabela 19: Quantitativo CPVC (por apartamento .....	57
Tabela 20: Quantitativo PEX (por apartamento).....	58
Tabela 21: Orçamento sistema convencional .....	60
Tabela 22: Orçamento sistema PEX.....	61
Tabela 23: Vantagens e Desvantagens Sistema Convencional .....	62
Tabela 24: Vantagens e Desvantagens PEX.....	63

## **LISTA DE ABREVIATURA E SIGLA**

NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
PEX	Polietileno Reticulado
PVC	Policloreto de Vinila
CPVC	Policloreto de Vinila Clorado

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>133</b>
1.1 JUSTIFICATIVA.....	134
1.2 OBJETIVOS .....	134
<b>1.2.1 Objetivo geral .....</b>	<b>134</b>
<b>1.2.2 Objetivos específicos.....</b>	<b>135</b>
1.3 METODOLOGIA .....	15
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	135
<b>2 INSTALAÇÕES PREDIAIS HIDRÁULICAS .....</b>	<b>17</b>
2.1 MATERIAIS UTILIZADOS NO PROJETO .....	20
2.2 PEÇAS E ACESSÓRIOS USADOS NO SISTEMA.....	25
<b>3 DIMENSIONAMENTO.....</b>	<b>30</b>
3.1 DIMENSIONAMENTO ÁGUA FRIA (PVC).....	30
3.2 DIMENSIONAMENTO ÁGUA QUENTE (CPVC).....	34
3.3 DIMENSIONAMENTO EM PEX .....	38
<b>4 ESTUDO DE CASO .....</b>	<b>45</b>
4.1 PROJETO E DIMENSIONAMENTO.....	45
<b>4.1.1 Dimensionamento e Projetos PVC e CPVC .....</b>	<b>47</b>
<b>4.1.2 Dimensionamento em PEX.....</b>	<b>51</b>
4.2 LEVANTAMENTO DE DADOS E QUANTITATIVO.....	57
<b>5 RESULTADOS .....</b>	<b>57</b>
<b>6 CONCLUSÃO.....</b>	<b>64</b>

## REFERÊNCIAS

## 1 INTRODUÇÃO

A necessidade do ser humano pela água é tão grande, que desde as mais antigas civilizações, observa-se a opção de se desenvolverem próximos aos cursos d'água para maior facilidade no abastecimento da água para consumo (CREDER, 2006). Nos dias de hoje, com o crescente aumento populacional e territorial, não é tão fácil programar a vida nas margens de uma fonte de água para abastecer nossa necessidade pela mesma, precisa-se buscar outros meios para ter-se a água necessária para o nosso uso no dia-a-dia, e com isso o homem trouxe a água para dentro de sua casa, através de um giro em um registro, tem-se ali o que tanto precisa-se, no conforto do nosso lar, para o consumo através de um sistema predial de instalações hidrossanitárias.

Uma edificação, não se limita nas armações de estruturas metálicas, na alvenaria, sistema elétricos e revestimentos. Existem os sistemas prediais de água fria, água quente, esgotos e águas pluviais, entre outros, que possibilitam a utilização plena das edificações pelos seus respectivos moradores ou ocupantes.

Com a evolução da sociedade, das formas de construção e de como o ser humano vive, tornou-se essencial a existência de maneiras para levar a água tratada para utilização da população, assim como a cada dia torna-se mais importante inovações referentes a esta área como instalações mais rápidas, maneiras mais econômicas de utilização, formas de captação que não agridem o meio ambiente (água recurso finito), além de várias outras precauções que se deve considerar ao realizar um estudo para execução de um projeto hidráulico.

Acompanhando a evolução percebe-se o crescimento populacional, assim aumentando também a quantidade de resíduos sanitários, o que faz com que profissionais da área tenham que pensar e planejar ainda mais formas de eliminar esses resíduos que sejam eficazes e benéficas ao meio ambiente, que se torna reduzido periodicamente devido ao aumento significativo da população através dos anos.

Devido ao avanço tecnológico vem surgindo novos materiais que facilitam o processo construtivo, que reduz o número de resíduos e que pode ser reaproveitado em outras construções. Na área de projetos hidrossanitários essa evolução veio com intuito de facilitar a execução de sistemas hidrossanitários e reduzir a mão de obra usada em tal processo construtivo. Surgiu uma nova tubulação denominada PEX (polietileno reticulado) que tem como vantagem a facilidade de execução e manutenção, a economia no que diz respeito a sistemas de água quente.

Desta forma o presente trabalho tem o intuito de avaliar as vantagens do sistema PEX em relação ao sistema convencional de PVC/CPVC

## 1.1 JUSTIFICATIVA

A etapa de projetos é a mais importante de uma obra, pois consiste na criação, planejamento ou adequação de obras já existentes.

É imprescindível que o engenheiro conheça as diversas técnicas e os diversos materiais que podem ser usados em uma obra, sendo capaz de comparar e fazer o balanceamento das vantagens e de quais seriam as desvantagens de cada tipo de material, sendo que a engenharia civil está em constante movimento em termos de materiais e técnicas buscando um processo mais rápido para diminuir o tempo final de uma obra, procurando processos mais limpos com objetivo de sustentabilidade e reduzindo o impacto ambiental. Sendo assim, dentro da construção civil hidrossanitária atualmente existe uma discussão, entre se usar tubulações de PVC ou tubulações de PEX.

A tubulação de PVC tem como característica ser um elemento rígido que pode dificultar a passagem dentro de uma obra, normalmente é de fácil instalação, não necessitando mão de obra especializada e nenhuma ferramenta própria para instalação do sistema. Já a tubulação em PEX é nova que poucos engenheiros conhecem ou trabalham, é uma tubulação flexível que não necessita de conexões ao mudar seu trajeto permitindo assim vários tipos de soluções e opções na hora da execução de um sistema, permitindo uma montagem rápida e eficaz.

Dentro dessa premissa o trabalho visa demonstrar as principais vantagens e desvantagens do sistema PEX quando comparado com o sistema PVC.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo geral

Realizar o estudo comparativo da viabilidade e custo do material do sistema hidrossanitário utilizando PEX em substituição ao PVC.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- Elaborar projeto hidrossanitário de acordo com as normas e exigências do plano diretor local;
- Realizar o dimensionamento segundo a NBR 5626 do sistema em PVC;
- Realizar o dimensionamento segundo a NBR 5626 do sistema em PEX;
- Realizar levantamento de materiais usados no projeto hidrossanitário em PEX;
- Realizar levantamento de projeto hidrossanitário em PVC;
- Realizar um comparativo do custo do material necessário para o dimensionamento do projeto em PVC em relação ao PEX

### 1.3 METODOLOGIA

O trabalho iniciou-se com uma pesquisa bibliográfica onde buscou-se estudar as vantagens e desvantagens do sistema hidrossanitário projetado com PVC e com PEX. Em seguida realizou-se um estudo de caso em um projeto residencial de seis andares contendo quatro apartamentos tipo em cada andar, sendo cada apartamento composto por dois quartos, uma cozinha, uma sala, um banheiro, uma lavanderia e uma sacada onde abordou-se as técnicas de dimensionamento de cada projeto realizando por fim um comparativo quantitativo e financeiro.

### 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho está dividido em cinco capítulos, sendo:

O capítulo 1 apresenta a introdução, a justificativa e motivação para realização do mesmo além dos objetivos, metodologia do trabalho e sua estrutura.

No capítulo 2 está a revisão bibliográfica que aborda os temas de projeto hidrossanitário, instalações hidrossanitárias e materiais.

No capítulo 3 encontram-se os métodos utilizados no dimensionamento da tubulação para os dois materiais analisados.

O capítulo 4 consiste na metodologia do trabalho e os cálculos realizados.

O capítulo 5 é se trata a apresentação da metodologia e demonstração dos cálculos.

Por fim, o capítulo 6 trata-se da conclusão, e considerações finais relacionadas aos temas abordados.



## 2 INSTALAÇÕES PREDIAIS HIDRÁULICAS

Segundo a norma NBR 5626: 1996 as instalações prediais de água fria são um subsistema do sistema de abastecimento de água, podendo ser considerado como a última “extremidade” do sistema público de abastecimento onde concretamente se estabelece o elo com o usuário final.

Os sistemas de instalações hidráulicas prediais são conjuntos de tubulações, equipamentos, reservatórios e dispositivos que tem como função abastecer os pontos de utilização de água de uma edificação. (CREDER, 2006)

Projetos hidrossanitários são uma parte importante dos projetos complementares, envolvem os sistemas de reservatório de água, e o caminho da água até as peças de utilização. É composto pelos projetos hidráulicos (água fria e quente) que representam a água potável, projetos sanitários que representam a água proveniente de esgotos e projeto de águas pluviais que mostram o caminho da água a ser drenada da superfície da residência. Ainda dentro destes projetos tem-se as descrições de diâmetro e a direção que a água irá percorrer pela tubulação.

Utiliza-se como base a norma regulamentadora NBR 5626: 1996, que se trata do documento que estabelece exigências e recomendações relativas ao projeto, execução e manutenção da instalação predial de água fria.

Para Violani (1992) projetos hidrossanitários representam por meio de desenhos a resolução do abastecimento hídrico de uma residência, sendo composto pelo projeto de água fria e quente, instalações de gás, esgotamento sanitário e sistema de drenagem e águas pluviais

Atendendo os objetivos do presente trabalho buscou-se estudar diretamente os elementos relacionados ao sistema hidráulico.

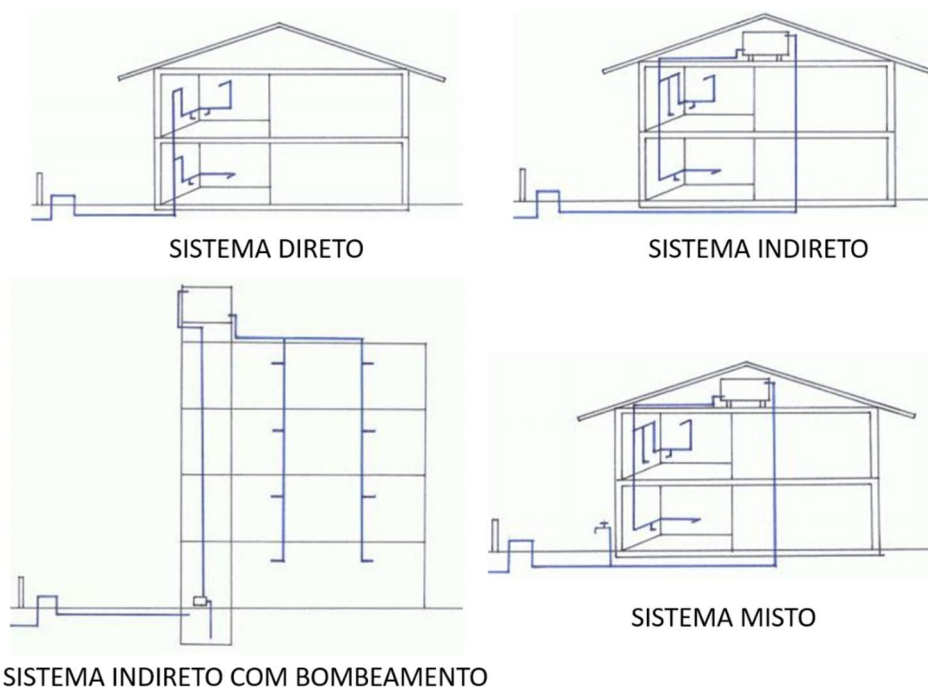
Os sistemas hidráulicos classificados em quatro tipos: direto, indireto, misto e pneumático (GHISI, 2013).

- Sistema Direto: É caracterizado pela ligação direta entre a rede pública de abastecimento e os pontos de ligação, sem ter a reservação intermediária no trajeto até os equipamentos sanitários, no Brasil é pouco utilizado devido a irregularidade do abastecimento público (PALIARI, 2008).
- Sistema Indireto: Segundo Ghisi (2013), consiste na armazenagem e redistribuição por meio de reservatórios de água, sendo este o mais utilizado no Brasil devido a incostância nos abastecimento da rede pública, assim o profissional pode dimensionar

um reservatório tentando prever uma reserva caso o abastecimento seja interrompido. É um sistema que pode ser realizado também através de sistemas de bombeamento incluído caso haja um reservatório inferior e um superior.

- Sistema Misto Figura 1(C): Segundo Paliari (2008), é o sistema que consiste na união dos dois sistemas citados anteriormente, o direto e indireto. Normalmente usado quando se tem torneiras de jardim no trajeto entre a rede pública de distribuição e o reservatório.
- Sistema Hidropneumático: Segundo Creder (2006), esta instalação dispensa o uso de reservatório superior, mas é de execução cara, portanto utilizada apenas em casos especiais. Seu uso não é comum no estado de Goiás.

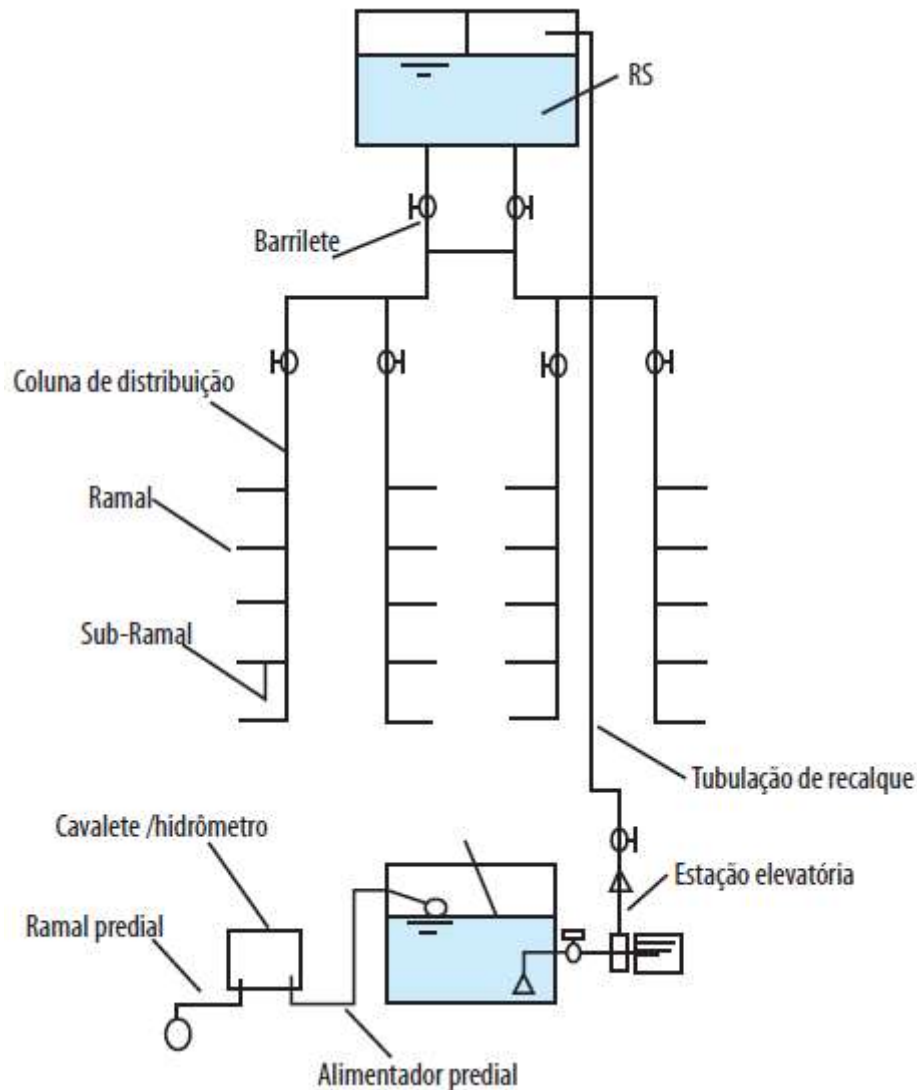
**Figura 01: Classificação dos sistemas Hidráulicos**



Fonte: Ghisi, 2013

No presente trabalho optou-se por adotar o sistema indireto por gravidade, por se adequar melhor ao projeto estudado. O sistema indireto é composto por barrilete, coluna, ramal, sub-ramal, sistema de recalque e sistema de alimentação apresentados na figura 02.

**Figura 02: Elementos do sistema indireto**



Fonte: Empresa Senai 2010

Reservatório é o elemento da instalação responsável por armazenar a água proveniente do sistema de abastecimento. Deve ser calculado para suportar um volume que seja suficiente para suprir uma falta de água de até 2 dias.

Por ser composto de um reservatório elevado é necessário um sistema de bombeamento composto por bombas dimensionadas para jogar a água do reservatório inferior até o superior por meio do tubo de recalque, que é o tubo que faz o trajeto desde o reservatório inferior até o superior.

A distribuição para o sistema individual é feita por meio do barrilete que é a tubulação que faz a ligação entre o reservatório e as colunas de distribuição, tais colunas originam-se nos barriletes e dão origem aos ramais, que são responsáveis por alimentar os sub-ramais. Sub-

ramais são por sua vez a última parte da tubulação, responsáveis por realizar a ligação e trajeto final da água proveniente do ramal até os pontos de utilização (NBR 5626, ABNT 1998).

## 2.1 MATERIAIS UTILIZADOS NO PROJETO

As tubulações hidráulicas podem ser executadas utilizando PVC, PPR, CPVC, PEX que são mais usados no mercado devido serem os mais conhecidos, e também os mais simples de realizar os dimensionamentos por serem regulamentados por normas e também possuem mão de obra de mais fácil acesso. Apenas no caso do PPR e PEX pode-se necessitar mão de obra especializada devido as formas de instalação e manutenção.

O PVC (Policloreto de Vinila) é recomendado para instalações em água fria, normalmente utilizado em obras pequenas devido ao baixo orçamento e ser desnecessário mão de obra especializada. Os tubos de material PVC podem ser utilizados em diversas obras ou reformas, sejam residenciais, industriais ou comerciais que tenham pressão de serviço de até 75 m.c.a., tendo vida útil de 50 anos. As tubulações neste material podem suportar uma temperatura de até 20°C, o que a torna não indicada para sistema de água quente. A variedade de diâmetro é um grande diferencial por atender a várias demandas, não apenas residências que utilizam diâmetro menores (Catálogo Predial Tigre, 2016).

De acordo com a fabricante, o material PVC é de fácil execução devido a solda fria por meio de colas ou unidos por meio de tubulações roscáveis feitas através de materiais de fácil aquisição.

Instalações em PVC são compostas por tubos e conexões que juntas se responsabilizam por transportar a água desde a caixa d'água, ou reservatório, até o ponto de utilização dentro da residência (chuveiro, pia, vaso, torneira e etc.).

O CPVC (Policloreto de Vinila Clorado) é utilizado há mais de 50 anos para aplicações hidráulicas em instalações de água quente e fria, podendo suportar uma pressão de até 86 m.c.a transportando a água à 82°C, sendo que a tubulação suporta uma temperatura máxima de até 90°C. (Catálogo Predial Amanco, 2016)

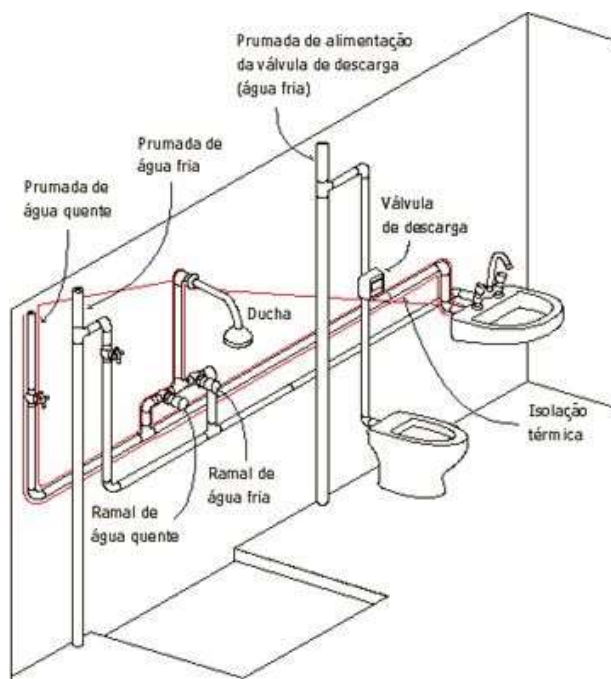
Assim como o PVC, seu derivado para água quente possui fácil instalação sendo que suas conexões são através de soldas a frio, e o peso de tubos e peças facilitam a sua instalação, além de não necessitar mão de obra especializada.

Ainda de acordo com o fabricante, a matéria-prima do CPVC e do PVC é a mesma, sendo que a principal diferença é a quantidade de cloro em sua composição, já que o CPVC

possui mais moléculas de cloro do que o PVC tradicional. Esse diferencial permite que o CPVC também seja usado para a condução de água quente.

Na figura 06 tem-se o exemplo de um banheiro executado em tubulação PVC para água fria e CPVC para água quente, observa-se que a tubulação deve percorrer trajetos baseando-se em conexões e trajetos horizontais ou verticais.

**Figura 03: Exemplo de instalação em PVC**



Fonte: Pinterest < <https://br.pinterest.com/pin/519884350714305330/>>. Acesso em 26 mar. 18.

O PPR é recomendado em instalações que necessitam da completa potabilidade da água, pois é um sistema contínuo formado a partir da junção de tubos por meio da termofusão o que garante que a água não tenha contato com materiais de ligação. É pouco usual por necessitar ferramentas especiais e mão de obra especializada. Este tipo de tubulação apresenta maior isolamento acústico e segurança para seus usuários. (Catálogo Predial Amanco, 2011)

Ultimamente o PEX vem ganhando mercado devido as suas características peculiares que facilitam a instalação do sistema e até mesmo reduzem o tempo necessário para instalação. Abaixo serão apresentadas suas características, composição e esquema de instalação.

O PEX (polietileno reticulado) é um tubo de polímero flexível e de alta temperatura, este polímero que sofre em sua fabricação um processo físico-químico, onde as cadeias do Polietileno (PE) são ordenadas e ligadas covalentemente, deixando de ser termoplástico e passando a ser um material termo fixo. Neste processo o material passa a ter maior resistência

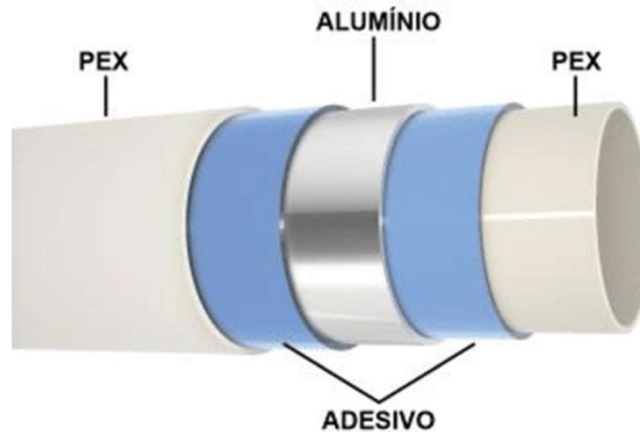
a pressão e temperatura. Esta tecnologia de fortalecimento de uma estrutura pela indução de ligações covalentes entre as moléculas de um mesmo material foi desenvolvida na Europa e tem sido usada em diversos tipos de aplicações em todo o mundo (Catálogo Predial Tigre, 2009)

Segundo Aro e Amorim (2004), tubos feitos em material PEX são bastante flexíveis, o que é a maior vantagem do sistema, além de ser mais confiável por ter processo de conexão mecânico, mas em contrapartida exige mão de obra especializada para ser realizada a instalação.

Após 15 anos no mercado brasileiro da construção civil, os sistemas de tubulações plásticas para instalações prediais de água quente e fria, PEX, ganha sua primeira regulamentação através dos critérios adotados na NBR 15939, antes seguindo as especificações dos produtores e ISO internacional DIN16892 e DIN16893 alemãs, UNE espanhola, ou ainda a ISO 15875 (FERNANDES&MARTINS, 2010).

Os tubos PEX multicamada são constituídos por 5 camadas essenciais, como mostra a figura 07. A composição da primeira camada do tubo é de polietileno reticulado, que protege a tubulação contra a ação corrosiva do líquido que entra em contato com a mesma. A segunda camada é coberta por um adesivo especial que assegura a conexão entre as camadas do tubo. Para compor a terceira camada é utilizado o alumínio, esta camada assegura a resistência a temperaturas elevadas e a pressão do fluido conduzido, assegura também a flexibilidade para a tubulação de PEX, não sendo necessário a aplicação de conexões por todo o curso que os tubos percorrerão, e por fim, ainda controla a dilatação e aumenta a temperatura de trabalho para 95 °C, com uma pressão de coluna d'água de 100 metros, garantindo assim a resistência mecânica dos tubos. O adesivo é reaplicado na quarta camada. A quinta e última camada por sua vez, é composta pelo polietileno reticulado, preservando os tubos das ações que certos componentes como água, ar, cimento, terra ou de qualquer outra substancia que esteja em contato direto com o tubo, onde ele for instalado, passam causar a ele (EMMETI, 2011).

**Figura 04: Composição da tubulação PEX Multicamada**



Fonte: Tigre, 2009

A distribuição ponto a ponto segue o mesmo caminho de uma instalação elétrica, os tubos podem ser levados individualmente através de conduítes ou tubos bainhas, desde um “quadro de distribuição” até cada ponto de utilização, não sendo necessário o uso de conexões intermediárias (EMMETI, 2011).

A figura abaixo representa esquematicamente uma instalação hidráulica de água quente, mostrada pela tubulação em vermelho, e a instalação de água fria é representada pela tubulação azul, utilizando o sistema PEX ponto a ponto.

**Figura 05: Instalação ponto a ponto com PEX.**



Fonte: Tigre, 2009

Por se tratar de um sistema com ligação ponto a ponto, e dispensar o uso de conexões intermediárias, o PEX é um sistema ideal para instalações em edificações com um sistema Drywall (gesso acartonado), e em ambientes em que é necessário efetuar manutenções e inspeções frequentemente, como em hospitais, clínicas, hotéis, restaurantes e até mesmo em edifícios (SALGADO, 2010).

A linha PEX monocamada, é extremamente resistente e pode resistir uma pressão máxima de até 60 m.c.a. a 80°C, são produzidos de polietileno reticulado e por isso possuem grande flexibilidade e durabilidade. A linha é resistente aos desgastes causados por aditivos derivados do cimento. Estão disponíveis no mercado em bobinas de 100 metros, com bitolas de 16mm e 20mm, nas bobinas de 50 metros possuem bitolas de 25mm e 32mm.

Já a linha PEX Multicamada, é uma linha do produto ainda mais resistente, pois tem a capacidade de atingir uma pressão de até 100 m.c.a. e ainda, atingir a temperatura máxima de 95°C, os tubos são produzidos com uma camada de alumínio em uma camada externa, que é separada por outras camadas, a camada de adesivo que separa a camada de alumínio da camada de PEX, e assim absorvem a expansão térmica impossibilitando a existência de trincas nas paredes dos tubos. Na linha multicamada segue o mesmo padrão de embalagem da linha monocamada. São produzidos por outros fabricantes com diâmetro maior. Chegam ao mercado com bitolas de 16, 20, 25 e 32mm, comprimento de 16mm e 20mm são fornecidas em bobinas de 100 metros e bitolas de 25mm e 32mm fornecidas em bobinas de 50 metros.

Em determinados tipos de instalação, o PEX fica embutido um tubo guia na alvenaria seguindo seu curso dentro das paredes onde receberá o tubo PEX. É necessário também instalar no local uma caixa de distribuição, onde normalmente encontram-se os distribuidores, de onde seguirão as tubulações de PEX até o ponto de consumo (SALGADO, 2010).

Neste trabalho abord de maneira mais profunda as diferenças e comparações entre sistemas em PVC e PEX, seguindo a linha de que as duas serão comparadas a partir dos trajetos dentro dos apartamentos. Até a tubulação de entrada no apartamento será utilizada a tubulação convencional, ou seja PVC e CPVC.

Na figura 05 tem-se o exemplo de um banheiro executado com instalação hidráulica em PEX, pode-se observar que o trajeto foi simplificado devido a flexibilidade do sistema e a facilidade de acesso até os pontos de utilização.

## 2.2 PEÇAS E ACESSÓRIOS USADOS NO SISTEMA

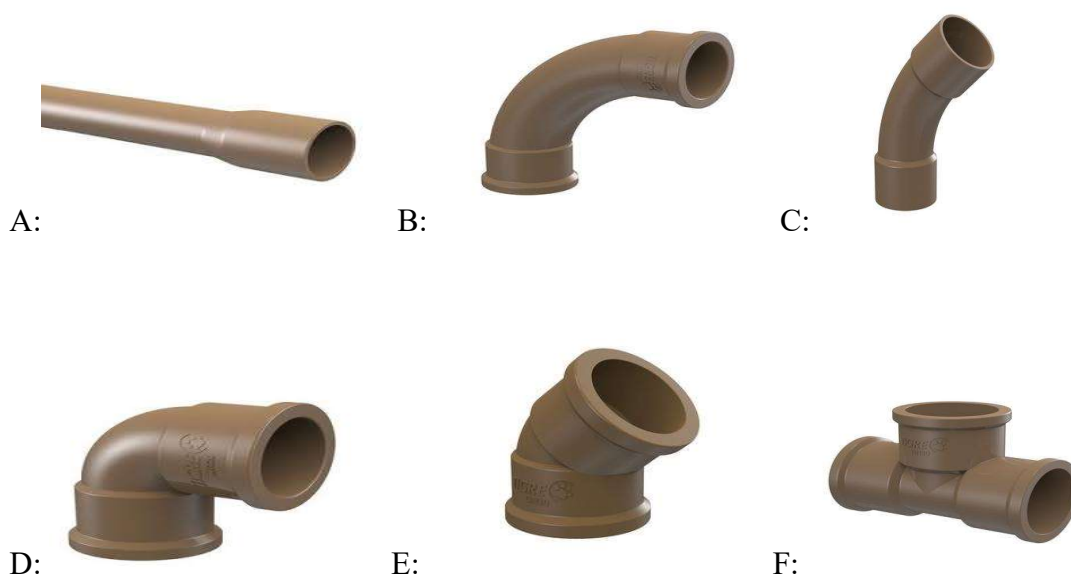


No presente trabalho optou-s por usar apenas PVC, CPVC e PEX cujo intuito e realizar o estudo comparativo do sistema. Será apresentado as principiapis pecas usadas em cada elemento.

- PVC

Abaixo serão apresentadas peças em material PVC, e logo após uma explicação rápida de cada. As imagens foram retiradas do catálogo da fabricante Tigre.

**Figura 06: Componentes de instalações hidráulicas em PVC.**



Fonte: Tigre, 2016

As imagens retratam peças em PVC soldável que foi o adotado para este trabalho, porém existe uma linha de materiais com modelo de conexão roscável.

Na figura A têm-se o tubo soldável, que normalmente é vendido em barras de 3 e 6 metros variando de acordo com o diâmetro.

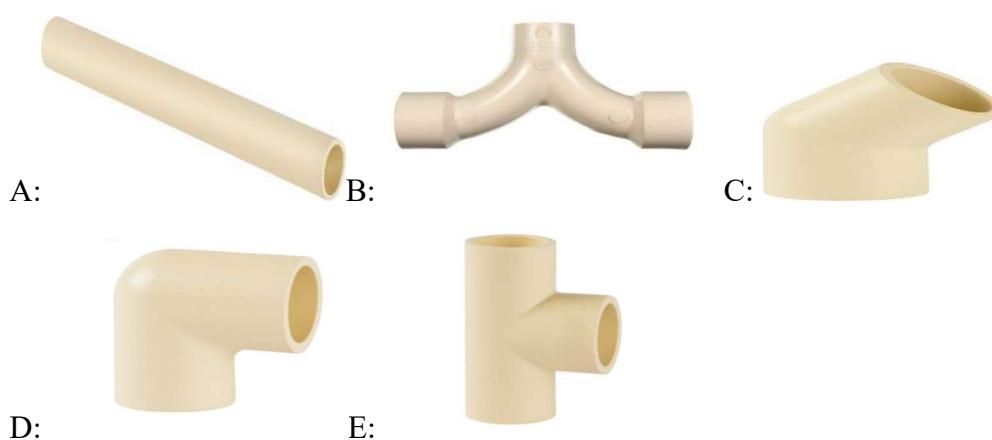
Nas figuras B e C têm-se as curvas de 90° e 45° respectivamente, são peças utilizadas para mudar a direção da tubulação. Nas figuras D e E têm-se os cotovelos de 90° e 45°, que assim como as curvas tem por função mudar a direção da tubulação. Curvas e cotovelos se diferenciam devido aos locais de sua utilização, sendo que curvas necessitam um local mais espaçoso para serem instaladas, sendo usadas mais externamente, já os cotovelos servem para espaços pequeno como dentro dos apartamentos por exemplo.

Na figura F têm-se o tê, sendo uma peça muito utilizada quando se necessita que a água siga por duas direções diferentes ao mesmo tempo. Recebe este nome devido ao seu formato lembrar a letra “T”.

- CPVC

Abaixo serão apresentadas as peças em material CPVC, e logo após uma explicação rápida de cada imagem.

**Figura 7: Componentes de instalações hidráulicas em CPVC.**



Fonte: Catálogo CPVC Amanco, 2016

As peças apresentadas nas figuras são parte da linha CPVC soldável que foi a opção apresentada neste trabalho.

Na figura A têm-se o tubo CPVC, que assim como os tubos de PVC são fornecidos em barras de 3 metros.

Na figura B têm-se o misturador, que é uma peça utilizada quando se tem em uma residência sistema de água quente e fria, tal peça serve para realizar a mistura e balanceamento da temperatura dos sistemas a gosto do usuário.

Nas figuras C e D têm-se os cotovelos de 45° e 90°, que servem para realizar uma alteração na direção do trajeto da tubulação. São recomendados para instalações onde o espaço para instalação não é tão amplo.

Na figura E têm-se o tê, sendo uma peça muito utilizada quando se necessita que a água siga por duas direções diferentes ao mesmo tempo. Recebe este nome devido ao seu formato lembrar a letra “T”.

- PEX

Abaixo serão apresentadas peças em material PEX, e logo após uma explicação rápida de cada. As imagens foram retiradas do catálogo da fabricante Tigre.

**Figura 8: Componentes de instalações hidráulicas em PEX.**



Fonte: Tigre, 2009

Na figura A tem-se o tubo PEX flexível que é fornecido por meio de bobinas, pois é um tubo que dobra e não há necessidade de ser vendido em barras. Segundo Salgado (2010) hoje já é possível encontrar no mercado tubulações PEX com diâmetros externos que variam de: 12 mm, 16 mm, 20 mm, 25 mm, 26 mm, 32 mm e 40 mm.

Na figura B tem-se o manifold, que se trata da peça que realiza a distribuição entre os tubos que vão para o ponto de utilização. Sua instalação é realizada dentro da caixa de distribuição. Normalmente têm-se um manifolde para cada sistema (água quente e fria). Abaixo um exemplo de dois manifoldes instalados em uma caixa de distribuição para atender a residência.

**Figura 9: Caixa de distribuição**

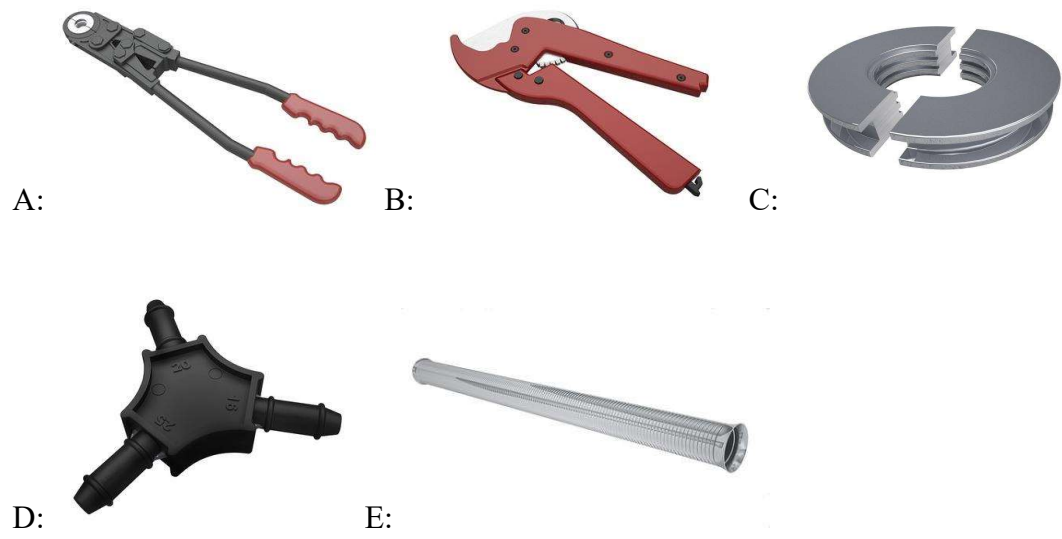
Fonte: Nakamura, 2009

Nas figuras C, D e E se tem as conexões da linha PEX, sendo respectivamente a conexão móvel, o joelho de 90° e o tê. As conexões são comumente produzidas com material metálico ou ainda podem ser produzidas com polissulfona (PSU), plástico de extrema resistência e com desempenho hidráulico excepcional, pela baixa rugosidade, mesmo atingindo altas ou baixas temperaturas, podendo resistir 150°C ou temperatura superior, além de não se deteriorar com corrosão.

Outro destaque de grande importância dos acessórios da linha PEX, é que as juntas são de extrema facilidade e simplicidade de execução, pois são instaladas por crimpagem através do auxílio de ferramentas adequadas para garantir a facilidade da instalação. Composta por duplo anel de borracha e anel (bolsa) de crimpagem de aço inox, as vedações das conexões são de excepcional qualidade, podendo suportar pressões superiores a 100 m.c.a.

As ferramentas necessárias para a instalação do sistema PEX monocamada e PEX multicamada são: o alicate crimpador (A), o cortador de tubos (B), anel de crimpagem (C), calibre (D) e o curvador (E). Imagens retiradas do catálogo da marca Tigre.

**Figura 10: Ferramentas utilizadas na instalação do sistema em PEX.**



Fonte: Tigre, 2009

### 3 DIMENSIONAMENTO

#### 3.1 DIMENSIONAMENTO ÁGUA FRIA (PVC)

Para dimensionamento de água fria foi utilizado o passo-a-passo fornecido pela Norma Regulamentadora Brasileira 5626.

De acordo com a NBR 5626 (1998), por razões econômicas, é usual estabelecer como provável uma demanda simultânea de água menor do que a máxima possível. Essa demanda simultânea pode ser estimada tanto pela aplicação da teoria das probabilidades, como a partir da experiência acumulada na observação de instalações similares.

Primeiramente faz-se a estimativa de consumo diário da edificação.

**Tabela 01: Estimativa de consumo predial diário**

<b>Tipo de Construção</b>	<b>Consumo Médio (Lt/dia)</b>
Alojamento Provisório	80 por pessoa
Casas Populares ou Rurais	120 por pessoa
Residências	150 por pessoa
Apartamentos	200 por pessoa
Hotéis (s/ cozinha e s/ lavanderia)	120 por hospede
Escolas - Internatos	150 por pessoa
Escolas - Semi Internatos	100 por pessoa
Escolas - Externatos	50 por pessoa
Quartéis	150 por pessoa
Edifícios Públicos ou Comerciais	50 por pessoa
Escritórios	50 por pessoa
Cinemas e Teatros	2 por lugar
Templos	2 por lugar
Restaurantes e Similares	25 por refeição
Garagens	50 por automóvel
Lavanderias	30 por Kg de roupa seca
Mercados	50 por m <sup>2</sup> de área
Matadouros - Animais Grande Porte	300 por cabeça abatida
Matadouros - Animais Pequeno Porte	150 por cabeça abatida
Posto de serviço p/ Automóveis	150 por veículo
Cavaliças	100 por cavalo
Jardins	1,5 por m <sup>2</sup>
Orfanato, Asilo, Berçário	150 por pessoa
Ambulatório	25 por pessoa
Creche	50 por pessoa
Oficina de Costura	50 por pessoa

Fonte: Adaptada Renato Massano, 2009

Caso não saiba a quantidade de pessoas que moram na residência ou trabalha no local onde será dimensionada a tubulação, a tabela da figura 05 torna-se obsoleta, assim sendo necessário utilizar outros dados tabelados.

**Tabela 02: Estimativa de quantidade de pessoas**

Ambiente	Número de pessoas
Dormitório	02 pessoas
Dormitório de Empregado (a)	01 pessoa

Fonte: Adaptada Renato Massano, 2009

Após ter calculado a estimativa de água necessária, deve dobrar o valor, para que o reservatório possa suprir toda a residência por dois dias, caso o sistema de abastecimento de água da cidade tenha alguma falha, ou até mesmo algum corte inesperado de tal abastecimento.

Segundo a NBR 5626 (1998), os pesos relativos são estabelecidos empiricamente em função da vazão de projeto, a quantidade de cada tipo de peça de utilização alimentada pela tubulação, que está sendo dimensionada, é multiplicada pelos correspondentes pesos relativos e a soma dos valores obtidos nas multiplicações de todos os tipos de peças de utilização constitui a somatória total dos pesos.

**Tabela 03: Tabela referente ao peso relativo**

Aparelho Sanitário		Peça de Utilização	Vazão de projeto L/s	Peso Relativo
Bacia Sanitária		Caixa de descarga	0,15	0,3
		Válvula de descarga	1,70	32,0
Banheira		Misturador (água fria)	0,30	1,0
Bebedouro		Registro de Pressão	0,10	0,1
Bidê		Misturador (água fria)	0,10	0,1
Chuveiro ou Ducha		Misturador (água fria)	0,20	0,4
Chuveiro Elétrico		Registro de Pressão	0,10	0,1
Lavadora de pratos ou de roupas		Registro de Pressão	0,30	1,0
Lavatório		Torneira ou Misturador (água fria)	0,15	0,3
Mictório cerâmico	Com sifão integrado	Válvula de descarga	0,50	2,8
	Sem sifão integrado	Caixa de descarga, registro de pressão ou válvula de descarga para mictório	0,15	0,3
Mictório tipo calha		Caixa de descarga ou registro de pressão	0,15 p/metro de calha	0,3
Pia		Torneira ou Misturador (água fria)	0,25	0,7
		Torneira elétrica	0,10	0,1
Tanque		Torneira	0,25	0,7

Torneira de jardim ou Lavagem em Geral	Torneira	0,20	0,4
--	----------	------	-----

Fonte: Adaptada NBR 5626

Utilizando a somatória dos pesos relativos à seção, calcula-se a vazão da seção baseada na fórmula da NBR 5626:

$$Q = 0,3\sqrt{\Sigma P} \quad (1)$$

onde:

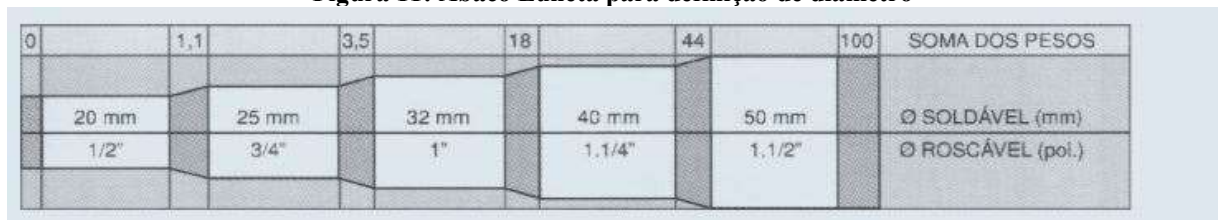
$Q$  é a vazão estimada na seção considerada, sendo sua unidade de medida (L/s).

$\Sigma P$  é o somatório dos pesos relativos de todas as peças alimentadas pela tubulação considerada.

Após calcular o valor da vazão estimada, é escolhido o diâmetro em função do peso das peças que são alimentadas pela tubulação considerada. Tal diâmetro pode ser escolhido utilizando um “gráfico” conhecido como Ábaco Luneta.

Neste trabalho foi utilizado o Ábaco Luneta para definição de diâmetro, mas existem outras maneiras para definir tal diâmetro.

**Figura 11: Ábaco Luneta para definição de diâmetro**



Fonte: Creder, 2006

Ao ter o diâmetro da tubulação considerada encontrado por meio da utilização do Ábaco Luneta, faz-se o cálculo da perda de carga, para cada metro de tubo, presente na tubulação utilizando a fórmula de Fair-Whipple-Hsiao.

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

onde:



J é a perda de carga para cada metro de tubulação, em quilopascal por metro (Kpa/m);

Q é a vazão estimada na seção considerada, sendo sua unidade de medida (L/s);

D é o diâmetro utilizado, baseado no abaco luneta, em milímetros (mm).

Após ter a perda de carga por metro (J) calculada, multiplicasse o valor pela metragem de tubulação no trecho considerado nos calculos, encontrando assim a perda de carga em cada tubo presente na tubulação.

**Tabela 04: Valores de perda de carga para cada modelo de conexão (tubos lisos)**

Diâmetro nominal (DN)	Tipo de Conexão					
	Cotovelo 90°	Cotovelo 45°	Curva 90°	Curva 45°	Tê passagem direta	Tê passagem lateral
15	1,1	0,4	0,4	0,2	0,7	2,3
20	1,2	0,5	0,5	0,3	0,8	2,4
25	1,5	0,7	0,6	0,4	0,9	3,1
32	2,0	1,0	0,7	0,5	1,5	4,6
40	3,2	1,0	1,2	0,6	2,2	7,3
50	3,4	1,3	1,3	0,7	2,3	7,6
65	3,7	1,7	1,4	0,8	2,4	7,8
80	3,9	1,8	1,5	0,9	2,5	8,0
100	4,3	1,9	1,6	1,0	2,6	8,3
125	4,9	2,4	1,9	1,1	3,3	10,0
150	5,4	2,6	2,1	1,2	3,8	11,1

Fonte: Adaptada NBR 5626

Utilizando a tabela acima (tabela 04), faz-se uma análise de cada trecho de tubulação e encontra-se a perda de carga total na tubulação, somando a perda de carga dos tubos e conexões no trecho considerado encontrando a perda de carga máxima em cada trecho (J<sub>máx</sub>).

Para o cálculo da perda de pressão é utilizado, de acordo com a NBR 5626, uma planilha de formato excel onde todos os dados já encontrados até aqui são inseridos e assim tem-se o valor da pressão na tubulação, comumente esta planilha é utilizada em calculos onde tem-se descidas significativas de água.

**Tabela 05: Planilha para cálculo da pressão presente na tubulação**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Trecho	Soma dos Pesos	Vazão estimada	Diâmetro	Velocidade	Perda de carga unitária	Diferença de cota Desce + Sobe -	Pressão disponível	Comprimento da tubulação		Perda de Carga			Pressão disponível residual	Pressão requerida no ponto de utilização
								Real	Equivalente	Tubulação	Registros e dutos	Total		
							(14) + 10 x (7)			(10) x (6)		(11) + (12)	(8) - (13)	
		L/s	mm	m/s	kPa/m	m	kPa	m	m	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa

Fonte: NBR 5626 Adaptada

Estes cálculos presentes na tabela 05 servem para definir velocidade da água em cada trecho de tubulação, assim como sua pressão. Estes cálculos devem seguir as orientações da NBR 5626, e também algumas peculiaridade relacionadas a limites. No caso da velocidade, a norma exige que em todos os trechos seja feito um dimensionamento para que a velocidade não exceda 3 m/s. Já quando se trata da pressão tem-se um valor mínimo e um valor máximo. Nas tubulações não é permitido uma pressão inferior a 10 kPa, exceto quando se tem bacia sanitária que é aceita uma pressão de no mínimo 5 kPa, ou então quando se tem válvula de descarga onde a pressão deve ser de no mínimo 15 kPa. Quanto a valor máximo em tubulações em condição estática não deve ultrapassar 400 kPa.

Esta tabela não foi utilizada no presente trabalho por não serem realizados cálculos de toda a tubulação, apenas nos locais onde serão feitas as comparações.

### 3.2 DIMENSIONAMENTO ÁGUA QUENTE (CPVC)

De acordo com a NBR 7198 (1993), as instalações de água quente devem projetadas e executadas de modo à:

- Permitir fornecimento contínuo, controlável e seguro aos usuários;
- Preservar as características potáveis da água
- Proporcionar conforto;
- Racionalizar o uso de energia elétrica.

Um ponto importante a ser observado ainda na etapa de projeto, é que a velocidade não pode exceder os 3 m/s e a pressão não pode ultrapassar os 400 Kva (NBR 7198).

Segundo Macintyre (1990) o aquecimento de água pode ser realizado por três sistemas: Individual, Central Privado e Central Coletivo

- O Individual é adotado quando apenas um aparelho na residência utiliza a água quente, como aquecedor a gás localizado no banheiro ou na cozinha.
- O sistema Central Privado é executado quando a água quente deve abastecer uma unidade inteira, seja um apartamento ou uma residência. Geralmente utilizado quando serão alimentados mais de um aparelho em diferentes ambientes da unidade.
- O sistema de Central Coletiva é utilizado quando o sistema de aquecimento tende a fornecer água quente para mais de uma unidade, como por exemplo prédios de apartamentos, hospitais, escolas ou quartéis.

O início do dimensionamento em se dá com o cálculo da estimativa de consumo de água quente presente na edificação a ser executada, observando a tabela abaixo:

**Tabela 06: Tabela referente a consumo por pessoa por tipo de edificação**

<b>Tipo de Ocupação</b>	<b>Consumo (litros/dia)</b>
Alojamento Provisório de Obra	24 por pessoa
Casa popular ou rural	36 por pessoa
Residência	45 por pessoa
Apartamento	60 por pessoa
Quartel	45 por pessoa
Escola (internato)	45 por pessoa
Hotel (sem incluir cozinha e lavanderia)	36 por hóspede
Hospital	125 por leito
Restaurantes e similares	12 por refeição
Lavanderia	15 po Kgf de roupa seca

Fonte: Adaptada Bohn, 2012

Caso não tenha o número exato de pessoas que utilizarão o sistema pode-se utilizar o cálculo por dormitório já citado no dimensionamento de água fria.

Deve-se decidir qual tipo de aquecedor será utilizado na edificação, para edificações que utilizam aquecedores elétricos (Boilers) deve-se adotar a tabela a baixo para realizar o correto dimensionamento dos aquecedores, quanto a sua capacidade em litros.

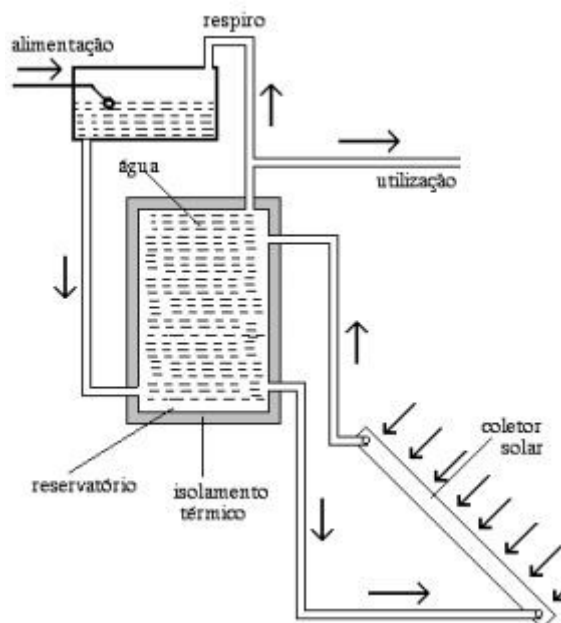
**Tabela 07: Tabela para cálculo de capacidade de Boiler**

<b>Consumo Diário 70°C</b>	<b>Capacidade do aquecedor - l</b>	<b>Potência - Kw</b>
60	50	0,75
95	75	0,75
130	100	1,00
200	150	1,25
260	200	1,50
330	250	2,00
430	300	2,50
570	400	3,00
700	500	4,00
850	600	4,50
1150	750	5,50
1500	1000	7,00
1900	1250	8,50
2300	1500	10,00
2900	1750	12,00
3300	2000	14,00
4200	1500	17,00
5000	3000	20,00

Fonte: Adaptada Bohn, 2012

Em residências cujo aquecimento da água se dá através de Boilers, tem-se um sistema de captação de energia solar, onde a energia fornecida pelo sol através de sua radiação é convertida em calor por meio de placas de captação e desta forma aquece a água vindo do reservatório, devolvendo-a por meio de convecção em uma temperatura mais elevada ao reservatório.

**Figura 12: Sistema de aquecimento de água por energia solar**



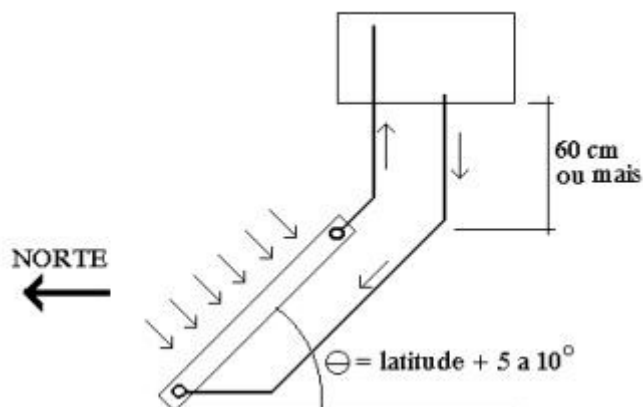
Fonte: Bohn, 2012 – Instalação Predial de Água Quente <  
<http://www.labee.ufsc.br/~luis/ecv5644/apostilas/aq.pdf>>. Acesso em: 01 mai. 18.

De acordo com o Bohn (2012) os coletores (placas de captação de energia solar), devem ser instalados de acordo com 03 (três) orientações:

- Devem estar apontados para o norte real, ou seja, com a parte frontal virada para o sentido norte independente do local de sua instalação;
- A inclinação com o eixo horizontal de instalação de sua base deve ser equivalente a latitude local acrescida de 5 á 10°;
- Para que a circulação de água ocorra de forma natural no sistema de aquecimento, o desnível entre a saída do coletor até a reentrada no reservatório de ser de 60 cm.

As orientações podem ser exemplificadas pela imagem a seguir:

Figura 13: Exemplificação de sistema de aquecimento



Fonte: Bohn, 2012 – Instalação Predial de Água Quente <  
<http://www.labee.ufsc.br/~luis/ecv5644/apostilas/aq.pdf>>. Acesso em: 01 mai. 18.

Ainda de acordo com Bonh (2012), a área de coletores a ser adotada se da pela formula:

$$S = \frac{Q}{I \cdot R} \quad (3)$$

onde:

S é a área de coletores necessaria, em m<sup>2</sup>

Q é o calor necessario para aquecer a demanda de água, em Kcal/dia

I é a intensidade de radiação solar, em Kcal\*h/m<sup>2</sup>

R é o aproveitamento da energia coletada (Prof. Ricardo Adolar sugere utilizar uma taxa de 50% de aproveitamento).

Após completar o cálculo a área necessária deve-se realizar a divisão da área S encontrada pela área de 01 placa coletora, assim descobrindo o número de placas necessárias para aquecer o sistema.

### 3.3 DIMENSIONAMENTO EM PEX

Os parâmetros para dimensionar um projeto de instalação hidráulica utilizando o sistema PEX, podem sofrer algumas alterações, uma vez que este sistema não utiliza conexões intermediárias, efetuando as curvas necessárias durante o lançamento com a própria tubulação.

O método utilizado para encontrar a perda de carga nos tubos e conexões, é somando o comprimento do tubo com o comprimento equivalente relativos as conexões, o valor encontrado multiplica-se pela perda de carga unitária referente ao trecho usado (NBR 5626/98). No sistema PEX não é diferente, medimos o comprimento da tubulação utilizado em determinado trecho, e em seguida multiplica-se pela perda da carga unitária.

No PEX a situação é a mesma, ou seja, o comprimento de tubulação utilizado deve ser medido no trecho com o comprimento correspondente, essa medida deve ser multiplicada pela perda de carga unitária. Contudo, o cálculo da perda de carga localizada pode sofrer variações, relacionado as curvaturas geradas pela tubulação (GNIPPER, 2009).

Quando o resultado da divisão entre o raio de curvatura e o diâmetro ( $R/D$ ) for inferior a 8, o comprimento linear da curva deverá ser considerado e a perda de carga proveniente do desvio deverá ser desconsiderada. Quando o raio de curvatura  $R$  for bem pequeno, por exemplo, de 1 a 2 vezes o diâmetro interno  $D$  do tubo, obtém-se uma considerável perda de carga localizada, com turbulência local no fluxo devido a mudança repentina de direção e até descolamento interno da camada limite, conforme for o valor da velocidade do escoamento. Sendo assim, podem ser aplicados valores de comprimentos iguais existentes em diversas bibliografias que abordam o assuntos sobre curvas de raio médio (relação  $R/D = 1$ ) e raio longo (relação  $R/D = 1,5$  a  $2$ ) (GNIPPER, 2009, Apud, SOUZA, 2011).

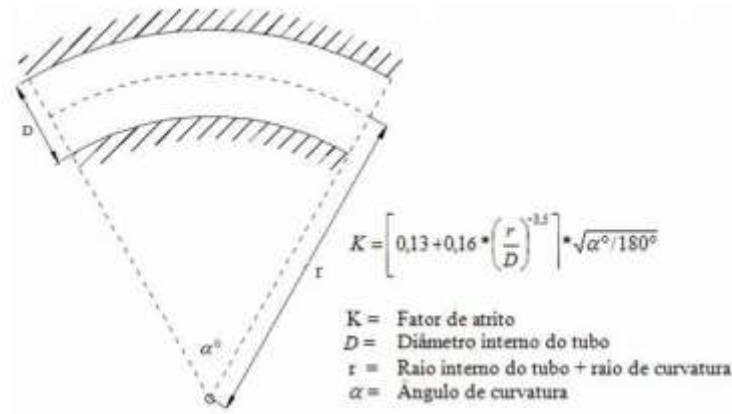
Contudo, quando o resultado do valor encontrado entre a divisão do raio de curvatura  $R$ , pelo diâmetro  $D$ , for superior a 8, algo comum de acontecer no sistema PEX, tem que se desprezar o comprimento linear da curva e ainda a perda de carga procedente do desvio, pois assim o deslocamento não sofre microturbulências localizadas resultantes da mudança de direção, mas sim pela carga distribuída pela extensão da curvatura por atrito contra as paredes do tubo e pela não linearidade das linhas de corrente. Nesta situação, a mudança de direção deverá ser desprezada no cálculo da perda de carga, e o comprimento da curva terá de ser acrescentado ao comprimento dos trechos retilíneos adjacentes, isto é, esta parte em curva, deverá ser considerada com sendo reta (GNIPPER, 2009, Apud, SOUZA, 2011).

Segundo Gnipper (2009), calcula-se a perda de carga na curvatura dimensionando o fator  $K$  que necessita dos seguintes dados:

- Diâmetro do tubo em milímetros ( $D$ );
- Ângulo da curvatura ( $\alpha$ );
- Comprimento do arco em metros ( $C_{arc}$ ).

O valor de K se dá conforme a equação representada abaixo:

**Figura 14: Cálculo da perda de carga localizada na curvatura do PEX**



Fonte: Gnipper, 2009.

A perda da carga formada pela curva, se dará pela multiplicação do K pela velocidade ao quadrado, dividido por 2 vezes a aceleração da gravidade, de acordo com a equação mostrada a seguir. (PORTO, 2006)

$$\Delta h = k \times \frac{v^2}{2g} \quad (4)$$

Onde:

- K é o coeficiente adimensional, do qual o valor varia conforme a geometria da peça considerada, do número de Reynolds, da rugosidade da peça, e em vários casos em função da distribuição da vazão (Ramificações).
- V simboliza a velocidade média de escoamento (m/s).

No quadro abaixo, é mostrado algumas variações do coeficiente K em determinados casos específicos.



**Tabela 08: Valor do coeficiente K nos casos mostrados**

Acessório	Coeficiente K
Tomada d'água	0,5
Registro de Gaveta	0,15
Tê passagem direta	0,9
Tê, saída lateral	2,0
Curva 90	0,4
Curva 45	0,4
Joelho 90	0,9
Registro de pressão	10

Fonte: Adaptada Porto (2006)

Depois de identificados todos os pontos de água fria e quente da edificação, o consumo é encontrado seguindo os parâmetros estabelecidos pela ABNT, da mesma maneira o dimensionamento das colunas ramais e sub-ramais. Tanto o projeto quanto a execução de instalações prediais de água quente deverão partir dos critérios determinados pela NBR 7198/93, enquanto o projeto e execução das instalações de água fria seguem os critérios da NBR 5626/98 ou versão mais recente. (FERNANDES&MARTINS, 2010)

De acordo com a NBR 5626 para o dimensionamento das colunas, ramais e sub-ramais de água fria, usa-se a fórmula:

$$Q = 0,3\sqrt{\Sigma P} \quad (5)$$

onde:

Q é a vazão considerada em litros por segundo;

$\Sigma P$  é a somatória de todos os pesos das peças utilizadas alimentadas ao longo do trecho considerado.

Na equação da vazão, desenvolvida para dimensionamento, na equação é considerado a hipótese de máximo consumo provável. Sendo assim considera-se a vazão prevista para todas as peças que funcionam de modo simultâneo.

Na tabela 09, verificam-se as vazões de consumo individual e ainda os pesos equivalentes. As peças utilizadas são planejadas para funcionarem conforme a vazão, que não podem ser inferiores aos valores apresentados na tabela, segundo a NBR 5626.

**Tabela 09: Vazões necessárias em cada aparelho, e seu respectivo peso**

Bacia sanitária	Caixa de descarga	0,15	0,3	
	Válvula de descarga	1,70	32,0	
Banheira	Misturador(água fria)	0,30	1,0	
Bebedouro	Registro de pressão	0,10	0,1	
Bidê	Misturador(água fria)	0,10	0,1	
Chuveiro ou ducha	Misturador(água fria)	0,20	0,4	
Chuveiro elétrico	Registro de pressão	0,10	0,1	
Lavadora de pratos ou roupas	Registro de pressão	0,30	1,0	
Lavatório	Torneira ou Misturador (água fria)	0,15	0,3	
Mictório cerâmico	com sifão integrado	Válvula de descarga	0,50	2,8
	com sifão integrado	Caixa de descarga, registro de pressão ou válvula de descarga para mictório	0,15	0,3
Mictório tipo calha	Caixa de descarga ou registro de pressão	0,15 por metro de calha	0,3	
Pia	Torneira ou Misturador (água fria)	0,25	0,7	
	Torneira elétrica	0,10	0,1	
Tanque	Torneira	0,25	0,7	
Torneira de jardim ou lavagem em geral	Torneira	0,20	0,4	

Fonte: Adaptada de FERNANDES&MARINS, 2010

Abaixo tabela de diâmetros mínimos referentes a peças de utilização segundo Fernandes e Martins (2010). Os diâmetros são considerados na etapa de projeto, caso os limites de cada diâmetro sejam extrapolados deve-se aumentar o diâmetro da tubulação.

**Tabela 10: Diâmetros mínimos referentes a peças de utilização**

Peças de Utilização	DE (mm)	D. Ref. (pol.)
Aquecedor de alta pressão	20	1/2
Aquecedor de baixa pressão	25	3/4
Bacia sanitária com caixa de descarga	20	1/2
Bacia sanitária com válvula de descarga 1 1/4	50	1 1/2
Bacia sanitária com válvula de descarga 1 1/2	50	1 1/2
Banheira	20	1/2
Bebedouro	20	1/2
Bidê	20	1/2
Chuveiro	20	1/2
Filtro de pressão	20	1/2
Lavatório	20	1/2
Máquina de lavar pratos	25	3/4
Máquina de lavar roupas	25	3/4
Mictório de descarga continua ou aparelho	20	1/2
Pia de cozinha	20	1/2
Tanque de lavar roupa	25	3/4

Fonte: Próprios autores. Adaptada de de FERNANDES&MARINS, 2010

Ainda segundo Fernandes e Martins (2010), a tabela abaixo apresenta os limites de vazão para cada diâmetro de tubulação, assim podendo ser verificada a opção segundo o diâmetro mínimo por peça de utilização.

**Tabela 11: Vazões máximas das tubulações**

DE (mm)	D. ref. (pol.)	Vazões máximas
20	1/2"	0,2
25	3/4"	0,6
32	1"	1,2
40	1 1/2"	2,5
50	1 1/4"	4,0
60	2"	5,7
75	2 1/2"	8,9
85	3"	12,0
110	4"	18,0

Fonte: Próprios autores. Adaptada de de FERNANDES&MARINS, 2010

Segundo a NBR 5626 (1998), utiliza-se a fórmula de Fair-Whipple-Hsiao para encontrar a perda de carga por metro de tubulação.

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

onde:

J é a perda de carga para cada metro de tubulação, em quilopascal por metro (Kpa/m);

Q é a vazão estimada na seção considerada, sendo sua unidade de medida (L/s);

D no caso do PEX é o diâmetro considerado após conferência dos cálculos de vazão (mm).

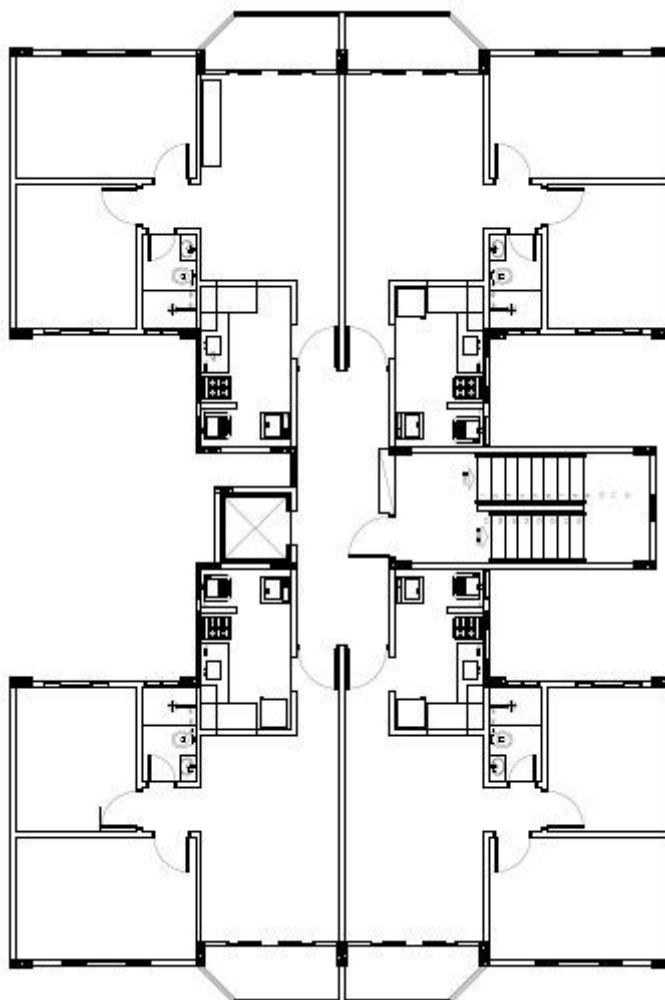
## 4 ESTUDO DE CASO

### 4.1 PROJETO E DIMENSIONAMENTO

O cálculo das redes, assim como o lançamento de entrada de dados, serão realizados através de cálculos realizados por planilha no Microsoft Excel. Já os projetos, assim como os quantitativos foram retirados do arquivo em formato DWG, na plataforma AutoCad.

Para cálculo foi considerado neste trabalho foi considerado um edifício de 06 (seis) pavimentos, cada pavimento com 04 (quatro) apartamentos tipo.

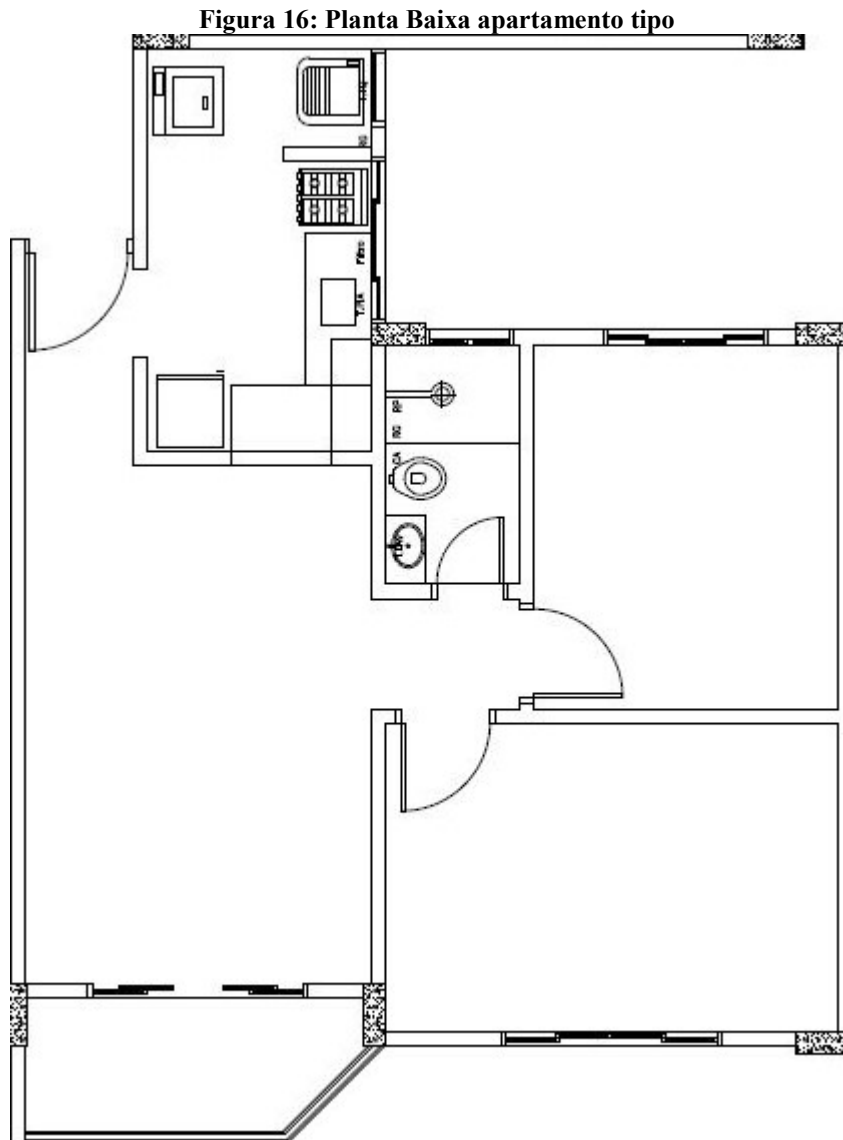
Figura 15: Planta Baixa



Fonte: Próprios autores

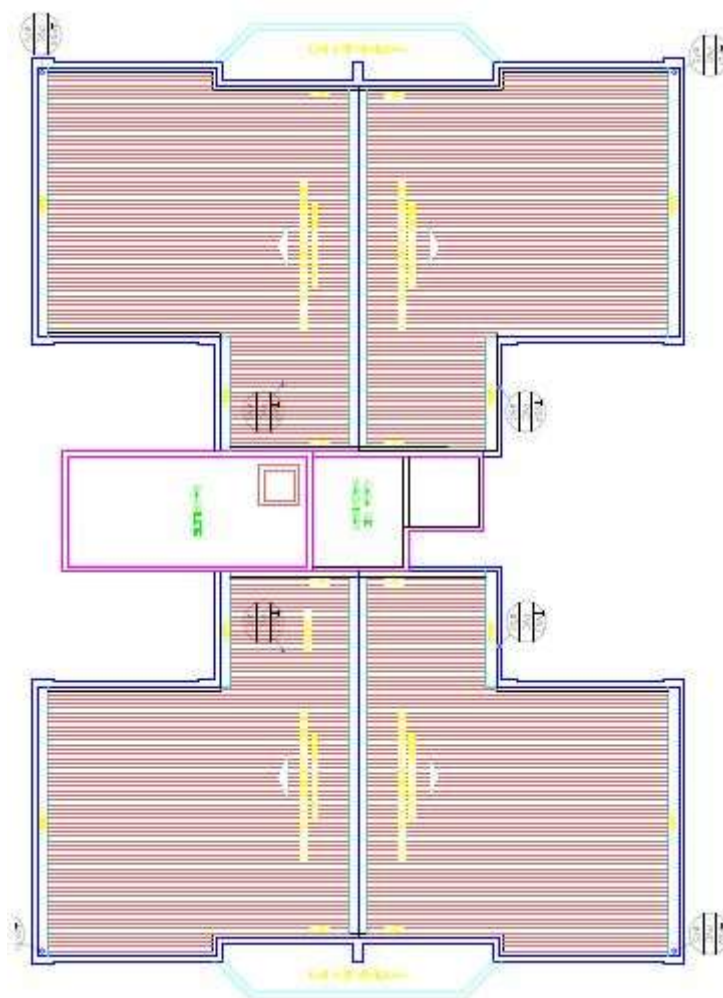
Sendo cada apartamento composto por uma sala de dois ambientes, uma cozinha, dois quartos e um banheiro, dispostos dentro de uma área privativa de 59,20 m<sup>2</sup> por apartamento.

Cada cozinha é conjugada com a lavanderia juntas contando com uma pia, um tanque e uma máquina de lavar que utilizam água. Cada banheiro tem um lavabo, um vaso sanitário e um chuveiro que utilizam água. Destes aparelhos apenas a pia da cozinha, o lavabo e o chuveiro utilizam água quente.



Fonte: Próprios autores

Abaixo tem-se a planta de cobertura, mostrando o local onde as placas coletoras de energia solar para esquentar a água que vai para o boiler são instaladas.

**Figura 17: Planta de Cobertura**

Fonte: Próprios autores

#### **4.1.1 Dimensionamento e Projetos PVC e CPVC**

Primeiramente foram realizados os cálculos para tubulação em água fria e quente nos materiais convencionais (PVC/CPVC) segundo a NBR 5626. Serão explicados primeiramente os cálculos da tubulação de água fria.

Todos os cálculos foram realizados utilizando o roteiro apresentado no item 3.1 deste trabalho, assim como todas as tabelas citadas são encontradas neste mesmo tópico.

Primeiramente foi realizado o cálculo do volume total do reservatório segundo a NBR 5626 para abastecer toda a edificação por um prazo de até 02 dias mesmo havendo uma interrupção no sistema de abastecimento público. Para este cálculo foi utilizado a tabela 02 do item 3.1, assim encontrando um volume baseado no número de pessoas que utilizarão a água do reservatório.

Após cálculo do volume do reservatório, foi realizado o cálculo do peso relativo de cada caminho de tubulação dentro do apartamento seguindo a tabela 03 do item 3.1, que apresenta o valor do peso relativo de cada peça de utilização do trecho, e então é realizado a somatória dos pesos para cada trecho, e utilizando *Ábaco Luneta* já apresentado neste trabalho, observa-se que o diâmetro encaixa-se o peso relativo de cada trecho.

A vazão de projeto não depende (em fórmula) do diâmetro, realizou-se o cálculo da vazão de projeto para um apartamento utilizando a fórmula de vazão da NBR 5626 já citada no item 3.1. Para utilização desta fórmula foram utilizados as somatórias de peso relativo de cada trecho da tubulação.

Com o valor da vazão conhecido e o diâmetro já selecionado foi efetuado o cálculo da perda de carga por metro, no qual foi empregada a fórmula de Fair-Whipple-Hsiao, presente na NBR 5626 e também no item 3.1, onde necessita-se saber o diâmetro selecionado, e a vazão calculada. Após calcular a fórmula em questão, tem-se o valor da perda de carga por metro de tubulação, então multiplica-se este valor pelo comprimento total de tubulação e para identificar as perdas de carga final, deve-se somar o valor encontrado da tubulação com a perda de carga unitária das conexões, tal valor encontrado na tabela 04.

**Tabela 12: Planilha de Cálculo PVC**

<b>Dimensionamento Água Fria - PVC</b>	
Tipo de construção:	Apartamentos
Consumo de	200 Litros/d por pessoa
<b>Forma de calcular consumos diário</b>	<b>96 pessoas</b>
<b>Volume de Reservatório</b>	<b>38.400 Litros</b>
Peso Relativo Tubulação 01	1
<b>Peso Relativo Tubulação 02</b>	<b>1,4</b>
Peso Relativo Tubulação 03	1
<b>Diâmetro de projeto (d)</b>	<b>25 mm</b>
<b>Vazão da tubulação (Q)</b>	<b>0,55</b>
Perda de carga p/ metro(J)	0,71
Metro de tubulação	48,33
<b>Perda de carga total (Jt)</b>	<b>50,62</b>

Fonte: Próprios autores

Finalizados os cálculos do sistema convencional em água fria, foi realizado os cálculos em água quente na tubulação CPVC, por meio de uma planilha na plataforma Microsoft Excel.



Primeiramente foi identificado o sistema de alimentação central privado, pois o sistema empregado na edificação aprestada neste trabalho é utilizada para alimentar aparelhos em diferentes ambientes da unidade.

Como partida para os cálculos foi efetuado a estimativa de consumo diário da unidade, utilizando duas tabelas do item 3.2, sendo a tabela 04 para definir o número de pessoas que utilizarão a água proveniente do boiler, e a tabela 07 como base para consumo por pessoa.

Após calcular a estimativa de consumo para a unidade utiliza-se a tabela 08 para encontrar o boiler baseando-se no consumo encontrado e definindo uma capacidade final para o boiler.

Defindo o boiler a ser utilizado foram efetuados os cálculos de quantidades de placas coletoras que devem ser instaladas utilizando a fórmula apresentada no item 3.2, e então realizar o cálculo final para definir o número de placas, dividindo a área de placas necessária para poder aquecer o volume de água a ser utilizado pela área da placa coletora. Como resultado obteve-se a planilha abaixo.

**Tabela 13: Planilha de Cálculo CPVC**

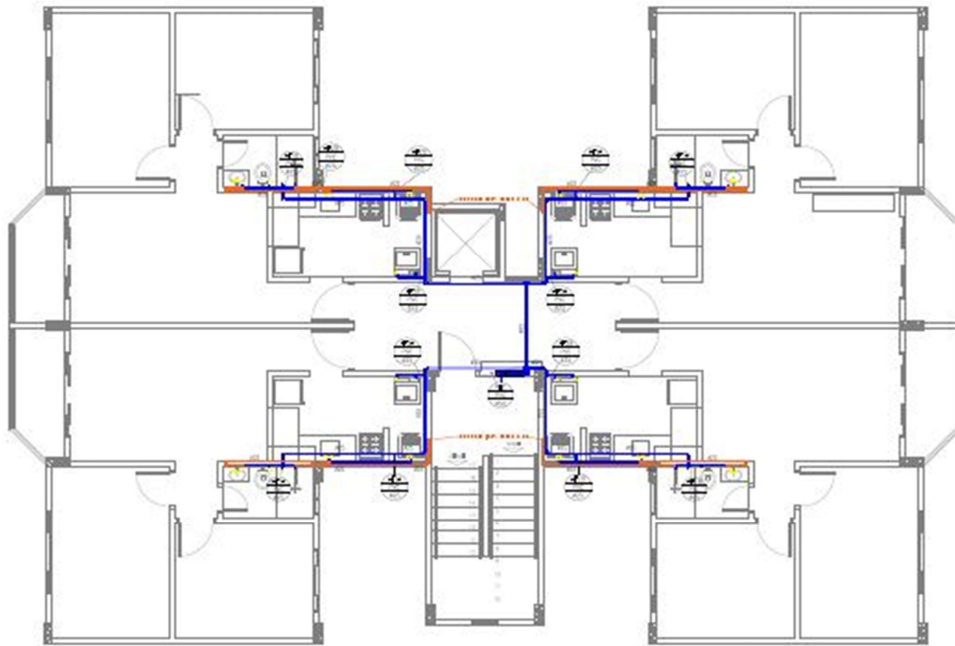
<b>Dimensionamento Água Quente - CPVC</b>	
Tipo de construção:	Apartamento
Consumo de	60 Lt/d por pessoa
Número coef. De consumo	4 pessoas
<b>Consumo diário (litros)</b>	<b>240 Litros</b>
<b>Volume de Boiler recomendado</b>	<b>200 Litros</b>
<b>Potência do Boiler</b>	<b>1,5 Kw</b>
Diâmetro	22 mm
<b>Calor para aquecer Volume (Q)</b>	<b>8000 Kcal</b>
Insolação (I)	4200 Kcal/m <sup>2</sup> /dia
<b>Área necessária de coletores (m<sup>2</sup>)</b>	<b>3,81</b>
<b>Placas por apartamento</b>	<b>2,00</b>

Fonte: Próprios autores

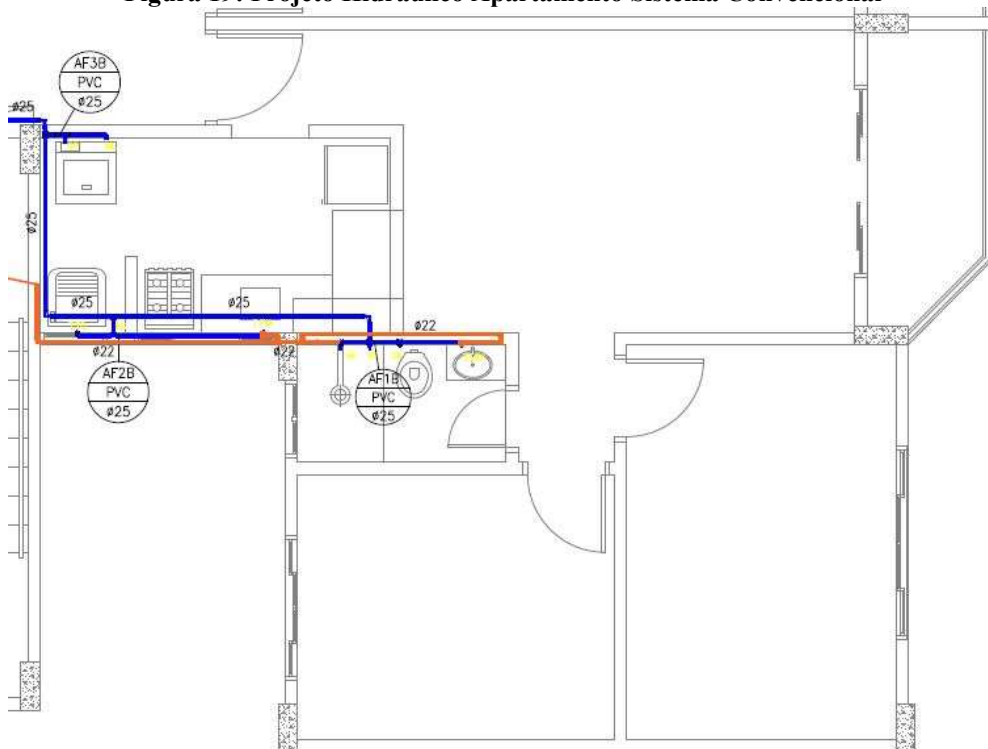
Após finalizar os cálculos do sistema de água fria em PVC e água quente em CPVC foram realizados os projetos no sistema convencional baseando-se nos cálculos acima.

Para melhor compreensão é necessário entender que o projeto foi baseado nos cálculos efetuados, utilizando a cor azul para tubulação em água fria, sendo toda tubulação de tubos de 25 mm, e utilizando a cor laranja para tubulação em água quente, sendo os tubos de 22 mm.

Os projetos serão aprestados na seguinte ordem: primeiramente a planta hidráulica do pavimento tipo, depois a planta de hidráulica do apartamento como unidade utilizada no quantitativo e por último o isométrico em vista dos ambientes molhados.

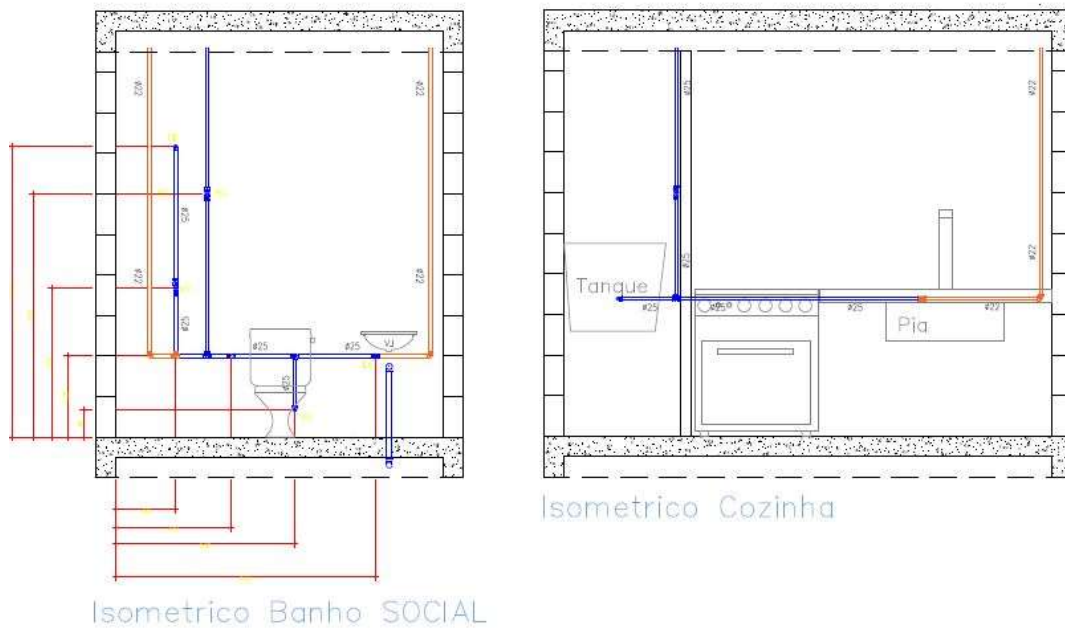
**Figura 18: Projeto Hidráulico Sistema Convencional**

Fonte: Próprios autores

**Figura 19: Projeto Hidráulico Apartamento Sistema Convencional**

Fonte: Próprios autores

**Figura 20: Projeto Isométrico Sistema Convencional**



Fonte: Próprios autores

#### 4.1.2 Dimensionamento em PEX

O sistema em PEX conta com o mesmo material devido suas propriedades permitirem que abasteça peças de utilização com água fria e quente. Os cálculos de PEX foram feito da mesma maneira que o sistema convencional, ou seja, por meio de planilhas na plataforma Microsoft Excel.

Quando se trata de PEX o cálculo de dimensionamento pode ser realizado de maneira igual, as propriedades são as mesmas para os dois sistemas (água fria e quente) pois o tipo de tubo é o mesmo, diferentemente do modelo convencional onde água fria é PVC e água quente o CPVC.

Primeiramente é utilizado a tabela 11 de Fernandes e Martins (2010), presente no item 3.3 para realizar a identificação do diâmetro recomendado para cada aparelho.

Descoberto o diâmetro recomendado para cada peça de utilização, utiliza-se a fórmula da vazão e a tabela 10, ambos presentes no item 3.3, para identificar o peso relativo de cada peça de utilização. Após calcular o peso relativo utiliza-se a fórmula de Fair-Whipple-Hsiao presente da NBR 5626 citada no item 3.3 para calcular a vazão de cada caminho do sistema. Cada caminho abastece apenas uma peça o que determina o peso total da tubulação de cada uma como sendo o próprio peso. O que gerou a tabela abaixo.

Tabela 14: Planilha de Cálculo vazão PEX

Vazão por Peça de Utilização	
Peça de Utilização	Vazão
Chuveiro	0,20 Lts/s
Vaso Sanitário	0,15 Lts/s
Lavabo	0,15 Lts/s
Pia da Cozinha	0,25 Lts/s
Máquina de Lavar Roupas	0,30 Lts/s
Tanque de Lavar Roupas	0,25 Lts/s

Fonte: Próprios autores ; \*: Diâmetros após conferencia de vazões

Após realizar os cálculos e chegar nos resultados apresentados é necessário conferir se os diâmetro suportam a vazão encontrada para cada trecho da tubulações, para isso utiliza-se a tabela 12 do item 3.3 que apresenta as vazões máximas para cada diâmetro de tubulação, tendo ocorrido divergência apenas na Pia da Cozinha que tinha um diâmetro inicial de 20 mm se fosse seguido apenas a tabela de diâmetros recomendados, mas após efetuar o cálculo da vazão foi identificado que a peça tem uma vazão que excede a vazão máxima da tubulação no diâmetro adotado, assim mudou-se de 20 mm para 25 mm.

O diâmetro considerado para tranjeto do manifold inicial para o manifold do banheiro se da por um tubo de 25 mm envolto em um tubo de proteção de 32 mm. Foi utilizado o diâmetro de acordo com a somatória das vazões dos aparelhos presentes no ambiente.

A diferença entre o cálculo para água fria e água quente está apenas nos cálculos iniciais que são realizados da mesma maneira que o convencional, isto é, calculando reservatório, placas coletoras e boilers.

Por fim foi realizado o cálculo da perda de carga utilizando a fórmula de Fair-Whipple-Hsiao presente na NBR 5626 e também no item 3.3. O cálculo foi feito considerando cada um dos dois diâmetros presentes no sistema como um todo, por não ser necessário o uso de conexões apenas a perda de carga de cada tubulação foi considerada. Após todos os cálculos realizados obteve-se as planilhas abaixo.

**Tabela 15: Planilha de Cálculo PEX em Água Fria**

<b>Dimensionamento PEX - Água Fria (por apartamento)</b>		
Tipo de construção:		Apartamentos
Consumo de	200 Lt/d	por pessoa
Número coef. De consumo		96 pessoas
Volume de Reservatório		38400 Litros
Diâmetro Chuveiro*		20 mm
Diâmetro Lavabo*		20 mm
Diâmetro Pia da Cozinha*		20 mm
Diâmetro Vaso Sanitário*		20 mm
Diâmetro Tanque Lava Roupas*		25 mm
Diâmetro Máquina Lava Roupas*		25 mm

Fonte: Próprios autores; \*: Diâmetros após conferencia de vazões

**Tabela 16: Planilha de Cálculo PEX em Água Quente**

<b>Dimensionamento PEX - Água Quente (por apartamento)</b>		
Tipo de construção:		Apartamento
Consumo de	60 Lt/d	por pessoa
Número coef. De consumo		4 pessoas
Consumo diário (litros)		240 Litros
Volume de Boiler recomendado		200 Litros
Potência do Boiler		1,5 Kw
Calor para aquecer Volume (Q)		8000 Kcal
Insolação (I)		4200 Kcal/m <sup>2</sup> /dia
Área necessária de coletores (m <sup>2</sup> )		3,81
Placas por apartamento		2,00
Diâmetro Chuveiro*		20 mm
Diâmetro Lavabo*		20 mm
Diâmetro Pia da Cozinha*		25 mm

Fonte: Próprios autores; \*: Diâmetros após conferencia de vazões

**Tabela 17: Perda de Carga PEX**

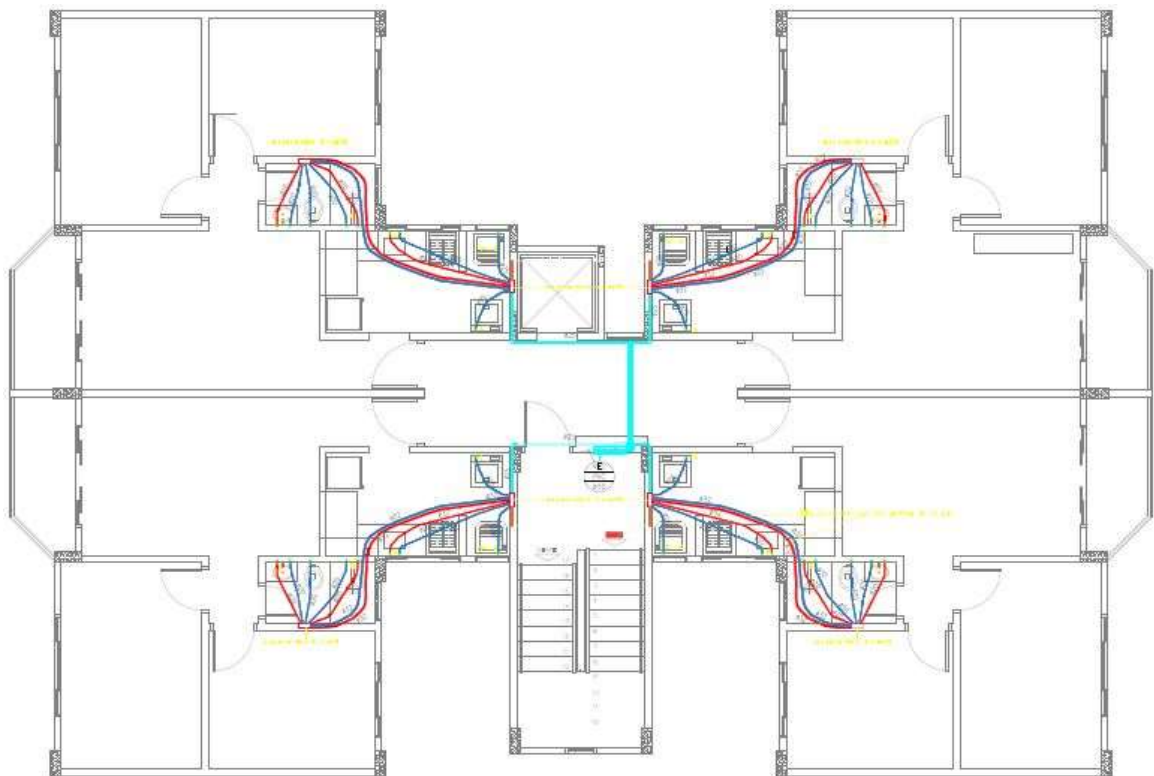
<b>Perda de carga por Diâmetro de Utilização</b>	
Diâmetro Final	Perda de Carga
25 mm	5,61
20 mm	4,47
<b>Perda de carga total do sistema=</b>	<b>10,08</b>

Fonte: Próprios autores ; \*: Diâmetros após conferencia de vazões

O projeto de PEX foi feito baseado nos cálculos já feitos, e foi configurado conforme os autores viram ser o melhor trajeto. Na cor vermelha está identificado os tubos de água quente que saem dos manifolds, na cor azul escura estão identificados os tubos de água fria.

Os projetos serão aprestados na seguinte ordem: primeiramente a planta hidráulica do pavimento tipo, depois a planta de hidráulica do apartamento como unidade utilizada no quantitativo e por último o isométrico.

**Figura 21: Projeto Hidráulico em PEX**



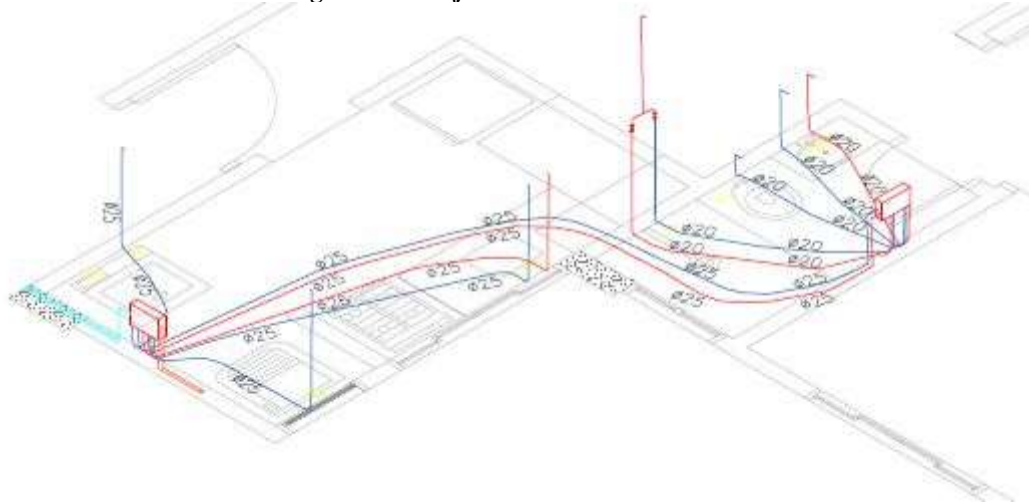
Fonte: Próprios autores

**Figura 22: Projeto Hidráulico Apartamento em PEX**



Fonte: Próprios autores

**Figura 23: Projeto Isométrico em PEX**

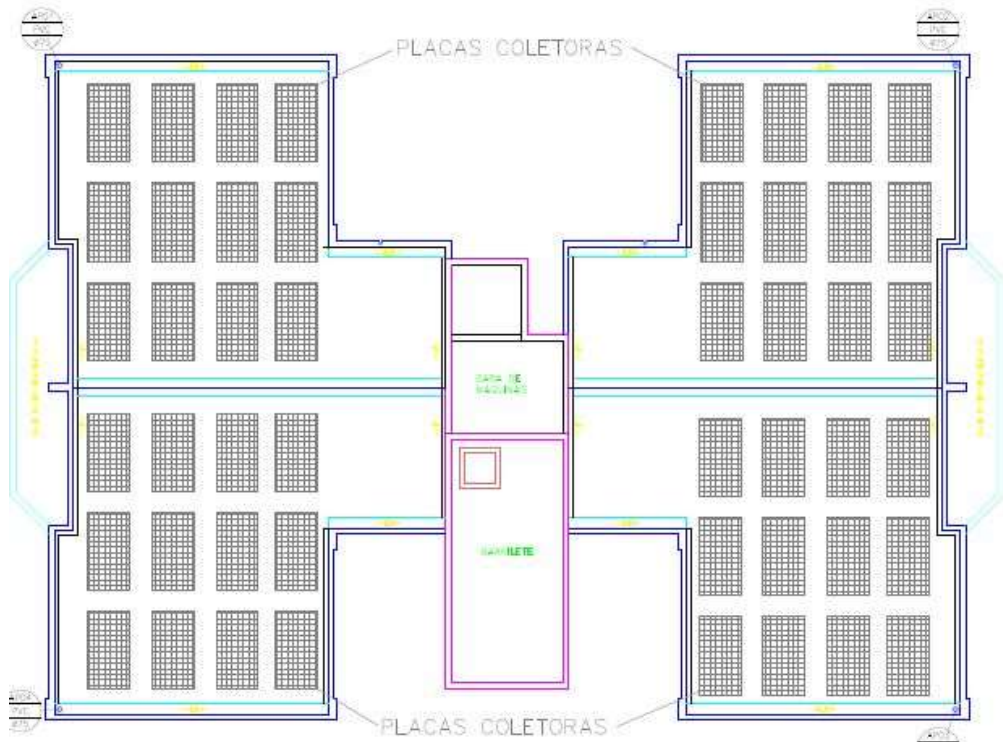


Fonte: Próprios autores

Assim como apresentado nos cálculos, para cada apartamento foram adotadas 2 placas coletoras para aquecer a capacidade hídrica do boiler selecionado, sendo 4 apartamentos por pavimento e um total de 6 pavimentos na edificação, foi constatado nos cálculo e no projeto um total de 48 placas instaladas na cobertura a edificação.

Abaixo têm-se o projeto de cobertura com a representação de como seria a instalação das placas coletoras.

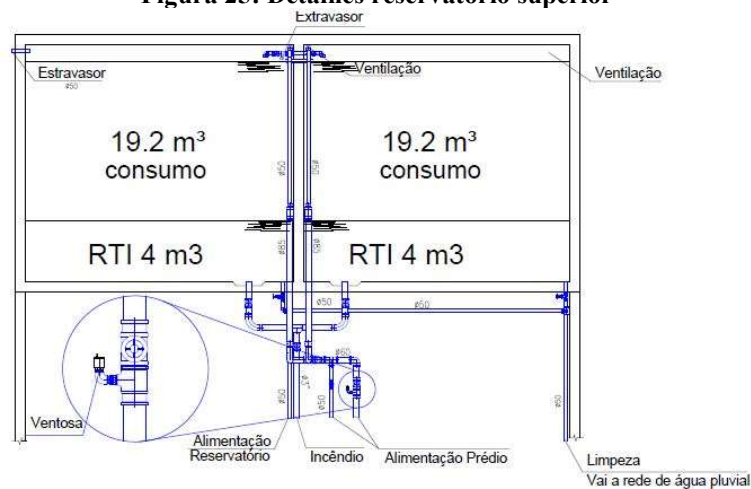
**Figura 24: Planta de Cobertura e Placas Coletoras**



Fonte: Próprios autores

Têm-se também o detalhamento dos reservatório, que acabou optando-se por dois reservatórios de 19,2 m<sup>3</sup> cada. O reservatório, assim como toda a tubulação que antecede o ramal dentro da unidade foram desconsiderados nos quesitos de comparação.

**Figura 25: Detalhes reservatório superior**



Fonte: Próprios autores



## 4.2 LEVANTAMENTO DE DADOS E QUANTITATIVO

Após todos os cálculos serem realizados e os projetos executados foram realizados os levantamentos de quantitativo para realização do orçamento. Primeiro serão apresentados os quantitativos do sistema convencional e depois o sistema em PEX.

No quantitativo foi apresentado apenas o sistema dentro dos apartamentos, pois os elementos reservatórios, tubo de recalque, sistema de bombeamento, barrilete, coluna e ramais (até o acesso para o apartamento) são feitos em sistema convencional, o que não os tornam necessários na comparação entre as duas tubulações.

Realizando-se o levantamento de dados pode-se perceber que para o sistema em PEX o número de itens presentes no projeto são, em quantidade menores do que na tubulação convencional, devido as conexões e registros. Assim como a tubulação do sistema convencional também é maior, devido os trajetos serem limitados.

**Tabela 18: Quantitativo PVC (por apartamento)**

Quantitativo de PVC		
Peças	Quantidade	Und.
Cotovelo 90 25MM	12,00	PÇ
Tê 25 MM	5,00	PÇ
Registro de Gaveta	2,00	PÇ
Registro de pressão	2,00	PÇ
Tubo PVC 25 MM	20,00	Metro

Fonte: Próprios autores

**Tabela 19: Quantitativo CPVC (por apartamento)**

Quantitativo de CPVC		
Peças	Quantidade	Und.
Cotovelo 90 22MM	8,00	PÇ
Tê 22 MM	2,00	PÇ
Registro de Gaveta	1,00	PÇ
Registro de pressão	1,00	PÇ
Tubo PVC 22 MM	17,70	Metro
Registro Misturador	3,00	PÇ

Fonte: Próprios autores

**Tabela 20: Quantitativo PEX (por apartamento)**

<b>Quantitativo de PEX</b>		
Peças	Quantidade	und.
Manifold	2,00	PÇ
Tubo PEX 32 MM	12,00	PÇ
Tubo PEX 25 MM	23,20	PÇ
Tubo PEX 20 MM	13,00	PÇ

Fonte: Próprios autores

## 5 RESULTADOS

Após realizar o levantamento de dados e quantitativo no projeto, e tendo colocados em pauta no item 4.2 deste trabalho, iniciou-se a discussão e comparação entre a forma de execução dos cálculos, dos projetos, dos valores orçamentários para o projeto base deste trabalho, mas também deve-se comentar o importante tópico da execução. Pode -se dizer que os dois sistemas em questão são muito diferentes, logo, primeiramente serão citadas e discutidas as diferenças entre os cálculos, depois em relação aos projetos e enfim serão discutidos as questões orçamentárias, no final serão levantados duas tabelas apresentando as vantagens e desvantagens de cada um dos sistemas.

Os cálculos são parecidos devido a utilização das normas, já que tanto o PVC quanto PEX devem seguir a NBR 5626 para sua execução. Como neste trabalho foram considerados apenas os sistemas dentro de cada apartamento o cálculo de reservatórios e boilers foi o mesmo, mas dentro do que realmente está sendo comparado percebe-se que os cálculos se diferem em apenas alguns pontos. No caso do sistema convencional percebe-se que o cálculo é realizado por trecho, tendo o entendimento que uma mesma tubulação irá alimentar mais de um ponto de utilização em cada ambiente da residência. Já no caso do PEX percebe-se que o cálculo é realizado também por tubulação, mas cada tubulação alimenta apenas um ponto de utilização. Por mais que sejam utilizados as mesmas fórmulas para alguns cálculos, como vazão e perda de carga, estas são empregadas de maneiras diferentes dentro de cada sistema, no quesito de elementos considerados nas fórmulas.

Uma grande diferença encontrada nos cálculos é o valor da perda de carga total, segundo a Tabela 12, podemos observar uma perda de carga no sistema convencional de 50,62. Já no sistema em PEX, a Tabela 17 nos apresenta uma perda de carga de apenas 10,08, mostrando assim que o sistema em PEX foi 80,20% menor que a perda de carga total do sistema convencional, devido a exigência de menos conexões a perda de carga é diminuída drasticamente. Esta característica também demonstra que a água terá mais capacidade de realizar o trajeto.

Outra parte importante a ser citada em relação aos cálculos é o fato de que a perda de carga total no sistema PEX é 5 vezes menor do que a perda de carga total no sistema PVC, devido ao número de conexões presentes no sistema convencional. No sistema PEX tem-se apenas a perda de carga das tubulações já que o sistema não conta com a utilização de conexões.

Quando se trata de projeto a execução é muito diferente, e pode-se observar que o sistema em PEX é mais vantajoso devido sua flexibilidade, por isso o projetista tem mais opções

de trajetos para tubulação, podendo assim fazer um projeto com menos tubos e que atenda todos os pontos de consumo.

O sistema convencional deve respeitar a estrutura já existente por não ser flexível, já o PEX pode ser instalado pela laje inferior o que auxilia a instalação permitindo que a tubulação atravesse paredes e portas. Segundo Brandão (2010) esta característica do PEX torna este material sustentável, devido não gerar muito entulho da obra e suas tubulações serem reutilizáveis.

O sistema PEX também mostra-se superior no tempo de execução, pois suas propriedades físicas permitem que o sistema seja instalado na metade do tempo em relação ao sistema convencional, e isso se dá devido as formas de execução de cada sistema, quando o PEX pode ser instalado por meio de trajetos mais fáceis, o PVC deve ter as conexões realizadas em um prazo para que a solda a frio funcione corretamente.

Abaixo serão apresentados os orçamentos dos materiais utilizados nos sistemas em PVC e CPVC e em seguida do sistema em PEX.

**Tabela 21: Orçamento sistema convencional**

<b>Orçamento Sistema Convencional (PVC e CPVC)</b>				
Item	Quantidade	und.	Preço Unt.	Preço Final
Cotovelo 90 25MM	576,00	PÇ	R\$ 0,54	R\$ 311,04
Tê 25 MM	240,00	PÇ	R\$ 0,88	R\$ 211,20
Registro de Gaveta 25 MM	96,00	PÇ	R\$ 44,99	R\$ 4.319,04
Registro de pressão 25MM	96,00	PÇ	R\$ 10,47	R\$ 1.005,12
Tubo PVC 25 MM	960,00	Metro	R\$ 2,09	R\$ 2.006,40
Cotovelo 90 22MM	384,00	PÇ	R\$ 2,38	R\$ 913,92
Tê 22 MM	96,00	PÇ	R\$ 2,96	R\$ 284,16
Registro de Gaveta 22MM	48,00	PÇ	R\$ 44,90	R\$ 2.155,20
Registro de pressão 22MM	48,00	PÇ	R\$ 46,90	R\$ 2.251,20
Tubo CPVC 22 MM	849,60	Metro	R\$ 9,85	R\$ 8.368,56
Registro Misturador	144,00	PÇ	R\$ 249,00	R\$ 35.856,00
<b>Preço Total=</b>				<b>R\$ 57.681,84</b>

Fonte: Conexão – Conexões elétricas, hidráulicas e informática Proprios autores

Tabela 22: Orçamento sistema PEX

Orçamento Sistema em PEX				
Item	Quantidade	Und.	Preço Unt.	Preço Final
Manifold	96,00	PÇ	R\$ 221,74	R\$ 21.287,04
Tubo PEX 32 MM	576,00	PÇ	R\$ 9,50	R\$ 5.472,00
Tubo PEX 25 MM	1.113,60	PÇ	R\$ 4,72	R\$ 5.256,19
Tubo PEX 20 MM	624,00	PÇ	R\$ 6,50	R\$ 4.056,00
<b>Preço Total=</b>				<b>R\$ 36.071,23</b>

Fonte: Próprios autores

Observa-se acima os orçamentos de cada um dos sistemas adotados com o quantitativo para considerar os 48 apartamentos da edificação. No orçamento foram desconsiderados os reservatórios, sistema de bombeamento, tubo de recalque, barrilete, coluna e o ramal até a parte interior do apartamento, pois como já explicado, não tinham validade comparativa já que os dois sistemas utilizavam os mesmos materiais nestes elementos.

Os materiais utilizados no sistema PEX, apresentaram um custo de R\$ 36.071,23, que foi R\$ 21.610,61 mais barato do que o custo do sistema convencional. Em questões de porcentagem, o custo do sistema PEX representa 63% do valor final do custo no sistema em PVC, ou seja é 37% mais econômico que o sistema convencional. Esta diferença é possível devido ao fato de que o sistema PEX não necessita de vários itens que são indispensáveis no sistema convencional, como por exemplo os registros de gaveta e pressão, que no sistema PEX são substituídos pelo manifold, que desempenha a função destes registros e também de distribuir a água para os tubos que são ligados aos pontos de utilização. As tubulações do PEX por sua vez são mais caras que a do sistema convencional, mas o mercado já vem se adequando as novas tendências. Percebe-se que a principal diferença está no sistema obrigatório de misturador presente no sistema convencional.

Um ponto importante que não observa-se acima é a execução dos sistemas, que por sua vez tem uma diferença significativa, já que o PVC não necessita de mão de obra especializada e sua instalação se dá por meio de soldas a frio feitas com cola e todos os seus materiais e itens para instalações são encontrados facilmente no mercado, por ser considerado o sistema convencional de abastecimento hidráulico. Já no sistema em PEX deve-se ter mão de obra especializada devido as particularidade no momento da instalação e manuseio das ferramentas próprias para execução do serviço. Uma grande desvantagem do sistema PEX é a dificuldade de encontrar o material, e o desgaste da necessidade de fretes ou compras na

internet que possam chegar erradas na obra. Vale ressaltar que o sistema PEX apresenta-se mais vantajoso quando tem-se sistema de água quente e fria.

Abaixo serão apresentadas duas tabelas, uma citando as vantagens e desvantagens do PVC e outra citando as do PEX.

**Tabela 23: Vantagens e Desvantagens Sistema Convencional**

<b>Sistema Convencional (PVC e CPVC)</b>	
Vantagens	Desvantagens
Não necessita mão de obra especializada	Custo elevado devido ao número de peças
Materiais de fácil acesso	Número de trajetos dentro da unidade limitados
Pode constituir todos os elementos do sistema	Risco de vazamento nas conexões

Fonte: Próprios autores

Como já mencionado as vantagens do sistema convencional estão na mão de obra que não precisa ser especializada, já que é um material conhecido no mercado entre os atuantes da área. O material é de fácil acesso, podendo ser encontrado em lojas menores de diversos municípios, por ser o mais utilizado e de mais simples execução. E o último ponto destacado nesse sistema é o sistema convencional poder constituir todos os elementos da instalação desde o tubo de recalque e sistema de bombeamento até as colunas de distribuição.

Antes de mencionar as desvantagens é importante ressaltar que foram avaliados os sistemas de acordo com o projeto em questão.

O sistema convencional apresenta desvantagens na questão econômica devido ao custo de peças que são indispensáveis, e no caso do misturador apresenta um valor elevado. Outra desvantagem ressaltada é a limitação de trajetos dentro da residência, por ser um sistema rígido deve-se respeitar a estrutura já existente. Por último é importante destacar é o alto risco de vazamento devido as diversas conexões do sistema.

Para os sistemas em PEX tem-se como vantagem o baixo custo por não necessitar utilização de conexões devido a flexibilidade do material. Os trajetos que ligam os ramais até os pontos de utilização são ilimitados devido o material ter propriedades que auxiliam a criatividade do projetista. Por último e muito importante é a questão dos vazamentos que enquanto no sistema convencional o risco é alto, no PEX as chances de ocorrer vazamentos são

muito pequenas pois é uma tubulação que não necessita conexões, e devido esta propriedade a tubulação não tem “interrupções”.

Como desvantagem pode-se iniciar citando a mão de obra que necessita ser especializada, pois o sistema em PEX necessita manuseio de ferramentas especiais no momento da execução, o que é outra desvantagem do sistema em relação ao convencional, já que o convencional não necessita nenhuma ferramenta. Por último e não menos importante tem-se a desvantagem que ainda faz com que o PEX seja pouco utilizado, que é a indisponibilidade do material dentro do mercado, sendo que normalmente deve ser adquirido direto com fabricante por compras via internet ou telefone, sendo que o sistema convencional é encontrado nas menores lojas de qualquer município.

**Tabela 24: Vantagens e Desvantagens PEX**

<b>Sistema em PEX</b>	
<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
Baixo custo devido ao número de peças, sendo 37% mais econômico que o sistema convencional	Necessita mão de obra especializada
Trajeto dentro da unidade ilimitados devido a flexibilidade	Necessita de ferramentas próprias para instalação
Menor risco para vazamentos por não possuir conexões no meio dos trajetos devido seu sistema "ponto a ponto"	Materiais não são encontrados facilmente no mercado e dependendo da região apenas por encomenda com fabricante
A perda de carga do sistema é 80,20% menor que no sistema convencional	

Fonte: Próprios autores

## 6 CONCLUSÃO

Com as inovações tecnológicas chegando ao mercado, o profissional deve estar pronto para recebe-las, se adequando e aprendo o máximo para não perder seu espaço. Antigamente um engenheiro podia muito bem trabalhar apenas com o material mais vendido no mercado, mas hoje o mercado está amplo e novos materiais que tem maneiras diferentes de dimensionamento, projetos e diferentes variações de peças a partir de cada situação, o que força o profissional a estar um passo a frente no mercado. Este é o caso da instalação hidráulica, onde os sistemas de tubulações em PEX vem ganhando espaço no mercado, sendo o produto tecnologicamente mais avançado que PVC e também menos conhecido.

Reduzir o tempo de mão de obra em qualquer setor, pode trazer economia, e essa ideologia não é diferente também para a construção civil, onde um material que surge e deixa o processo mais rápido vai, aos poucos, tomando mais espaço. O PVC e o PEX podem tem a mesma velocidade de execução quando o assunto é projetos, já que os dois sistemas envolvem cálculos, e desenhos que possuem suas peculiaridades. Em relação a execução de obra o PEX vem sendo o material com surpreendente evolução, já que reduz o tempo de execução das instalações hidráulicas em até metade do prazo.

Desta forma outro ponto importante é a mão de obra, que para o sistema PEX deve-se ter mão de obra especializada e acima disso necessita que a pessoa que execute a instalação tenha o devido conhecimento das ferramentas a serem utilizadas, diferentemente do sistema convencional onde qualquer profissional pode realizar a instalação, desde que entenda das etapas anteriores a execução.

Quanto a parte econômica pode-se concluir que para o projeto adotado neste trabalho o sistema PEX é 37% mais econômico do que sistema convencional, tal cálculo de mostra que o sistema PEX em comparação ao convencional é um sistema recomendado para instalações que utilizam água quente e fria.

Este trabalho mostrou-se importante para apresentar o sistema PEX como alternativa viável ao sistema convencional de tubulação, e acima de tudo mostrar que o sistema mesmo tendo suas desvantagens deve ser levado em conta ao realizar o planejamento da obra e a decisão pelos materiais e sistemas a se adotar.



## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626: Instalação predial de água fria.** Rio de Janeiro, 1998. 41 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7198: Instalação predial de água quente.** Rio de Janeiro, 1993. 6 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15704:** Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro, 2009.

AMANCO, **Catalogo Linha Super CPVC Flowguard®**, jul. 2016. Disponível em: <<https://www.aecweb.com.br/cls/catalogos/9126/43361/Manual-CPVC-2016-FINALWEB.pdf>>. Acesso em: 02 abr. 18.

ARO, Celso R.; AMORIM, Simar V. **As inovações tecnológicas no processo de produção dos sistemas prediais hidráulicos e sanitários.** I Conferência latino-americana de construção sustentável x encontro nacional de tecnologia do ambiente construído. São Paulo, julho, 2004.

BOHN, Professor Ricardo Adolar **Instalação Predial de Água Quente.** Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/~luis/ecv5644/apostilas/aq.pdf>>. Acesso em: 01 mai. 18.

CALEFFI. Hidráulica - **O dimensionamento das redes hidro-sanitárias**, 2003.

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

EMMETI. **Produtos para Água quente e água fria.** Vídeo informativo (10 min). Com som, legendado, 2011.

FERNANDES, Carlos; MARTINS, Túlio **Sistemas PEX**, 2010. Disponível em <<https://www.passeidireto.com/arquivo/5567069/estudo-de-instalacao-do-sistema-pex>> Acesso em 04 out 2018

GHISI, Eneidir **Instalações prediais de água fria**, 2012. Disponível em <<https://www.passeidireto.com/arquivo/18686533/instalacoes-prediais-de-agua-fria>>

GNIPPER, S. **Dimensionamento do PEX**, 2009. Trabalho não publicado

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

MACINTYRE, Archibald Joseph. **Manual de instalações hidráulicas e sanitárias.** Ed. Guanabara. 1990

NEVES, E. T. **“Curso de Hidráulica”**, Editora Globo, Porto Alegre, 1977

PLASTIC PIPE AND FITTINGS ASSOCIATION. **Design Guide - Residencial PEX Water Supply Plumbing Systems**, 2006.

PALIARI, José Carlos **Método para prognóstico da produtividade da mão de obra e consumo unitário de materiais: sistemas prediais hidráulicos**, 2008. Ed. Rev. São Paulo.

POSSAMAI, Juliana Zanellato **Estudo comparativo entre diferentes tipos de tubulações nas redes de instalações hidráulicas prediais**, Santa Catarina, 2012. Disponível em <<http://repositorio.unesc.net/bitstream/1/1553/1/Juliana%20Zanellato%20Possamai.pdf>>

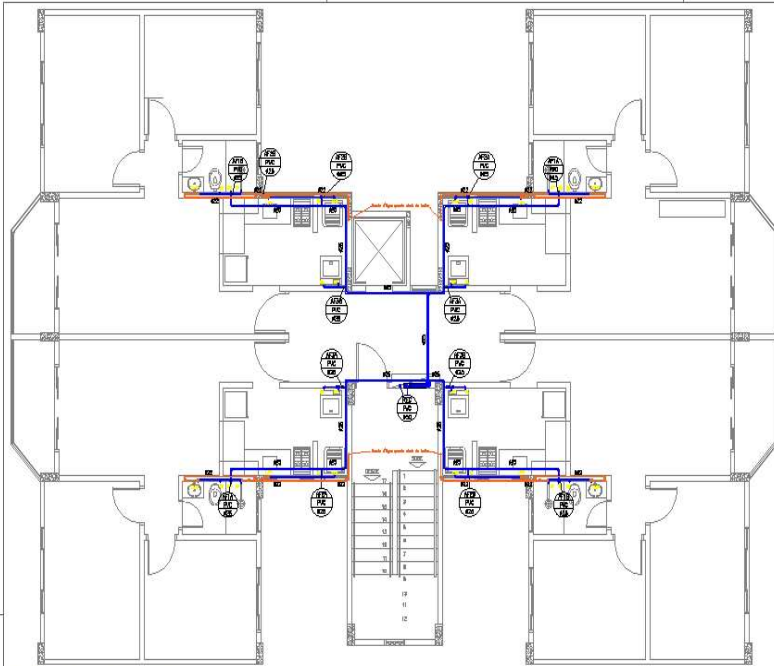
MASSANO, Renato. **Soluções em Hidráulica**, 2009. Disponível em: [www.renomassano.com.br](http://www.renomassano.com.br). Acessado em: 02 maio 2018

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

TIGRE. **Catálogo de Produtos**, Ficha Técnica, 2016. Disponível em: <<https://www.tigre.com.br/themes/tigre2016>>. Acessado em: 13 out. 18.

TIGRE. PEX, **Ficha Técnica**, 2009. Disponível em: [www.tigre.com.br](http://www.tigre.com.br). Acessado em: 25 abril 2018.

VIOLANI, M.A.F. **As instalações prediais no processo construtivo de alvenaria estrutural**. Semin a Ci. Exatas/Tecnol, Londrina, v. 13, n. 4, p. 242-255, dez. 1992. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semexatas/article/download/3197/2678>>. Acesso em: 29 nov. 17.



LEGENDA	
<span style="color: blue;">—</span>	PEX - Água Fria
<span style="color: orange;">—</span>	CPVC - Água Quente

**INSTRUÇÕES DE INSTALAÇÃO**

**MONTAGEM / INSTALAÇÃO:**

**Execução das juntas elásticas:**

- Limpar a zona e a base do tubo e acender o ar de borracha no eixo do tubo;
- Limpar a profundidade do bico na ponta do tubo;
- Aplicar a pasta lubrificante no eixo e na ponta do tubo. Não usar óleo ou graxa, que oxidam e escurecem a zona de borracha;
- Encaixar a parte chumbada do tubo no fundo do bico, recuar sem no caso de canalizações expostas e brim sem canalizações embutidas, tendo como referência a marca previamente feita no ponto do tubo. Esta etapa só é necessária para a instalação de juntas;

**Execução das juntas soldadas:**

- Verificar se a base da conexão e a ponta dos tubos se ligam corretamente limpas. Por meio de uma linha de água, tirar o excesso de água e secar as juntas, obtendo aumento da área de contato da aderência;
- Limpar a superfície a ser soldada com lixadeira limpa, eliminando impurezas e pontas. Observar que o espelho deve ser lizo e plano, sem irregularidades e deformações, não ser arredondado ou chanfrado;
- Distribuir uniformemente o adesivo com um pincel ou a bico de própria borracha na superfície a ser soldada;
- Encaixar os perfis e remover o excesso de adesivo;

**Instalações embutidas:**

- A construção das canalizações deverá permitir fácil acesso para eventual execução de reparos e não deverá interferir na capacidade de estabilidade da construção;
- A tubulação não deverá ficar sujeita a esforços de compressão, devendo existir folgas ao redor do tubo na intenção de evitar danos à tubulação na ocorrência de eventual recalque;

**Instalações aparentes:**

- Passar os tubos com aberturas de 10 mm acima do teto;
- Para o espaçamento entre superfícies deve-se adotar o seguinte critério:
  - Isolamento: igual a 10 vezes o diâmetro da canalização (10D);
  - Verificar sempre um suporte (intercambial) a cada 2m;

**Instalações enterradas:**

- As tubulações devem ser acomodadas em terreno resistente ou sobre base apropriada, livre de detritos ou material pontiagudo;
- O fundo do vale deve ser nivelado e para tanto deve ser regularizado utilizando-se areia ou material equivalente;
- Estender o tubo colocado no seu eixo, preencher lateralmente com material indicado compactando-o manualmente em camadas de 10 a 15cm no sentido e altura correspondente a grandeza superior do tubo;
- Completar a cobertura do material de enchimento de 30cm acima grande superior do tubo. Esta região acima do tubo deve ser compactada somente manualmente;
- O estampo do material do sistema de vale deve ser lançado em camadas sucessivas e compactadas, de tal forma a se obter o mesmo coeficiente de bombeio dos tubos de aço;

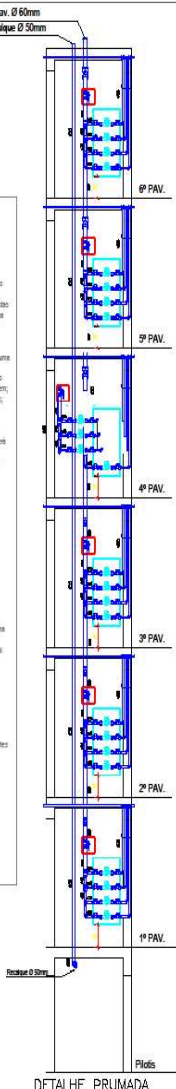
A seguir, uma tabela de profundidade mínima de enterramento de acordo com as cargas:

Material do solo	= 30cm
Pavimento	= 60cm
Tubo de aço	= 60cm
Tubo de plástico	= 1,20m
Formado	= 1,50m

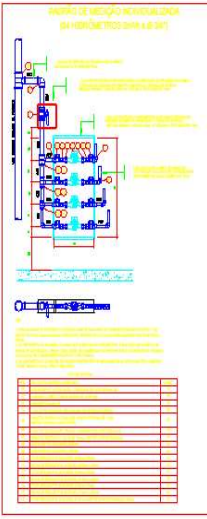
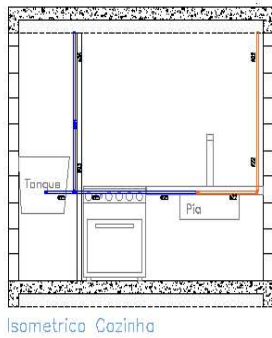
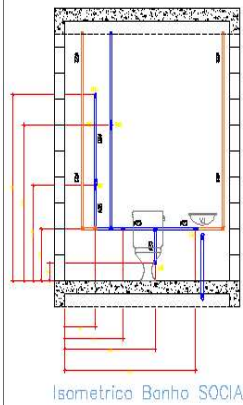
Caso não seja possível executar essas profundidades mínimas, ou se a tubulação estiver sujeita a cargas de rodas, fortes compressões ou, ainda, situada sob áreas edificadas, deverá existir uma proteção adequada, com o uso de tubo ou camadas de concreto que assegurem a ação dessas estruturas sobre a tubulação.

Recomendam-se os seguintes declividades mínimas:

- 2% para tubulações com diâmetros iguais ou inferiores a 75 mm;
- 1% para tubulações com diâmetros iguais ou superiores a 100 mm;



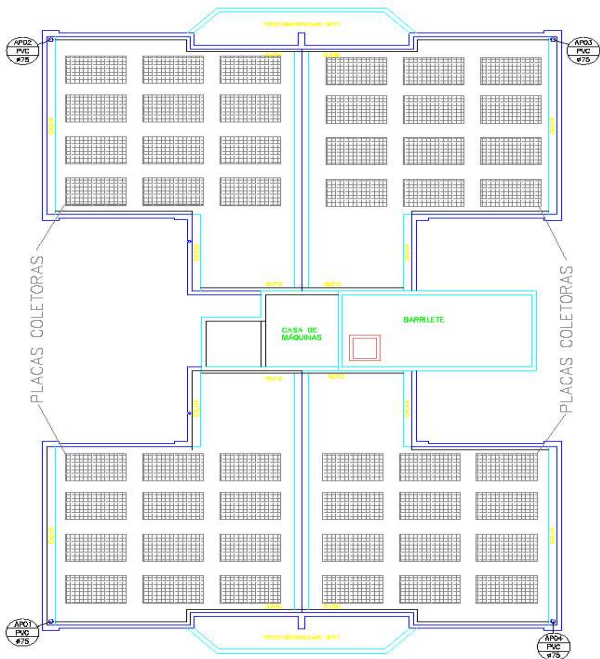
PAV\* TIPO - AGUA FRIA  
ESC. 1:50



DETALHE PRUMADA

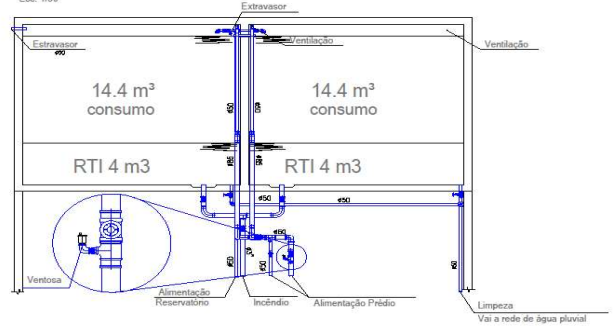
Projeto Referencial e Trabalho de Conclusão de Curso - Engenharia Civil - UNICORGI/UFPA		Data: novembro/2016
Elementos: Projeto de Instalação Hidráulica sistema Convencional / Prumada / Isométrico		Parcial:
Acadêmicos: Luis Felipe Rodrigues Oliveira & Lucas Fernando Pereira Pereira		1 / 3
Orientador: Prof. Agnaldo Antônio	ESC.: Indústrias	
Luis Felipe Rodrigues Oliveira	Lucas Fernando Pereira Pereira	

Esc. Indiciada

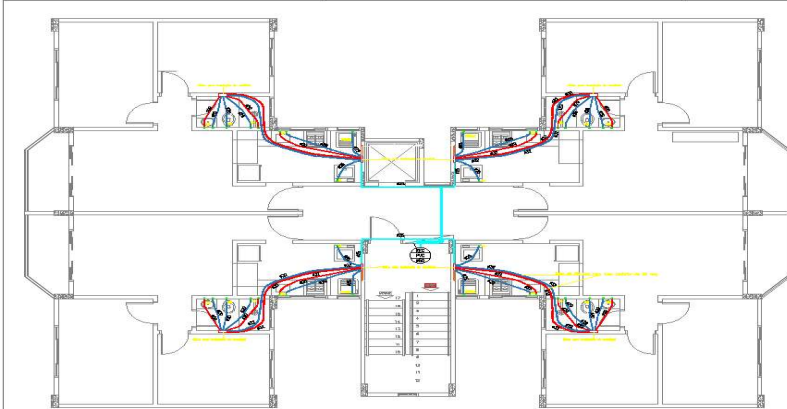





Planta de Cobertura - Placas  
ESC. 1:50

Vista Lateral Reservatório

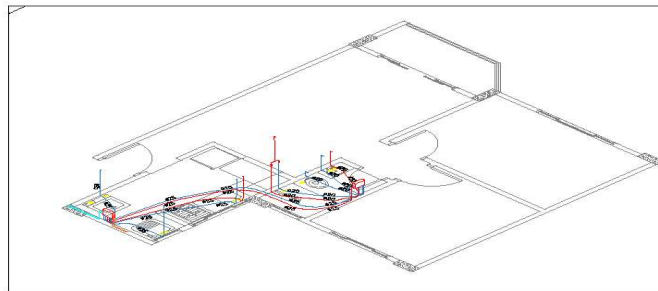


Projeto Robótica e Trabalho de Conclusão de Curso - Engenharia Civil - UnBorgoense		Data: novembro/2019
Cliente: Projeto desenvolvimento de placas solares / Detalhamento de Reservatório		Folha: 2 / 3
Acadêmicos: Lucas Felipe Rodrigues Oller & Lucas Fernando Farias Pereira		
Orientador: Prof. Agnaldo Jordão	ESC.: Instituto	
Lucas Felipe Rodrigues Oller	Lucas Fernando Farias Pereira	



LEGENDA	
	PEX - Água Fria
	PEX - Água Quente
	PVC - Água Fria
	CPVC - Água Quente
	Ponto de Utilização

PAV\* TIPO - INSTALAÇÃO EM PEX  
ESC. 1:50



Projeto Isometrico - Instalações em PEX  
Cozinha e Banheiro

Projeto: Reforma e Trabalho de Conclusão de Curso - Engenharia Civil - UNISANGULIA	Data: novembro/2018
Elementos: Projeto de Instalações Hidráulicas PEX / Isométrico	Plano: 3 / 3
Autores: Luan Felipe Rodrigues Olier & Lucas Fernando Farias Pereira	
Coordenador: Prof. Agrônomo Antônio	ESC. Indade
Luan Felipe Rodrigues Olier	Lucas Fernando Farias Pereira