

Trabalho de conclusão de curso

ASPECTOS ECONÔMICOS E HIDRÁULICOS DA UTILIZAÇÃO DO PEX COMO ALTERNATIVA EM PROJETOS DE INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS PREDIAIS

Caroline Corrêa de Souza

Orientador

Professor Doutor Ramon Lucas Dalsasso

20112



**Universidade Federal de Santa Catarina
Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental**

Caroline Corrêa de Souza

**ASPECTOS ECONÔMICOS E HIDRÁULICOS DA UTILIZAÇÃO DO PEX
COMO ALTERNATIVA EM PROJETOS DE INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS
PREDIAIS**

**Orientador
Professor Doutor Ramon Lucas Dalsasso**

**FLORIANÓPOLIS-SC
Dezembro/2011**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**

**ASPECTOS ECONÔMICOS E HIDRÁULICOS DA UTILIZAÇÃO DO PEX
COMO ALTERNATIVA EM PROJETOS DE INSTALAÇÕES HIDRÁULICA
PREDIAIS**

CAROLINE CORRÊA DE SOUZA

**Trabalho submetido a banca examinadora como
parte dos requisitos para conclusão do curso de
Graduação em Engenharia Sanitária e
Ambiental – TCC II**

BANCA EXAMINADORA:

**Prof. Dr. Ramon Lucas Dalsasso
(Orientador)**

**Eng. Luana Karina Finardi
Empresa AltoQi – Tecnologia Aplicada à
Engenharia**

**Eng. Msc. Bruno Segalla Pizzolatti
Universidade Federal de Santa Catarina**

**FLORIANÓPOLIS-SC
DEZEMBRO/2011**

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me guiar e abençoar durante toda a graduação.

Aos meus pais, João e Margareth, pelo imenso apoio, incentivo e amor dispensado até o presente momento.

A toda a minha família, por sempre estar presente e unida em todas as situações.

Ao meu orientador, Professor Ramon Lucas Dalsasso, pelos conselhos, orientação e paciência.

Aos membros da banca, Bruno e Luana, que contribuíram para o meu aprendizado e crescimento profissional.

As amigas preciosas conquistadas durante a graduação, sempre incentivando, auxiliando e crescendo juntos.

A todos que de alguma maneira contribuíram para a minha formação inicial como uma profissional e pessoa.

RESUMO

Devido a demanda e necessidade do mercado da construção civil, na área de instalações hidráulicas, por novas tecnologias, capazes de tornar a execução dos projetos mais ágil, os fabricantes vem criando novos materiais capazes de se adequar a este mercado. A utilização do PEX (polietileno reticulado) vem para suprir esta demanda, visto que, este possui uma instalação mais rápida. Porém, este trabalho vem para verificar através dos aspectos econômicos e hidráulicos, a utilização do PEX em substituição aos materiais convencionais, como o PVC e CPVC nas instalações hidráulica predial. Foi utilizado para efetuar o projeto um edifício com uma Cobertura e três pavimentos Tipo, em que foi efetuado um projeto utilizando o PEX como material principal, e um outro projeto utilizando o PVC para a instalação de água fria e o CPVC para instalação de água quente. Para a comparação econômica foi considerado os custos com materiais (tubos e conexões) utilizados na obra, empregando para a otimização econômica uma adaptação do Método PNL 2000. Através desta comparação, se verificou que a instalação utilizando o sistema PEX ponto a ponto, ainda é mais dispendiosa com relação aos tubos e conexões utilizados na instalação com PVC e CPVC. Para efetuar a comparação hidráulica, foi levado em consideração os valores resultantes de pressão nos aparelhos hidráulicos, demonstrando também que a instalação efetuada com o PEX obteve uma maior perda de carga no seu percurso, resultando em uma pressão menor nos aparelhos se comparado a instalação utilizando o PVC e o CPVC.

Palavras-chave: Instalação hidráulica; Polietileno reticulado; Cloreto de polivinila; Policloreto de Vinila Clorado.

ABSTRACT

Because the demand and necessity of the construction market in the area of plumbing, for new technologies that make the implementation of projects more agile, manufacturers is creating new materials able to adapt to this market. The use of PEX has to meet this demand, since it has a faster installation. However, this work has to scan through hydraulic and economical aspects, the use of PEX in place of conventional materials such as PVC and CPVC hydraulic building premises. Was used to make the project a building with three floors and a cover, in which a project was carried out using PEX as the main material, and another project using PVC for the installation of cold water and CPVC for hot water supply. For the economic comparison was considered the costs of pipes and fittings used in the work, employing economic optimization for an adaptation of PNL Method 2000. Through this comparison, it appears that the installation using the PEX-to-peer system, it is still more expensive in relation to pipes and fittings used in the installation of PVC and CPVC. For comparison hydraulics, was taken into account the resulting values of pressure in the hydraulic equipment, also demonstrating that the installation of PEX got done with a greater loss in its path, resulting in a lower pressure compared to the devices installed using PVC and CPVC.

Keywords: Hydraulic installation, crosslinked polyethylene, polyvinyl chloride, Chlorinated Polyvinyl Chloride.

Sumário

1.	Introdução.....	11
2.	Objetivos.....	12
2.1.	Objetivo Geral	12
2.2.	Objetivos específicos.....	12
3.	Justificativa.....	12
4.	Revisão Bibliográfica	13
4.1.	PVC rígido soldável	13
4.1.1.	<i>Características gerais</i>	13
4.1.2.	<i>A Instalação</i>	14
4.1.3.	<i>Tubos e conexões</i>	16
4.2.	CPVC – Policloreto de vinila clorado	18
4.3.	PEX.....	19
4.3.1.	<i>Composição</i>	20
4.3.2.	<i>O sistema PEX ponto a ponto</i>	21
4.3.3.	<i>Conexões e acessórios</i>	22
4.3.4.	<i>Montagem</i>	25
4.4.	Tipos de registros e suas funções	28
4.4.1.	<i>Registro de pressão</i>	28
4.4.2.	<i>Registro de gaveta</i>	28
4.5.	Ligações entre água quente e água fria.....	29
4.5.1.	<i>Chuveiro</i>	29
4.5.2.	<i>Torneiras</i>	29
4.6.	Dimensionamento.....	30
4.6.1.	<i>Materiais convencionais (PVC, CPVC, Cobre, etc)</i>	30
4.6.2.	<i>Sistema PEX ponto a ponto</i>	34
4.6.3.	<i>Expressão geral das perdas localizadas</i>	36
4.7.	AltoQi Hydros V4 R11	38
4.8.	Dimensionamento econômico – Método PNL2000	39
4.8.1.	<i>Primeira etapa</i>	39
4.8.2.	<i>Segunda etapa</i>	40
5.	Metodologia.....	41
5.1.	Concepção e Local para lançamento das redes hidráulicas utilizando os materiais convencionais.....	41
5.1.1.	<i>A edificação</i>	41
5.2.	Lançamento utilizando os materiais convencionais	44
5.2.1.	<i>Pavimento Cobertura</i>	44
5.2.2.	<i>Pavimentos Tipo 1, Tipo 2 e Tipo 3</i>	45
5.3.	Lançamento utilizando tubulações PEX.....	45
5.3.1.	<i>Cobertura</i>	45
5.3.2.	<i>Pavimentos Tipo 1, Tipo 2 e Tipo 3</i>	45
5.4.	Dimensionamento utilizando o coeficiente K para determinação das perdas de carga localizadas.....	46
5.5.	Dimensionamento do sistema ponto a ponto.....	47
5.6.	Dimensionamento do sistema Convencional.....	49
5.7.	Ferramentas para lançamento das redes hidráulicas.....	51
5.8.	Comparação econômica.....	51
5.9.	Comparação entre as perdas de carga nos trechos, pressão nos pontos de utilização.....	58

6.	Resultados e Discussões	59
6.1.	Otimização econômica	59
6.2.	Desempenho hidráulico	60
6.3.	Comparação econômica.....	64
7.	Conclusão e Recomendações	65
7.1.	Comparação econômica.....	65
7.2.	Desempenho hidráulico – Pressão e perda de carga.....	65
8.	Bibliografia.....	66

1. Introdução

Um marco para a sociedade, no que se trata de valorização do indivíduo, foi disponibilizar o acesso a água potável dentro da sua própria residência. Para que tal tecnologia fosse possível, utilizou-se de dois sistemas em conjunto, o sistema de abastecimento de água, que percorre, principalmente, os espaços públicos levando a água até o início da edificação, e em seguida as instalações hidráulicas, responsáveis por distribuir esta água para pontos e ambientes específicos da edificação. O correto abastecimento de água evita que doenças se proliferem, além de trazer mais dignidade a população da região.

Porém, nem sempre a sociedade pode usufruir de tal benefício. De acordo com Landi (1993) o conceito de água corrente é relativamente novo, e está atrelado ao aumento do poder aquisitivo da população.

Ainda de acordo com o autor, pode-se dizer que a história das instalações prediais se inicia na segunda metade do século passado, há aproximadamente 140 anos, embora que somente neste século foram estudados os fenômenos hidráulicos e pneumáticos. Além disso, os principais materiais utilizados para escoamento da água era o chumbo e o cobre.

Através da evolução de pesquisas na área, bem como a preocupação com os aspectos higiênicos, desenvolveram-se novos materiais para serem utilizados nas instalações hidráulicas prediais. Atualmente, o material mais utilizado para instalações hidráulicas de água fria é o PVC rígido. Porém, um outro material que passou a dividir espaço nas instalações hidráulicas é o cobre.

O cobre possui elevada vida útil, porém exige alguns cuidados em específico como a mão de obra especializada para executar sua instalação, alto coeficiente de dilatação e alta condução térmica.

Desta forma, foram apresentados novos materiais no mercado para a utilização nas instalações hidráulicas prediais, como é o caso do CPVC (policloreto de vinila Clorado) e do PPR (polipropileno copolímero randon), cujos custos são menores e possuem semelhante desempenho nos sistemas de água quente.

Um dos mais recentes materiais que vem sendo utilizado, tanto para instalações de água quente ou água fria é o PEX (polietileno reticulado), uma tubulação flexível que dispensa conexões intermediárias.

Desta forma, neste trabalho, será abordada a utilização do PEX em um projeto de instalação hidráulica, comparando este com a utilização dos materiais convencionalmente mais utilizados atualmente, o PVC para instalações de água fria e o CPVC para instalações de água quente.

2. Objetivos

2.1. *Objetivo Geral*

O objetivo principal deste trabalho consiste em efetuar uma comparação econômica e de desempenho hidráulico entre a utilização do material PEX multicamada em substituição aos materiais de PVC rígido soldável e CPVC nas instalações hidráulicas prediais.

2.2. *Objetivos específicos*

O trabalho tem por objetivos específicos os seguintes itens:

- Comparar economicamente a utilização, no lançamento da rede hidráulica, os materiais PVC rígido soldável/CPVC e o PEX;
- Comparar o desempenho hidráulico relacionados a perda de carga em ambos materiais;
- Avaliar a pressão nas peças de utilização, através da utilização de ambos materiais.

3. Justificativa

A elaboração do trabalho em questão se dá, pois, para acompanhar a evolução construtiva do mercado e o aumento na demanda por processos mais eficazes e eficientes na construção civil, vêm sendo elaboradas diversas novas tecnologias em materiais voltadas para o setor de instalações hidráulicas. Porém, em alguns casos tais materiais podem ser vantajosos somente se considerados apenas alguns aspectos construtivos, ou então em casos construtivos muito específicos.

Portanto, o trabalho será desenvolvido com o intuito de avaliar, levando em consideração aspectos construtivos e econômicos, a real valia da substituição de um material já consolidado no mercado e que se adequa as suas necessidades, o PVC rígido soldável e o CPVC, pelo PEX, um novo material que atualmente ainda não é utilizado como a solução preferencial pelos profissionais em projetos de instalação hidráulica.

Serão levados em consideração os aspectos construtivos e de dimensionamento, em construções de alvenaria. Desta forma, poderá ser avaliado se este possui grande vantagem sobre o PVC rígido soldável e o CPVC, bem como demonstrado em quais situações este poderá se sobressair.

4. Revisão Bibliográfica

4.1. PVC rígido soldável

O Cloreto de Polivinila (PVC) é um dos plásticos mais versáteis e mais utilizados atualmente, de acordo com Dacarto Benvic (2011). Ainda segundo o autor, foi somente em 1912 que Fritz Klatte descobriu a base para a produção industrial do PVC.

O PVC pode ser utilizado para diversos fins, como em cabos elétricos, garrafas, tubos, conforme ilustrado pela figura 1, e conexões e demais usos, porém 65% da produção deste termoplástico é destinado ao setor da construção civil (AECweb,2011).

Na construção civil, as instalações hidráulicas de água fria possuem como principal segmento a solução com a utilização do PVC (Entrevista – Revista Construção mercado). Atualmente, a demanda pela sua utilização ainda é superior a utilização de qualquer outro material no que se trata de instalação hidráulica de água fria residencial, já que este produto apresenta segurança e facilidade de instalação (SALGADO, 2010).

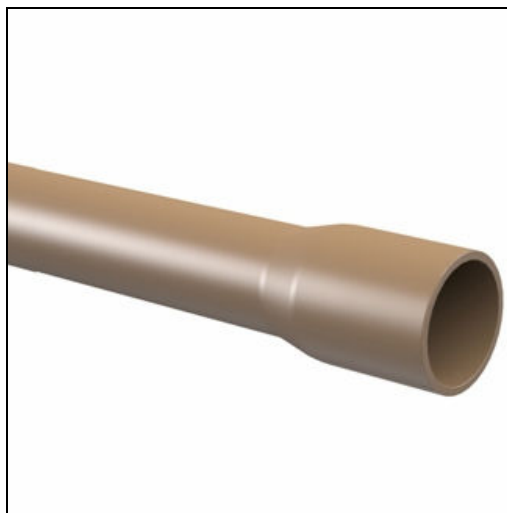


Figura 1: PVC rígido soldável marron – água fria (Fonte: Tigre)

4.1.1. Características gerais

Como já mencionado anteriormente, nas instalações hidráulicas, o PVC tem por função conduzir a água em temperatura ambiente, em geral até um determinado ponto de utilização (TIGRE, 2009).

Ainda de acordo com a fabricante Tigre, ele segue a norma de referência NBR 5648/77, que trata a respeito do tubo de PVC rígido para instalações prediais de água fria.

Os tubos e conexões de PVC utilizados nas instalações de água fria são próprios para instalação em paredes e alvenaria, e quando instalados em áreas externas estes devem ser feito em locais cobertos, pois o material é pouco resistente a radiação ultravioleta, provocando a perda da cor e o ressecamento. Estes devem ser fabricados para suportar uma pressão de 750 Kpa (7,5 kg/cm²) ou 75 mca (Salgado, 2010).

Os principais benefícios da utilização deste material, de acordo com a Tigre e Salgado (2010;2011) são: a facilidade de instalação, a boa resistência a produtos

químicos e a corrosão, além de possuírem pouca rugosidade, acarretando em uma baixa perda de carga nas instalações se comparado a outros materiais.

4.1.2. A Instalação

As tubulações e conexões em PVC podem ser fornecidas em dois tipos: soldáveis e roscáveis.

De acordo com Salgado (2010), as tubulações soldáveis são fabricadas em geral na coloração marrom, e utilizam um adesivo (cola) especial para efetuar a união entre os tubos e conexões. Em geral, este sistema é o mais empregado atualmente em instalações hidráulicas prediais. As conexões da linha soldável, podem ser fornecidas nas seguintes formas: ambos os lados soldáveis, como mostra a figura 2 (a), com um lado soldável e o outro com rosca (b), e por último, um lado soldável e o outro com rosca e bucha de latão.



Figura 2: Conexões da linha soldável (Fonte: Tigre)

As tubulações e conexões roscáveis geralmente são fornecidas na cor branca e possuem paredes mais espessas. As conexões entre os tubos e peças são feitos através de roscas e do sistema ponta e bolsa. De acordo com Salgado (2010), este tipo de tubulação é geralmente utilizada em instalações provisórias, ou que necessite de diversas mudanças ou deslocamentos, facilitando a sua manutenção, devido ao sistema de rosqueamento.



Figura 3: Tubo PVC rígido roscável (Fonte: Tigre)

Ambos tipos de tubos, soldáveis e roscáveis, são fornecidas no comprimento 3 ou 6 metros e possuem as seguintes dimensões comerciais:

- PVC soldável (mm): 20, 25, 32, 40, 50, 60, 75, 85 e 110.
- PVC roscável (polegadas): $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$, 1, $1\frac{1}{4}$, $1\frac{1}{2}$, 2, $2\frac{1}{2}$, 3 e 4.

Em geral, em edificações residenciais, os diâmetros das tubulações não ultrapassam os 50 mm.

No Quadro 1, é apresentado a equivalência entre os tubos soldáveis e roscáveis.

Quadro 1: Equivalência dos diâmetros entre tubos soldáveis e roscáveis





Diâmetros nominais (DN)	
Milímetros (mm)	Polegadas (")
20	$\frac{1}{2}$
25	$\frac{3}{4}$
32	1
40	1 $\frac{1}{4}$
50	1 $\frac{1}{2}$
60	2
75	2 $\frac{1}{2}$
85	3
110	4

De acordo com a fabricante Tigre, para efetuar a montagem dos tubos e peças utilizando o PVC rígido soldável, deve-se inicialmente lixar as superfícies a serem soldadas, através de uma lixa própria para esta finalidade.

É importante ressaltar a necessidade de utilizar o adesivo, para que o encaixe seja bastante justo, para estabelecer a soldagem.

Em seguida, deve-se limpar a região lixada com uma solução limpadora, para retirada de impurezas e gorduras. Por último, aplica-se uniformemente o adesivo nas bolsas e nas pontas a serem soldadas, e encaixam-se as peças a serem soldadas com leves movimentos de rotação entre as peças, até que atinjam a posição correta. Segue abaixo, figuras ilustrativas presentes no quadro 1, mostrando cada etapa da instalação utilizando o PVC rígido soldável (TIGRE, 2011; AMANCO, 2011).

Quadro 2: Processo de montagem do PVC rígido soldável










1) Lixar a superfície a ser soldada.	
2) Limpar a região lixada com uma solução limpadora.	
3) Aplicar uniformemente o adesivo nas bolsas e nas pontas a serem soldadas.	
4) Encaixe perfeito das peças, com leves movimento de rotação.	








Fonte: Catálogo predial Amanco, 2011.

4.1.3. Tubos e conexões

Segue no quadro 3, alguns exemplos de peças utilizadas nas instalações de água fria da linha soldável (SALGADO, 2010; TIGRE, 2011; AMANCO; 2011).

Quadro 3: Conexões PVC rígido soldável

Conexões para reservatórios	
Adaptador para caixa d'água	
Conexões soldáveis para desvio de direção sem redução	
Joelho 90 soldável	
Joelho 45 soldável	
Curva 90 soldável	
Te soldável	
Conexões soldáveis para redução de diâmetro	
Bucha de redução soldável curta	
Bucha de redução soldável longa	
Joelho de redução 90 soldável	
Te de redução soldável	

Conexões LR para ligação de aparelhos, equipamentos e registros	
Luva soldável e com bucha de latão	
Luva soldável e com rosca	
Joelho 90 soldável e com bucha de latão	
Joelho 90 soldável e com rosca	
Te soldável e com rosca	
Te soldável e com bucha de latão	
Conexões para emendas de tubos	
Luva soldável	

Fonte: Tigre, 2011.

4.2. CPVC – Policloreto de vinila clorado

O CPVC é desenvolvido pela empresa Tigre, e possui como principal objetivo a condução da água em instalações prediais de água quente (TIGRE, 2011). O Policloreto de Vinila Clorado é capaz de suportar uma pressão de serviço de 60 m.c.a. e conduzir a água a 80°C (TIGRE, 2011).

De acordo com Salgado (2010), este produto vem substituindo cada vez mais o cobre em instalações hidráulicas de água quente, pois possui elevada capacidade de reter o calor, dispensando o uso de revestimento térmico, exceto em área externas.

De acordo com o prêmio PINI 2011, em que são apresentados os melhores fornecedores da construção civil, o CPVC da Tigre alcançou 54,56% na escolha dos tubos e conexões utilizados para a condução de água quente, seguido pelo PPR e Cobre.



Figura 4: Tubo de CPVC Aquatherm (Fonte: Tigre)





A instalação do CPVC segue os mesmos moldes utilizados para a instalação do PVC rígido soldável, ou seja, após lixadas e limpas, as peças são soldadas através de um adesivo especial (SALGADO, 2010).

De acordo com a Tigre, seus principais benefícios são:

- Facilidade de Instalação: Dispensa equipamentos especiais e mão-de-obra especializada, já que as juntas são soldáveis a frio.
- Bom isolamento térmico
- Durabilidade: Não sofre ataque químico das substâncias da água, evitando oxidações e incrustações que comprometam a vazão do projeto.

Segue abaixo, exemplos de conexões da fabricante Tigre, da linha Aquatherm.

Quadro 4: Conexões em CPVC

Conexões soldáveis para desvio de direção sem redução	
Joelho 90	
Joelho 45	
Curva 90	
Te	

Fonte: Tigre, 2011.

4.3. PEX

A tubulação PEX – Polietileno Reticulado é atualmente no Brasil, o que há de mais moderno no setor de instalações hidráulicas, pois se trata de uma tubulação flexível que pode ser utilizada para diversas finalidades que logo serão citadas (EMMETI 2011; Hydro PEX, 2011).

Esta tecnologia foi primeiramente desenvolvida no continente Europeu, e desde então vem se disseminando por todo o mundo para diversas aplicações. O PEX possui

uma história de aproximadamente 30 anos no mercado Europeu, comprovando a durabilidade e desempenho do material (DESIGN GUIDE, 2006).

Inicialmente, este foi introduzido na América do Norte em 1984 como um duto para aquecimento do piso, e mais recentemente passou a ser introduzido em sistemas hidráulicos residenciais para transporte de água fria ou quente para consumo (DESIGN GUIDE, 2006).

O principal componente da composição do PEX (Polietileno Reticulado) é um polímero de baixa densidade. O bom desempenho do PEX, cujo resultado decorre devido a alta tecnologia de fabricação do polímero, destaca-se principalmente na confiabilidade, durabilidade e segurança do material (DESIGN GUIDE, 2006; Hydro-PEX, 2011).

Ainda de acordo com o manual Design Guide (2006), a indústria do PEX é altamente regulamentada por normas e especificações que definem o controle de qualidade do material. Também se destaca na referencia utilizada, que ainda existem diversas oportunidades para difusão do uso de PEX nas edificações, como é o caso do desenvolvimento de Manifolds, que vem contribuindo para a utilização de tubulações flexíveis.

No Brasil, a norma brasileira do PEX foi publicada em maio de 2011, com a finalidade de disseminar o uso do material nas instalações hidráulicas prediais, e não só nas industriais (Construção mercado, 2011). A NBR 15939/2011 é dividida em três partes: Os aspectos gerais do produto; os procedimentos para projeto; e por último, os procedimentos para instalação (ABNT,2011).

Atualmente ele é comercializado em duas versões, o PEX Monocamada, utilizado para instalações de água fria e o PEX multicamada, utilizado para instalações de água quente. O segundo é mais fortemente utilizado pois, são fabricados com uma camada de alumínio em seu interior, que é separada com o auxílio de um adesivo entres as partes de PEX e o alumínio, absorvendo a expansão térmica e evitando a formação de trincas no tubo (TIGRE, 2009).

Portanto, a diferença do tubo PEX multicamadas para as tubulações tradicionalmente utilizadas nas instalações de água quente e água fria se dá através de sua composição (EMMETI, 2011).

4.3.1. Composição

A tubulação PEX multicamada é composta por 5 camadas principais, conforme apresentado pela figura 5. A primeira camada do tubo é de polietileno reticulado, que efetua a proteção do tubo contra a ação corrosiva do fluido. A segunda camada é um revestimento adesivo especial que garante a adesão entre as camadas do tubo.

Para compor a terceira camada é utilizado o alumínio, esta camada garante a grande resistência ao calor e a pressão do fluido transportado, garante também a flexibilidade para a tubulação de PEX, sem que haja a necessidade de utilizar conexões por todo o trajeto da tubulação, e por último garante a resistência mecânica da tubulação, controlando a dilatação e elevando a temperatura de trabalho para 95 °C, com pressão de 100 metros de coluna d'água. Na quarta camada é utilizado novamente o adesivo especial. Por último, na quinta camada, é utilizado o polietileno reticulado, protegendo o tubo contra a ação de agentes externos, como por exemplo, a água, o ar, o cimento, a terra ou qualquer outra substancia presente onde o tubo for instalado (EMMETI, 2011).

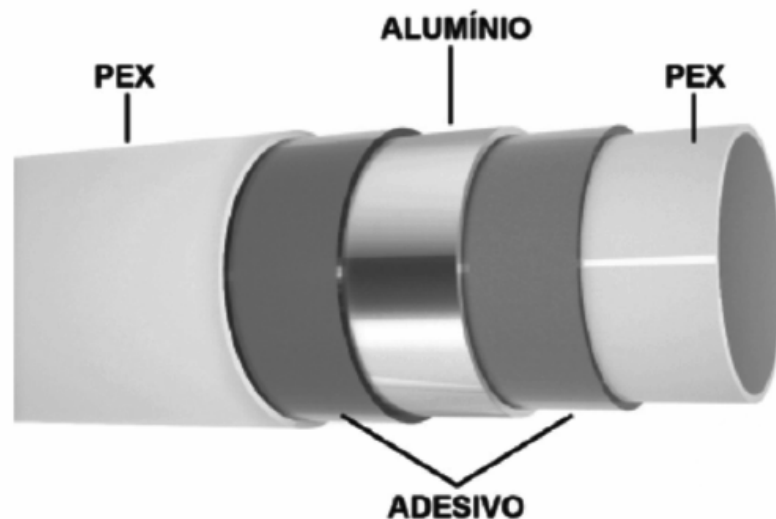


Figura 5: Composição da tubulação PEX Multicamada (Fonte: Especificações técnicas TIGRE)

É devido a sua composição de camadas, que é possível garantir um tubo mais resistente e maleável, tornando a instalação, de acordo com a fabricante Emmeti, rápida, econômica e livre de vazamentos.

De acordo com a empresa Hydro-PEX (2011), além das vantagens de flexibilidade, a empresa afirma que mesmo em trabalho contínuo as tubulações podem ter uma vida útil de até 100 anos. Bem como também, são capazes de suportar pressões de até 12,5 bar. Ainda de acordo com a Hydros – PEX, a tubulação PEX é capaz de suportar temperaturas que variam desde -100°C a 95°C.

4.3.2. O sistema PEX ponto a ponto

O PEX possui uma peculiaridade no que se trata da sua instalação, de acordo com a Hydro-Pex, esta pode ser feita de maneira convencional, ou ponto a ponto por intermédio de um “quadro de distribuição”, onde se destaca o grande diferencial deste sistema para os demais sistemas de instalações hidráulicas.

A distribuição ponto a ponto segue o princípio 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, sem a necessidade de conexões intermediárias (HYDRO-PEX, 2011; EMMETI, 2011).

A figura 6 representa esquematicamente uma instalação hidráulica de água quente, indicada pela tubulação em vermelho, e água fria, representada pela tubulação azul, utilizando o sistema PEX ponto a ponto.

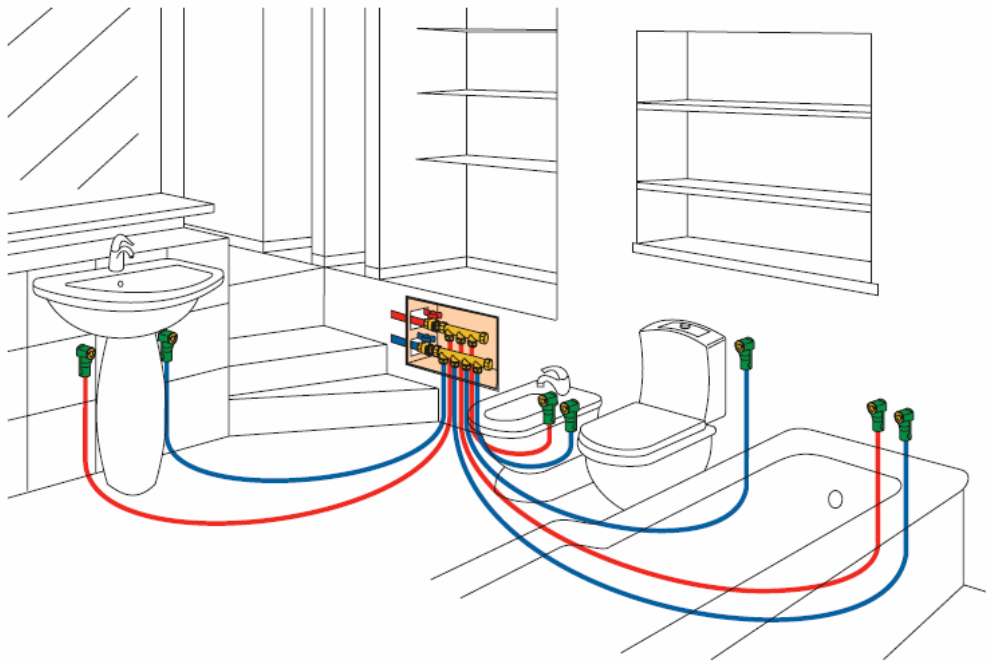


Figura 6: exemplo de instalação utilizando o Sistema PEX ponto a ponto (Fonte: Catálogo Callefi, 2003)

Devido a sua característica de ligação ponto a ponto sem o uso de conexões intermediárias, 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).

4.3.3. Conexões e acessórios

Em alguns casos a instalação do PEX consiste inicialmente em deixar embutido na alvenaria e nas paredes um tubo guia que receberá o tubo PEX. Também existe a necessidade de posicionar no ambiente uma caixa de distribuição, onde geralmente localizam-se os distribuidores, de onde partirão as tubulações PEX até o ponto de consumo (SALGADO, 2010).

Portanto, o sistema PEX é composto pelos seguintes principais componentes (Catálogo Callefi, 2003).

- Caixas de distribuição e distribuidores de água quente e fria, dos quais partem as derivações para as peças de utilização.
- Tubulações PEX, podendo ser inseridas em tubos guias protetores.
- Conexões responsáveis pela ligação entre o aparelho de utilização e a tubulação.

No mercado é possível encontrar as tubulações PEX com os seguintes diâmetros externos: 12 mm, 16 mm, 20 mm, 25 mm, 26 mm, 32 mm e 40 mm. (PEX BARBI, 2011; TIGRE, 2011; EMMETI, 2011; SALGADO, 2010).

- **Caixa de distribuição**

Também chamada de caixa de controle (Figura 7) por alguns fabricantes, ela é o centro de controle de todas as ligações da tubulação PEX, facilitando a manutenção, já que é de fácil acesso (EMMETI, 2011). Esta pode ser fixada em paredes de gesso acartonado ou chumbada diretamente na alvenaria (EMMETI, 2011) e é onde podem ficar localizados os distribuidores.



Figura 7: Caixa de controle ou distribuição (Fonte: Fabricante emmeti)

- **Distribuidores**

Os distribuidores são responsáveis pela distribuição da água para cada ponto de utilização. Estes podem ser simples, ou com válvulas independentes (EMMETI, 2011). Os distribuidores podem ser instalados na caixa de distribuição ou em shafts, no caso de construções verticais (EMMETI, 2011). Os distribuidores existentes atualmente no mercado brasileiro, podem possuir 2, 3, 4 e 5 pontos de saída (EMMETI, 2011; HYDRO – PEX, 2011).



Figura 8: Distribuidores com registro (Fonte: Emmeti)

- **Conexões**

No mercado existem diversos tipos de conexões responsáveis por efetuar a ligação do tubo PEX com os distribuidores e as peças de utilização. Os principais fabricantes atualmente são: a Pex Barbi; a Emmeti; a Tigre; a PEX do Brasil e a Astra.

Ainda existem no mercado dois tipos de conexões para efetuar o engate entre as peças e tubulações, as conexões de roscar ou prensar, ambas garantindo uma conexão precisa, totalmente vedada e sem soldas ou termofusões (EMMETI,2011).

- *Conexões de roscar*

As conexões de roscar são principalmente utilizadas através de conectores ou peças especiais para tal. Em instalações utilizando o sistema ponto a ponto, em geral utilizam-se conectores e joelhos/cotovelos para efetuar a ligação entre o tubo e as peças de utilização (PEX do Brasil, 2011).

A fabricante EMMETI e a PEX Barbi, possuem uma conexão monobloco ou “ix...Press” (como é denominado pelo fabricante e mostrado pela figura 11), respectivamente, como a principal peça deste sistema de roscar. Esta foi criada especialmente para a instalação ponto a ponto. Esta conexão é responsável pela ligação do tubo com as demais conexões necessárias. O monobloco possui uma estrutura resistente e a prova de vazamentos, que através de anéis de vedação no espigão (sistema de dupla vedação) garantem a estanqueidade da ligação com o tubo (Emmeti, 2011).

Como pode ser observado pela figura 9, o primeiro ponto (1) indica a porca externa. O segundo ponto (2) mostra a localização do espigão interno. O terceiro ponto (3) representa o anel para vedação na conexão e o quinto ponto (5) os anéis de dupla vedação interna. Por último, o quarto ponto (4) indica anilha interna.

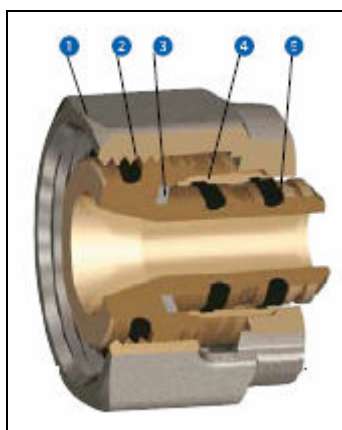


Figura 9: Monobloco (Fonte: Emmeti)

Uma vez acoplado o monobloco ao tubo PEX, a anilha se fecha sobre o tubo, travando e vedando o sistema (EMMETI, 2011).

Para efetuar a instalação utilizando o monobloco, basta encaixar o mesmo na ponta do tubo e em seguida rosquear na conexão desejada. (EMMETI, 2011).

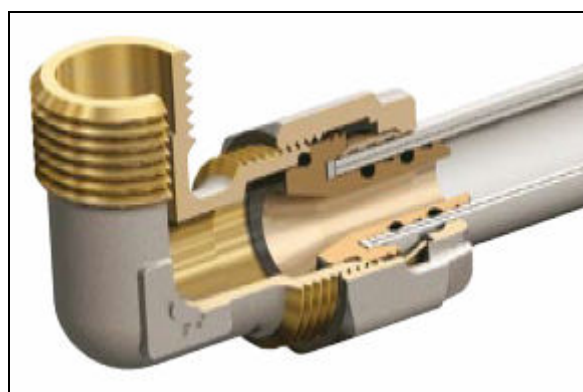


Figura 10: Monobloco ligado a um tubo e conexão (Fonte: Fabricante Emmeti).

Este sistema é semelhante na conexão da fabricante PEX Barbi, em que ao inserir o tubo até o topo da conexão soltando a trava, o anel metálico aplica uma intensa força de compressão que prende o tubo.

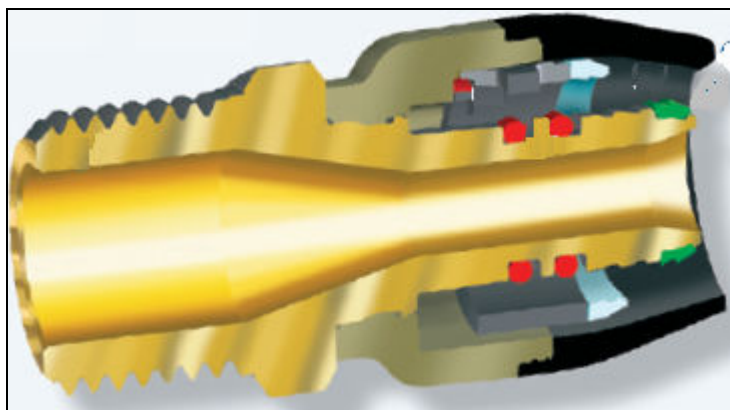


Figura 11: Conexão ix...pess (Fonte: Catálogo técnico Barbi do Brasil, 2011)

- Conexões de prensar

De acordo com a fabricante Emmeti (2011), este sistema geralmente é utilizado para instalações em larga escala. As conexões de prensar possuem uma luva, ou também chamada de anel por alguns fabricantes, que após encaixado o tubo esta luva é ajustada com o auxílio de uma prensa (Figura 12).



Figura 12: Sistema de prensar (Fonte: Catálogo técnico Barbi do Brasil)

A utilização deste sistema evita o uso de conexões em tê, cotovelos nas curvas ou emendas com luvas (EMMETI, 2011).

4.3.4. Montagem

Como já mencionado anteriormente, a instalação ponto a ponto é o que há de mais moderno em instalações hidráulicas atualmente, pois permite que seja efetuado um controle independente para cada ponto de utilização (EMMETI, 2011).

A instalação se dá inicialmente com a chegada da tubulação principal na caixa de distribuição ou caixa de controle. Tal tubulação é ligada a um distribuidor, que fará a distribuição das tubulações PEX ponto a ponto (EMMETI, 2011).

De acordo com os fabricantes já mencionados, a montagem do PEX, cujo procedimento varia em função do tipo de conexão a se utilizar, segue a seguinte ordem.

Inicialmente, deve-se chanfrar o tubo com um calibrador (Figura 13) ou chanfrador, e em seguida inserir o mesmo na conexão e prensá-lo ou não, em função do tipo de conexão que se está sendo utilizada, para efetuar a ligação com o distribuidor.



Figura 13: Calibrador (Fonte: Manual técnico Tigre, 2011)

As curvas do tubo devem ser feitas com o auxílio de um curvador (Figura 14) para evitar que o tubo dobre ou amasse, permitindo que a passagem de água não seja obstruída (EMMETI, 2011).

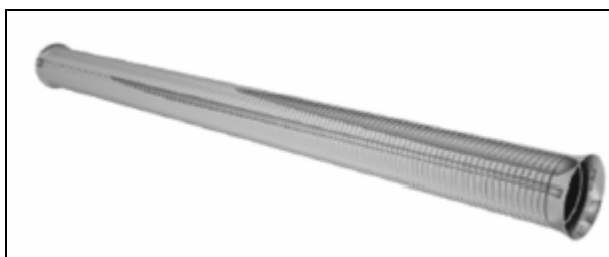


Figura 14: Curvador (Fonte: Manual técnico Tigre, 2011)

Para efetuar a ligação do tubo com o ponto de utilização, deve-se chanfrar novamente a extremidade do tubo (EMMETI, 2011).

No quadro 5 é exemplificado algumas peças que podem ser encontrada atualmente no mercado nacional (EMMETI, 2011; TIGRE, 2011).

Quadro 5: Conexões e Tubos PEX

<i>Conexões</i>		<i>Conexões</i>	
Tubo multicamada		Tê de prensar	
Joelho 90° de roscar		Tê de roscar	
Joelho 90° de prensar		Joelho 45° de prensar	
Luva		Luva de redução	
Conexão fixa fêmea		Conexão fixa macho	
Joelho removível longo		Joelho removível curto	

Fonte: Emmeti, 2011; Tigre, 2011.

A utilização de tubulações PEX possui diversos benefícios de acordo com as especificações técnicas da fabricante TIGRE (2011):

- Barreira de oxigênio: devido a cama de alumínio no tubo multicamada.
- Forma estável: Devido também a alma de alumínio.
- Baixa rugosidade: Proporciona baixa perda de carga ao longo da linha.

- Leveza: Material leve, facilita o transporte, e estocagem e instalação.
- Fornecimento em bobinas: facilita a instalação em grandes trechos sem a necessidade de conexões.
- Menos perda de material na obra: os tubos podem ser cortados em qualquer tamanho sem que sobre pequenos pedaços na obra.
- Baixa perda de calor: baixa condutividade térmica.
- Redução de conexões: devido a sua flexibilidade, as conexões podem ser eliminadas utilizando o próprio tubo para mudanças de direções.
- Alta resistência química e corrosão: suporta a agressão de águas ácidas ou alcalinas sem qualquer alteração.
- Pureza e atoxicidade: não transmite gosto ou odor a água.

Alem de outros benefícios destacados por outros fabricantes, como por exemplo: ausência do risco de vazamentos em conexões, devido a inexistência de conexões intermediárias (HYDRO-PEX, 2011).

4.4. Tipos de registros e suas funções

Os registros têm por finalidade controlar a vazão de água, posicionando o mesmo desde totalmente aberto ou totalmente fechado (SALGADO, 2010). Segue abaixo os modelos de registros que serão considerados no projeto em questão.

4.4.1. Registro de pressão

Os registros de pressão (Figura 15) são utilizados quando é necessário controlar a vazão de água que passará por uma determinada tubulação. Este é comumente utilizado para o controle de água nos chuveiros (SALGADO, 2010).



Figura 15: Registro de pressão (Fonte: Docol, 2011)

4.4.2. Registro de gaveta

Este registro (figura 16) é ideal para utilização como um registro geral, ou seja, é utilizado totalmente aberto, ou totalmente fechado, controlando o fluxo de água que abastece as diversas peças (SALGADO, 2010).



Figura 16: Registro de gaveta (Fonte: Docol, 2011)

4.5. Ligações entre água quente e água fria

Para os aparelhos que receberão a contribuição de água quente e água fria, como chuveiros, lavatórios e etc, para que a água seja utilizada na temperatura desejada é necessário que a água quente seja misturada com a água fria. Esta mistura pode ser feita de duas maneiras, em função do aparelho a ser instalado.

4.5.1. Chuveiro

Em geral, de acordo com Salgado (2010), para chuveiros e duchas utiliza-se uma conexão chamada de Misturador (Figura 17). Este misturador é instalado entre dois registros para regulagem da entrada de água quente e água fria.



Figura 17: Misturador para chuveiro (Fonte: Docol, 2011)

4.5.2. Torneiras

No caso das torneiras, este misturador (Figura 18) é fornecido em um Kit, que compreende a torneira o misturador e o registro.

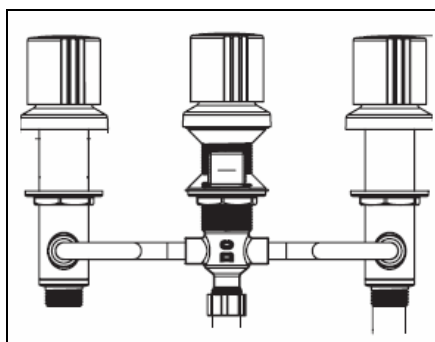


Figura 18: Kit misturador para torneira

4.6. Dimensionamento

Para melhor compreender os principais fatores utilizados no dimensionamento das instalações de água fria, deve-se inicialmente entender os termos mais utilizados nestes sistemas, como a vazão, a pressão, a velocidade e a perda de carga (Salgado, 2010). Segue abaixo os conceitos relativos aos termos já mencionados de acordo com Julio Salgado (2010).

- **Vazão:** A vazão representa a quantidade (volume) de água que escoar em um determinado intervalo de tempo, como por exemplo, L/s ou m³/h são os mais comumente utilizados.
- **Pressão:** A pressão pode ser compreendida como uma quantidade de força (distribuição de peso) aplicada em uma determinada área superficial, cujas principais unidades utilizadas para dimensionamento das instalações prediais são kgf/cm², mca (metros de coluna d'água) e Pa (Pascal). Portanto, em instalações hidráulicas, a pressão hidráulica varia conforme a altura da tomada d'água que alimenta um determinado ponto, ou seja, a altura da caixa d'água.
- **Velocidade:** A velocidade representa uma medida de quanto o líquido se movimento em um determinado intervalo de tempo, tendo sua unidade principalmente representada por m/s.
- **Perda de carga:** A perda de carga representa a resistência que um elemento (neste caso a água) sofre ao se movimentar em um determinado meio, ou seja, para as instalações hidráulicas, esta resistência é gerada pelo atrito da água com a tubulação, curvas e conexões, influenciando diretamente nos resultados de pressão nos pontos de consumo (torneiras, lavatórios e etc).

4.6.1. Materiais convencionais (PVC, CPVC, Cobre, etc)

As comissões de estudo desenvolveram, representadas pelos Comitês Brasileiros e Organismos de Normalização Setorial, a NBR 5626/98 “Instalação predial de água fria”, que tem por principal objetivo estabelecer as exigências e recomendações para a elaboração de projetos e para a instalação e manutenção do sistema predial de água fria (NBR 5626/98).

Encontram-se entre as principais recomendações, a metodologia para dimensionamento do sistema de água fria, estabelecendo valores limites e equações para dimensionamento das tubulações (NBR 5626/98).

A NBR 5626/98 estabelece valores de vazão mínima nos pontos de utilização, conforme representado pelo Quadro 6. Além disso, ela também limita os valores de velocidade na tubulação e pressão nos pontos de utilização, conforme representado abaixo.

Quadro 6: Valores de velocidade e pressão máxima e mínima.

	Máxima	Mínima
Pressão (Kpa)	400	10*
Velocidade (m;s)	3	-

* Na caixa de descarga o valor mínimo de pressão pode chegar até 5 Kpa.

A seguir serão tratados a respeito dos principais elementos para dimensionamento da rede predial de distribuição, conforme recomendado pela NBR 5626/98.

- **Estimativa das vazões**

Para definir a estimativa das vazões, a Norma em questão determina, baseado nas experiências acumuladas nas observações de sistemas semelhantes, que é possível ser adotado o Método da demanda mais provável (método dos pesos).

O método dos pesos estabelece um determinado peso relativo para cada ponto de consumo, baseado na vazão de projeto apresentado no Quadro 7.

Quadro 7: Vazão e peso relativos das peças de utilização

Aparelho sanitário	Peça de utilização	Vazão de projeto (L/s)	Peso relativo
Bacia sanitária	Caixa de descarga	0,15	0,3
Chuveiro ou ducha	Misturador (água fria)	0,20	0,4
Lavadora de pratos ou roupas	Registro de pressão	0,30	1
Lavatório	Torneira ou misturador	0,15	0,3
Pia	Torneira ou misturador	0,25	0,7
Tanque	Torneira	0,25	0,7

Desta forma, para determinar a vazão de um trecho de tubulação, utiliza-se a expressão abaixo, em que ΣP representa o somatório dos pesos relativos as peças nos quais a tubulação em questão alimenta.

$$Q = 0,3 \sqrt{\Sigma P}$$

Onde,

Q = vazão estimada na seção considerada (L/s)

ΣP = somatório dos pesos de todas as peças de utilização alimentadas pela tubulação considerada.

Ainda é possível, dependendo do tipo de estabelecimento a se considerar, utilizar para dimensionamento da rede hidráulica o método do consumo máximo possível, em que ocorre o consumo simultâneo de todos os aparelhos (AltoQi, 2011).

- **Cálculo da perda de carga em tubulações e conexões:**

Para o cálculo da perda de carga nas tubulações, considera-se a perda de carga distribuída, que irá variar em função do material utilizado na tubulação (rugosidade de sua superfície interna), o comprimento, diâmetro e vazão.

Em geral, a Norma recomenda que para determinação da perda de carga unitária, seja utilizada a equação universal, que possui uma maior precisão (Altoqi, 2011). Porém, caso não seja possível, deve-se utilizar o método empírico de Fair-Whipple-Hsiao, conforme representado abaixo.

- Para tubos rugosos (aço carbono, galvanizado ou não):

$$J = 20,2 \times 10^6 \times Q^{1,86} \times d^{-4,88}$$

- Para tubos lisos (tubos de plástico, cobre ou liga de cobre):

$$J = 8,69 \times 10^5 \times Q^{1,75} \times d^{-4,75}$$

De acordo com a AltoQi (2011), os método empírico de Fair-Whipple-Hsiao é normalmente aplicado para tubulações de pequenos diâmetros, em geral variando até 100 mm.

Para determinação da perda de carga localizada, ou seja, uma perda de energia que ocorre durante a passagem da água por conexões, como têis, joelhos, curvas, reduções, alargamentos e demais dispositivos intercalados ao longo da tubulação, pode-se utilizar os comprimentos equivalentes desses tubos. O comprimento equivalente consiste em uma perda de carga produzida através de uma conexão equivalente a uma perda de carga igual à que produziria um certo comprimento de encanamento com o mesmo diâmetro (Porto, 2006).

Em casos em que não é possível determinar o comprimento equivalente, na impossibilidade de prever os tipos e números de conexões que serão utilizadas, deve-se estimar uma porcentagem do comprimento real da tubulação para determinação do comprimento equivalente. Este valor pode estar entre 10% a 40% do comprimento real da tubulação.

De acordo com a Norma 5626/98, para determinação da perda de carga sofrida pelo registro de pressão, deve-se utilizar a seguinte equação:

$$\Delta h = 8 \times 10^5 \times K \times Q^2 \times \pi^{-2} \times d^{-4}$$

Onde,

Δh = Perda de carga no registro (KPa);

K = Coeficiente de perda de carga do registro;

Q = vazão estimada na seção considerada (l/s);

d = diâmetro interno da tubulação (mm).

- **Determinação da pressão disponível**

Para determinação da pressão disponível em sistemas indiretos de abastecimento (com reservatório superior), deve-se tomar como pressão inicial a encontrada na tomada

d'água do sistema, ou seja, no início do reservatório. O dimensionamento deve ser efetuado a cada trecho (entre dois nós), tendo como ponto inicial à saída do reservatório e ponto final a peça de utilização.

A pressão residual deve ser obtida subtraindo da pressão inicial, os valores de perda de carga das tubulações e conexões existentes no trecho a ser considerado. Lembrando que deve-se somar a este valor resultante, o valor de desnível do trecho a montante e jusante, para determinar o valor de pressão residual.

Segue no Anexo 1 a rotina para dimensionamento da rede hidráulica, estabelecida pela NBR 5626/98.

- **Determinação da Perda de carga nos hidrômetros**

A perda de carga nos hidrômetros pode ser determinada através da seguinte equação:

$$\Delta h = (36 \times Q)^2 \times (Q_{\max})^{-2}$$

Onde,

Δh = perda de carga no hidrômetro, em quilopascal;

Q = vazão estimada do trecho a ser considerado em litros por segundo;

Q max = vazão máxima especificada para o hidrômetro, em metros cúbicos por hora.

A vazão máxima especificada para o hidrômetro deve estar de acordo com a tabela apresentada pela NBR 5626, conforme mostra abaixo.

Quadro 8: Determinação da vazão do hidrômetro

Q max (m³/s)	Diâmetro nominal DN
1,5	15 e 20
3	15 e 20
5	20
7	25
10	25
20	40
30	50

Fonte: NBR 5626/98

- **Determinação da perda de carga nos registros**

A norma NBR 5626 preconiza que para registros de fechamento, as perdas de carga podem ser desconsideradas, pois quando totalmente abertos estes não produzem uma perda de carga significativa no sistema. Porém, para registros de utilização (pressão) geram uma perda de carga considerável no sistema.

Desta forma, a perda de carga no registro deve ser determinada através da seguinte equação:

$$\Delta h = 8 \times 10^6 \times K \times Q^2 \times \pi^{-2} \times d^{-4}$$

Onde,

Δh = é a perda de carga no registro, em quilopascal (Kpa);

K = representa o coeficiente de perda de carga do registro (valor determinado pela NBR 10071);

Q = é a vazão do trecho a ser considerado, em litros por segundo (L/s) e;

d = representa o diâmetro interno da tubulação da seção a ser considerada (m).

4.6.2. Sistema PEX ponto a ponto

Os critérios para dimensionamento de uma instalação hidráulica através do sistema PEX ponto a ponto podem variar em alguns aspectos, visto que este não utiliza conexões intermediárias, efetuando as curvas necessárias durante o lançamento com a própria tubulação (Gnipper, 2009).

Porém, para determinação da vazão em cada trecho do sistema e da pressão disponível nas peças de utilização, utilizam-se os mesmos critérios já mencionados anteriormente pelos métodos determinados pela NBR 5626/98 (Gnipper, 2009).

Para facilitar a seleção das tubulações, segundo a Pex do Brasil, o dimensionamento pode seguir o padrão abaixo:

- Abastecimento de até 2 pontos de consumo - \varnothing 16 mm
- Abastecimento de até 6 pontos de consumo - \varnothing 20 mm
- Abastecimento de mais de 6 pontos de consumo - \varnothing 25 mm

- **Cálculo da perda de carga em tubulações e conexões**

Para determinação da perda de carga nos tubos e conexões, deve-se somar o comprimento real (tubo) com o comprimento equivalente relativos as conexões, e em seguida multiplicado tais valores pela perda de carga unitária referente ao trecho em questão (NBR 5626/98).

Nos sistemas PEX, esta situação não é alterada, ou seja, deve-se medir o comprimento de tubulação utilizado no trecho com o comprimento equivalente, e em seguida multiplicar pela perda de carga unitária. Porém, uma peculiaridade neste sistema, se da devido as curvaturas efetuadas pela própria tubulação, em que a determinação da perda de carga localizada pode variar (Gnipper, 2009).

De acordo com Gnipper (2009), quando o raio de curvatura dividido pelo diâmetro (R/D) for menor do que 8, deve-se considerar o comprimento linear da curva e desconsiderar a perda de carga proveniente do desvio. Ainda, quando o raio de curvatura R é pequeno, por exemplo, igual a 1 a 2 vezes o diâmetro interno D do tubo, tem-se efetiva perda de carga localizada, com turbulência local no fluxo devida à repentina mudança de direção e até descolamento interno da camada limite, dependendo do valor da velocidade do escoamento. Neste caso, podem ser empregados valores de comprimentos equivalentes disponíveis em diversas bibliografias que tratam do assunto para curvas de raio médio (relação R/D = 1) e raio longo (relação R/D = 1,5 a 2).

Porém, quando o raio de curvatura dividido pelo diâmetro for maior que 8, casos freqüentes em sistema PEX, deve-se desconsiderar o comprimento linear da curva e desconsiderar a perda de carga proveniente do desvio, pois o escoamento não sofre microturbulências localizadas decorrentes da mudança de direção, mas sim, perda de carga distribuída ao longo da curvatura por atrito contra as paredes do tubo e pela não linearidade das linhas de corrente. Neste caso, a mudança de direção deve ser desconsiderada no cálculo da perda de carga e o comprimento do desenvolvimento da curva deve ser adicionado ao comprimento dos trechos retilíneos adjacentes, ou seja, o trecho em curva deve ser considerado como se fosse reto (Gnipper, 2009).

Na situação intermediária, em que a relação raio/diâmetro fica entre 2 e 8, há tanto contribuição de perda de carga localizada (quanto menor for R/D) quanto de perda de carga distribuída (quanto maior for R/D) (Gnipper, 2009).

Ainda de acordo com Gnipper (2009) a perda de carga na curvatura deverá ser calculada através do dimensionamento do fator K que depende dos seguintes dados e se dá conforme a equação apresentada abaixo:

- Diâmetro do tubo em milímetros (D),
- Ângulo da curvatura (α),
- Comprimento do arco em metros (Carc).

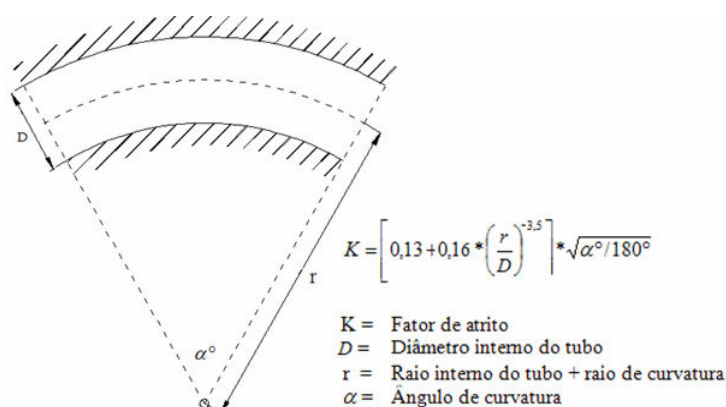


Figura 19: Cálculo da perda de carga localizada na curvatura do PEX (Fonte: Gnipper, 2009).

Logo a perda de carga gerada na curva se dará pela multiplicação do K pela velocidade ao quadrado, dividido por 2 vezes a aceleração da gravidade, conforme a equação apresentada abaixo (Porto, 2006).

$$\Delta h = k \frac{v^2}{2g}$$

Apesar de não haverem conexões intermediárias na instalação ponto a ponto utilizando as tubulações PEX, é necessário considerar na perda de carga localizada as conexões extremas, ou seja, as conexões presentes na caixa de distribuição e as conexões que farão a ligação com a peça de utilização, como os cotovelos (EMMETI, TIGRE).

Segue no quadro 9, o valor do comprimento equivalente em metros de tubulação apresentados pelos fabricantes TIGRE e EMMETI.

Quadro 9: Perda de carga nas conexões

Conexões		Ø 16 mm	Ø 20 mm	Ø 25 mm	Ø 32 mm
Joelho 90	Tigre	0,37	0,29	0,26	0,26
	Emmeti*	0,76	0,94	0,94	1,35
Redução	Tigre	0,14	0,11	0,1	0,09
	Emmeti*	-	-	-	-
Derivação do Tê	Tigre	0,44	0,34	0,31	0,26
	Emmeti*	0,66	0,82	0,82	1,17
Passagem do Tê	Tigre	0,1	0,08	0,08	0,07
	Emmeti*	0,25	0,31	0,321	0,45
Tê com entrada de água na derivação	Tigre	0,39	0,31	0,28	0,23
	Emmeti*	0,66	0,82	0,82	1,17
Conector	Tigre	-	-	-	-
	Emmeti*	0,56	0,69	0,69	0,99
Monobloco	Tigre	-	-	-	-
	Emmeti*	0,40	0,50	0,50	0,72

*calculado efetuado através da planilha de cálculo da EMMETI em função da vazão do sistema e temperatura. Valores dados para uma vazão de 1080 l/h a 20C.

4.6.3. Expressão geral das perdas localizadas

Como já mencionado anteriormente, de acordo com Rodrigo de Melo Porto (2006), as perdas de carga localizadas podem ser expressas de acordo com a equação representada abaixo.

$$\Delta h = k \frac{V^2}{2g}$$

Em que K representa o coeficiente adimensional, cujo valor varia em função da geometria da peça a se considerar, do número de Reynolds, da rugosidade da peça, e em muitos casos em função da distribuição da vazão (Ramificações). O V representa a velocidade média de escoamento na peça em questão em (m/s).

É importante ressaltar, que a partir de um número de Reynolds acima de 10^5 , o coeficiente K mantém seu valor constante, já que torna-se independente deste (PORTO, 2006). É por este motivo, que é possível resumir os valores de K para determinadas conexões em um valor constante apresentado através de tabelas.

No quadro 10, de acordo Rodrigo de Melo Porto (2006), são apresentados os valores do coeficiente K para algumas singularidades.

Quadro 10: Valor do coeficiente K para algumas singularidades

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: Porto, 2006

- *Alargamentos e Estreitamentos*

O alargamento ou estreitamento pode ser dar na tubulação de maneira brusca ou gradual. No caso de um alargamento brusco, ocorre uma desaceleração do líquido entre as seções de maior diâmetro e a seção de menor diâmetro, gerando uma perda de carga localizada na linha da tubulação (Porto, 2006).

O estreitamento brusco o líquido comporta-se semelhantemente ao alargamento, ou seja, inicialmente o fluido se afasta do limite sólido, na forma de uma contração do jato, e em seguida se expande para preencher toda a região de menor diâmetro, gerando também uma perda de carga no sistema (Porto, 2006).

Segue no quadro 11, os valores do coeficiente de perda de carga localizada de uma estreitamento brusco, em relação a velocidade no trecho de menor diâmetro.

Quadro 11: Coeficiente de perda de carga em alargamentos e estreitamento

A2/A1	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
K	0,50	0,46	0,41	0,36	0,30	0,24	0,18	0,12	0,06	0,02	0,0

Fonte: Porto, 2006

Na passagem de um reservatório para uma tubulação o coeficiente K irá variar em função do tipo de entrada na tubulação, ou seja, de 0,25 a 0,8. (Porto, 2006).

- *Cotovelos e curvas*

A perda de carga localizada nestas conexões ocorrem devido a mudança de direção do escoamento, pois o escoamento tende a conservar seu movimento retilíneo, porém é impedidos devido a barreira sólida que encontra (Porto, 2006).

Os valores do coeficiente K são determinados em função do ângulo α , em graus, de acordo com as equações abaixo.

$$K = \left[0,13 + 0,16 \left(\frac{r}{D} \right)^{-3,5} \right] \sqrt{\frac{\alpha}{180^\circ}}$$

$$K = 67,6 \times 10^{-6} \times (\alpha)^{2,17}$$

- *Registro de gaveta*

Tais dispositivos são comumente utilizados para regular a vazão transportada. Quando totalmente abertos, estes dispositivos não produzem interferências substanciais no escoamento, porém, quando parcialmente fechadas, podem produzir perdas de carga localizadas consideráveis no sistema (Porto, 2006). Segue abaixo, uma tabela para os valores do coeficiente K para registros de gaveta parcialmente fechados, em que a representa a altura do fechamento e D o diâmetro da tubulação.

Quadro 12: Coeficiente de perda de carga em registro de gaveta

a/D	0	1/4	3/8	1/2	5/8	3/4	7/8
K	0,15	0,26	0,81	2,06	5,52	17	97,8

- *Outros dispositivos*

No quadro 13, de acordo com a tabela apresenta pelo autor Rodrigo de Melo Porto (2006), do valor do coeficiente K dos demais dispositivos. Vale lembrar que tais valores não são universais, podendo variar em função do diâmetro das peças.

Quadro 13: Coeficiente de perda de carga em diversos dispositivos

Acessório	K	Acessório	K
Cotovelo de 90 raio curto	0,9	Válvula de gaveta aberta	0,2
Cotovelo de 90 raio longo	0,6	Válvula de ângulo aberta	5
Cotovelo de 45	0,4	Válvula de globo aberta	10
Curva 90, r/D =1	0,4	Válvula de pé com crivo	10
Curva de 45	0,2	Válvula de retenção	3
Te de passagem direta	0,9	Curva de retorno	2,2
Te de saída lateral	2,0	Válvula bóia	6

4.7. AltoQi Hydros V4 R11

“O AltoQi Hydros é um programa para projeto de instalações hidráulicas e sanitárias prediais que permite o lançamento da tubulação do projeto como um todo, englobando seus vários pavimentos e permitindo a visualização tridimensional do conjunto. Possui um ambiente de CAD integrado, no qual objetos gráficos representam tubos e conexões. Ao mesmo tempo em que se desenha o projeto, inserem-se elementos que possuem informações para dimensionamento. O Cadastro de Peças agrupa dados de simbologia, dimensionamento e listagem de materiais” (AltoQi)

De acordo com a empresa AltoQi (2011) o dimensionamento da rede hidráulica é baseado nas normas NBR 5626/98 e NBR 7198/93, além disso o programa também é capaz de gerar detalhes isométricos em qualquer ambiente da planta. O AltoQi Hydros também possui um ambiente de CAD integrado, independente de ferramentas externas

O dimensionamento vai sendo executado a medida que o desenho e as informações são adicionadas, bem como em função da rede a qual se está lançando (AltoQi, 2011). Com base nas conectividades e nos sentidos de fluxo, o programa pesquisa todo o projeto e detecta a vazão total em cada tubo. O programa apresenta o resultado do dimensionamento e indica os tubos que possuem diâmetros menores do que o calculado. É possível atribuir todos os diâmetros de uma vez ou verificar cada um deles (AltoQi, 2011).

Com relação ao cálculo de pressão e perda de carga, baseado nas informações extraídas a partir do página de internet da empresa AltoQi, o AltoQi Hydros define, para cada ponto pertencente ao projeto hidráulico, qual a ligação com o reservatório que o alimenta e todo o caminho que a água fará de um ponto a outro. Esse recurso permite ao programa definir a pressão disponível e calcular as perdas de carga em todo o percurso. Com isto, pode-se solicitar ao programa qual a pressão em qualquer trecho de tubulação, sem a necessidade de qualquer informação adicional, ou que detecte todos os pontos com pressão insuficiente.

4.8. Dimensionamento econômico – Método PNL2000

O método PNL2000 é um método utilizado para efetuar o dimensionamento econômico das redes de abastecimento. Ele tem como objetivo a obtenção da solução que apresente o custo mínimo de investimento, com materiais e a operação do sistema de abastecimento de água, ou seja, tal método está baseado nas técnicas de otimização econômica.

Ele utiliza o modelo matemático da programação não linear, e sua metodologia se divide em duas etapas. Na primeira etapa faz-se um pré - dimensionamento do sistema, em que os diâmetros e vazões dos trechos são variáveis a serem determinadas no processo de otimização.

Com os resultados da primeira etapa, executa-se uma segunda etapa, na qual se realiza um ajuste da primeira solução obtida, ajustando os diâmetros resultantes para o valor mais próximo do comercial existente no mercado.

O modelo de programação não linear utilizado, pode ser formulado e processado através da ferramenta *Solver* da planilha eletrônica *Excel* da Microsoft.

4.8.1. Primeira etapa

Na primeira etapa determina-se a função objetivo, que representará o custo total do sistema e as restrições do mesmo, como por exemplo, as velocidades que não devem ultrapassar um determinado valor.

Se obtém como resposta do processo de otimização da primeira etapa, os valores de diâmetros e dos demais valores determinados como variáveis do sistema, apresentando o custo ótimo do sistema. Porém, tais valores devem ser ajustados, como por exemplos diâmetros, já que estes raramente corresponderam aos valores comerciais existentes no mercado.

4.8.2. *Segunda etapa*

Nesta etapa, aproximam-se os valores de diâmetro obtidos para os valores mais próximo comercial, existente no mercado. Caso após os ajustes dos diâmetros ocorrer um desequilíbrio hidráulico, como por exemplo, um valor de pressão mínimo de um trecho não for atendido, executa-se um novo ajuste, diagnosticando quais restrições não foram atendimento e determinando novas variáveis do sistema.

5. Metodologia

Para dar início ao projeto e alcançar o objetivo do trabalho, foi necessário definir a edificação em que o lançamento hidráulico seria efetuado e sua concepção geral. Além disso, foram definidos os critérios para cálculo, expressões para cálculo da perda de carga para os diferentes materiais, e determinado os parâmetros de cálculo utilizados para atingir cada objetivo deste trabalho.

5.1. *Concepção e Local para lançamento das redes hidráulicas utilizando os materiais convencionais*

Para auxiliar na elaboração para o lançamento e critérios do projeto, foi utilizado as Normas vigentes da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), referentes ao lançamento de redes de Água Quente e Água Fria, NBR 7198/93 e a NBR 5626/98, respectivamente. Para a instalação ponto a ponto, foi utilizada como norma de referência a NBR 15939/2011 que trata a respeito dos projetos utilizando o PEX, além disso, também baseou-se em recomendações especificadas pelos próprios fabricantes e limitações de velocidade e pressão mínima nas peças de utilização especificadas pela NBR 5626/98.

A escolha da concepção de projeto baseou-se na situação atual da construção civil no Estado de Santa Catarina, em que grande parte das edificações são de alvenaria, utilizando o material PVC rígido soldável nas instalações hidráulicas de água fria e o CPVC para as instalações de água quente. Além disso, em edificações multifamiliares, no Estado de Santa Catarina, de acordo com a Lei Complementar Numero 171, é obrigatória a instalação de dispositivo hidráulico de medição individualizada. Portanto para este projeto, foi considerado na instalação tais dispositivos de controle do consumo de água para cada unidade residencial.

5.1.1. *A edificação*

Para efetuar o projeto de instalações hidráulicas, utilizou-se uma edificação multifamiliar com um pavimento Térreo, três pavimentos Tipo e um pavimento Cobertura em que será lançado o reservatório superior.

A edificação conta com um sistema de medição individualizada, que deriva de uma única coluna hidráulica localizada no “*Shaft*” da edificação.

O sistema de aquecimento da água utilizado se deu através de aquecedores de passagem à gás que estão localizados na área de serviço, devido as condições de ventilação necessárias.

Pavimento Cobertura:

No pavimento Cobertura, como já descrito anteriormente no item 5.1.1, foi lançado o reservatório superior de água fria potável. Este pavimento possui uma área igual a 341,25 m².

O reservatório fica elevado a partir do piso da cobertura 5 metros, e a tomada d'água se dá a partir da 5,5 metros de elevação, logo esta possui uma cota igual a 17,5m.

Segue abaixo (Figura 20), a planta do pavimento cobertura.

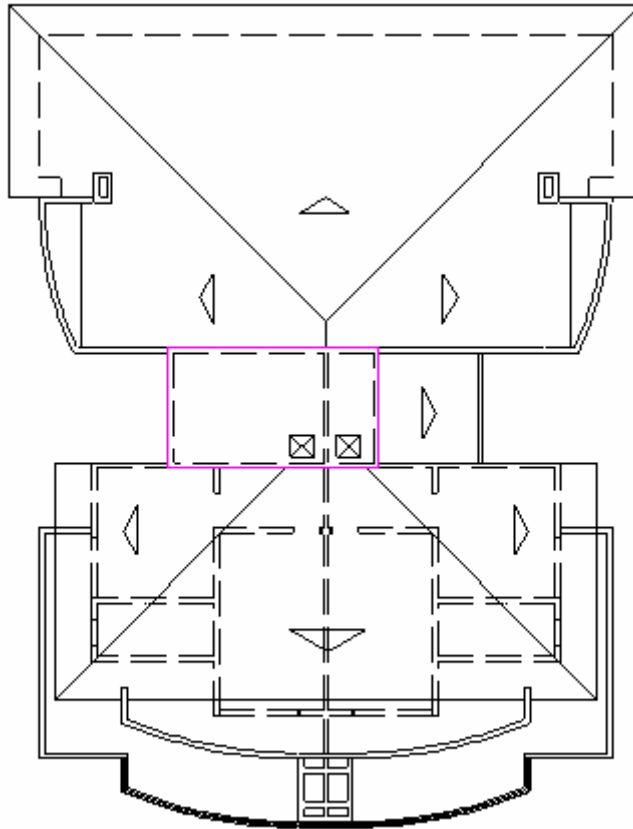


Figura 20: Planta baixa do pavimento cobertura

Pavimento Tipo:

O pavimento Tipo é constituído por quatro apartamentos com 70 m² cada um. Este possui um Shaft no corredor para passagem das principais colunas (tubulações) que compõe o sistema.

Cada apartamento possui dois quartos, uma sala de estar/jantar e 3 ambientes úmidos.

Segue abaixo (Figura 21) a planta arquitetônica do pavimento Tipo.

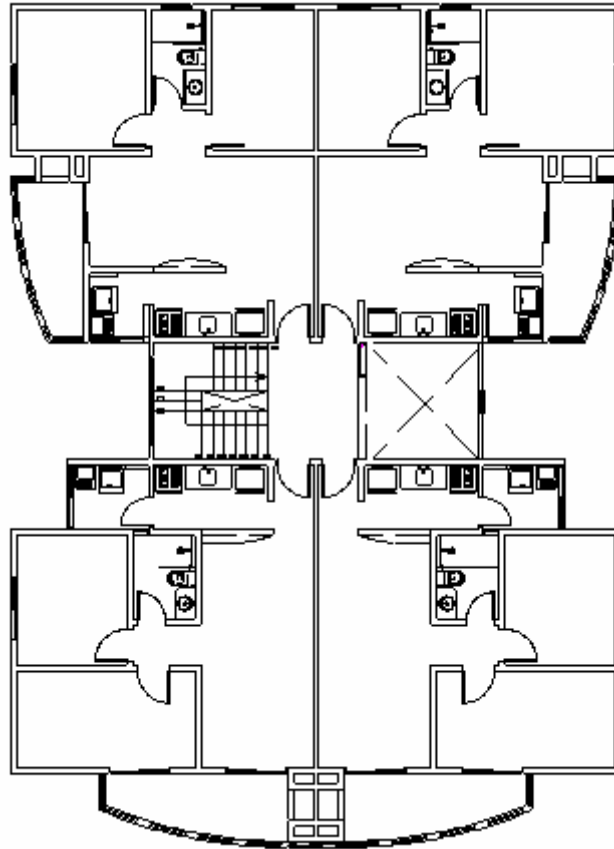


Figura 21: Planta baixa do pavimento Tipo

Pavimento Térreo:

A garagem e a central de gás ficam localizados no pavimento Térreo. A edificação conta com 11 vagas de garagem. Este pavimento possui 474,70 m².

Segue abaixo (Figura 22) a planta arquitetônica do pavimento Térreo.

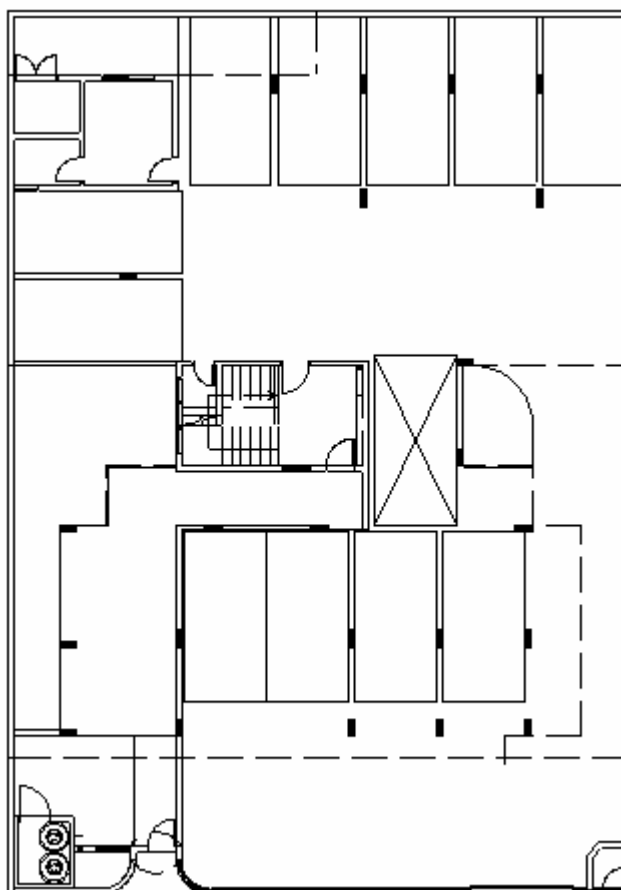


Figura 22: Planta baixa do pavimento Térreo

5.2. Lançamento utilizando os materiais convencionais

Optou-se por utilizar para o lançamento hidráulico as tubulações de PVC rígido soldável para água fria e o CPVC para água quente.

Com já mencionado anteriormente, o sistema de aquecimento é centralizado através de um aquecedor de passagem a gás localizado na área de serviço, devido as recomendações de ventilação. O modelo utilizado possui uma vazão igual a 20,0 L/min e uma pressão mínima de 2 m.c.a., para atender aos seguintes pontos de demanda: Chuveiro + Pia de cozinha + Lavatório.

No apêndice B e C, é possível visualizar o lançamento efetuado em planta baixa e em visão isométrica, respectivamente, do projeto utilizando os materiais convencionais.

5.2.1. Pavimento Cobertura

O lançamento da rede de água fria inicia com uma tomada d'água a uma elevação de 5,5 m com relação ao piso deste pavimento, cujo escoamento se dá em direção a coluna AF-1, que levará o escoamento para os ambientes dos pavimentos Tipo 3,2 e 1.

Optou-se por efetuar a distribuição através de uma única coluna derivando para os demais pavimentos, com o intuito de economizar material e efetuar a medição individualizada.

No apêndice A visualiza-se o lançamento em planta baixa do barrilete na cobertura.

5.2.2. Pavimentos Tipo 1, Tipo 2 e Tipo 3

Este foi efetuado da maneira convencional, partindo de uma coluna de água fria principal, derivando para os ramais que levam a água até cada apartamento em questão. Na entrada do ramal, a água passa por um registro geral e um hidrômetro para medição individualizada. Em seguida a instalação é direcionada pelo piso, elevando até aos pontos de utilização.

O aquecedor de passagem está localizado na área de serviço e elevado do piso. A tubulação de água fria passa pelo aquecedor aquecendo a água e em seguida é iniciado o lançamento da rede de água quente, utilizando o material CPVC.

No pavimento Tipo 3 foi necessário efetuar o lançamento de um pressurizador no sistema para atender a demanda de pressão em diversas peças da rede de água quente e do aquecedor de passagem a gás. O modelo selecionado foi o PL-9 da Lorezentti, cuja pressão máxima é igual a 9 m.c.a. No sistema em questão, este acrescentará 3 metros de coluna d'água.

5.3. Lançamento utilizando tubulações PEX

Em muitos projetos, o lançamento utilizando as tubulações PEX podem ser iniciados a partir da coluna de água principal, através de um colar de tomada, por exemplo, porém, neste caso, a concepção de projeto utilizada se deu com a tubulação de PVC e CPVC chegando até a primeira caixa de distribuição na cozinha e área de serviço, e a partir desta é iniciado o lançamento com a tubulação de PEX ponto a ponto.

No apêndice D e E, é possível visualizar o lançamento efetuado em planta baixa e em visão isométrica, respectivamente, do projeto utilizando o sistema PEX ponto a ponto.

5.3.1. Cobertura

A concepção utilizada para lançamento do pavimento cobertura para a rede de PEX, se deu de maneira idêntica a utilizada para o lançamento utilizando os materiais convencionais. Iniciou-se o lançamento utilizando uma tubulação de PVC rígido soldável, com uma tomada d'água a 5,5 m com relação ao piso deste pavimento, indo em direção a coluna AF- 1, que distribuirá a água para os apartamentos localizados nos pavimentos Tipo 1, 2 e 3.

No apêndice 1 visualiza-se o lançamento em planta baixa do barrilete na cobertura.

5.3.2. Pavimentos Tipo 1, Tipo 2 e Tipo 3

Nos pavimentos tipos, o sentido do escoamento nos ramais a partir da coluna se deu inicialmente utilizando o material PVC rígido soldável chegando até a área de serviço/cozinha na primeira caixa de distribuição. A partir deste ponto, a rede de água fria foi direcionada para o banheiro e peças de utilização com o material PEX multicamadas (Figura 23).

A rede de água quente, iniciou-se a partir do aquecedor de passagem a gás, com a utilização do material CPVC, até a primeira caixa de distribuição localizada na área de serviço. A partir desta todo o lançamento será efetuado utilizando a tubulação PEX.

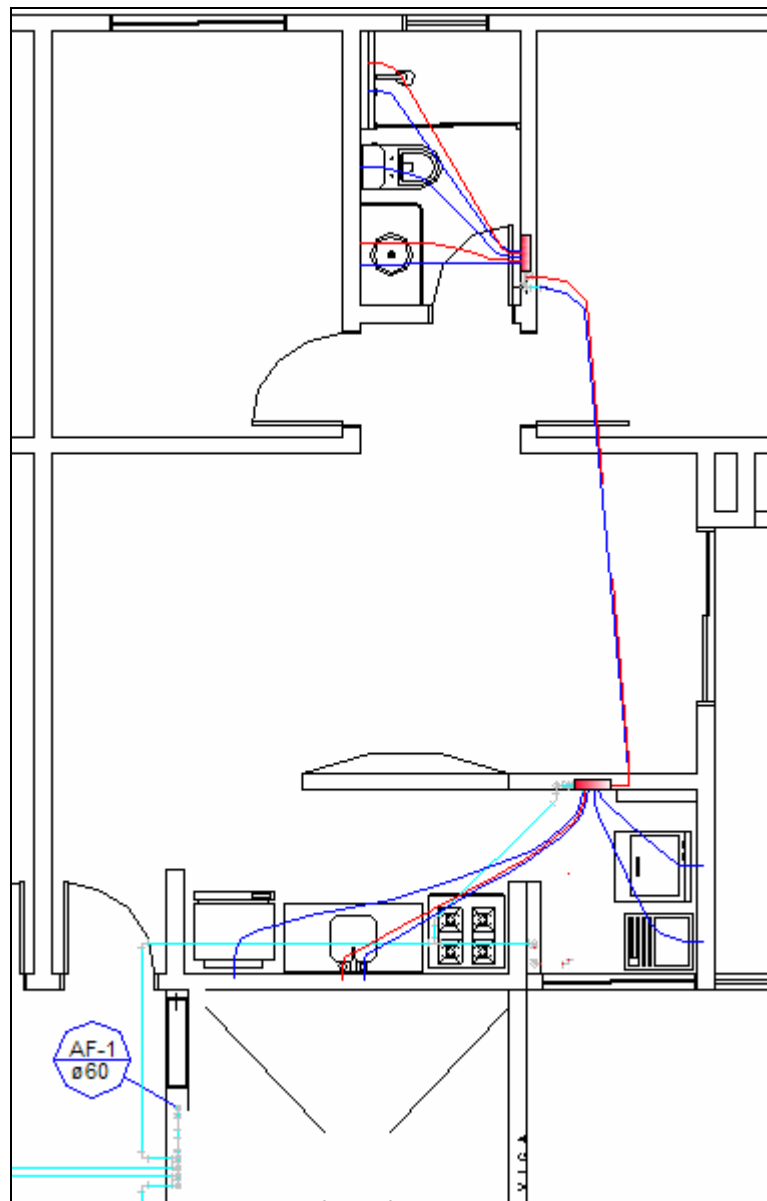


Figura 23: Transição da rede de PVC rígido soldável e CPVC para o PEX

5.4. Dimensionamento utilizando o coeficiente K para determinação das perdas de carga localizadas

Com o intuito de padronizar a perda de carga gerada nas conexões ou curvas do sistema, já que na instalação ponto a ponto o comprimento equivalente variava consideravelmente em função do fabricante, foi efetuado o dimensionamento da rede hidráulica convencional e ponto a ponto utilizando o coeficiente K para determinação da perda de carga localizada, levando sempre em consideração o valor do diâmetro interno.

Além disso, o dimensionamento foi efetuado para dois apartamentos do tipo 1, 2 e 3, um com a situação de pressão mais desfavorável, e o apartamento com situação de pressão mais favorável, conforme mostra a figura 24.

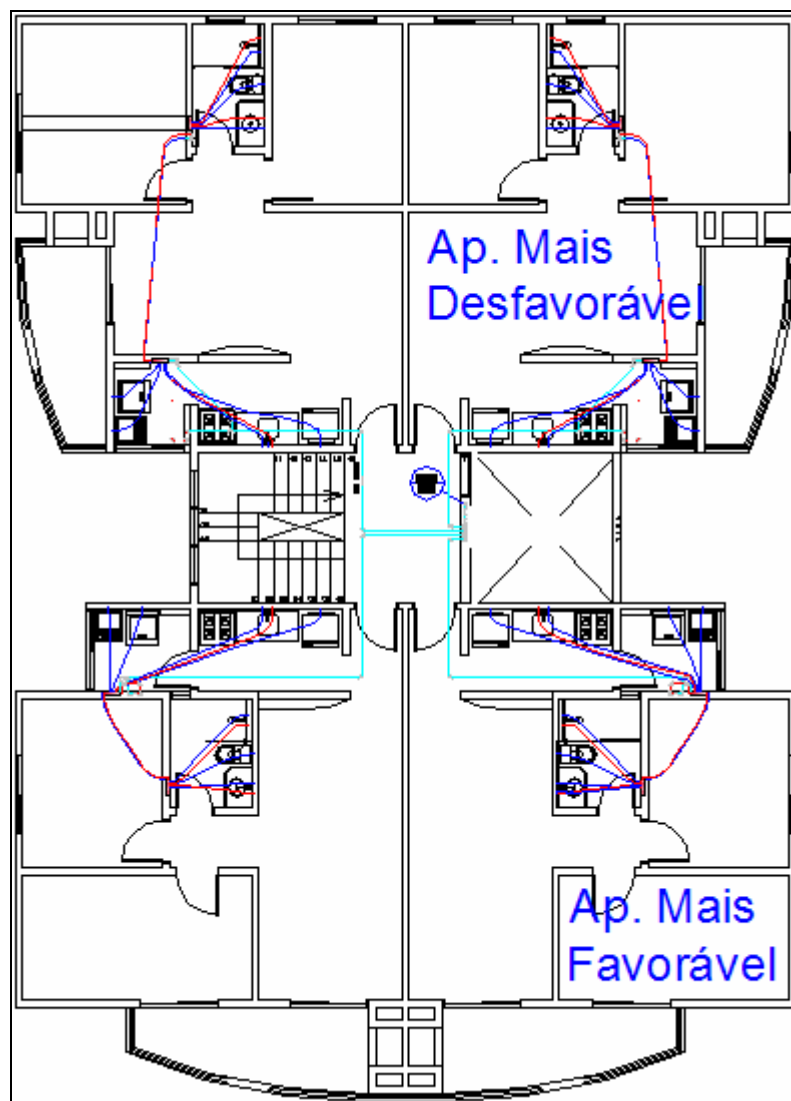


Figura 24: Situação mais desfavorável e situação mais favorável

Optou-se por efetuar o dimensionamento para o apartamento com situação mais favorável, com o intuito de verificar a necessidade de inserção de um pressurizador no sistema do apartamento Tipo 3.

5.5. Dimensionamento do sistema ponto a ponto

O dimensionamento do sistema ponto a ponto se deu inicialmente da maneira convencional, ou seja, separando a rede em nós (trechos de tubos). Tais trechos foram divididos em função da vazão que ali escoava, ou seja, preferencialmente a cada mudança na vazão do trecho que escoava, foi determinado um novo trecho.

Já para a instalação utilizando o PEX, os trechos foram separados em função do início e término de cada tubulação de PEX, geralmente representado pela caixa de distribuição e pontos de demanda.

Cada trecho foi nomeado por números reais, indicando o ponto a jusante e a montante em seqüência, sempre respeitando o sentido do fluxo da tubulação.

Para organização dos dados e dimensionamento do sistema foi utilizada uma planilha de cálculo do Microsoft Excel.

Devido a grande variação entre os modelos de peças fabricadas pelos diversos fabricantes de PEX e considerações de comprimento equivalente a respeito de cada peça, optou-se por efetuar o dimensionamento da rede de PEX, utilizando o coeficiente de comprimento equivalente das peças (K). Segue abaixo as considerações efetuadas para determinação de cada coluna da planilha de cálculo.

5.5.1. Somatório dos pesos

Foi determinado somando todos os pesos relativos atendidos pelo trecho em questão.

5.5.2. Vazão

A vazão trecho a trecho foi determinada utilizando a seguinte equação determinada pela NBR 5626/98.

$$Q = 0,3 \sqrt{\Sigma P}$$

Conhecendo o valor da somatória dos pesos, este foi inserido na fórmula e então extraído o valor da vazão.

5.5.3. Diâmetro

Para determinação do diâmetro final, inicialmente adotou-se um diâmetro inicial baseado nas recomendações dos fabricantes para o número de peças a atender. Porém, caso o valor de diâmetro inserido não atendesse aos critérios limitantes de velocidade ou pressão, este era aumentado para um valor comercial logo acima, até que o sistema resultasse em uma situação ideal de dimensionamento, ou seja, atendendo a todos os requisitos de pressão e velocidade.

5.5.4. Velocidade

A velocidade foi determinada a partir dos valores de vazão e diâmetro utilizados. Seu resultado foi obtido através da fórmula indicada abaixo, recomendada pela NBR 5626/98.

$$v = 4 \times 10^3 \times Q \times \pi^{-1} \times d^2$$

5.5.5. Comprimento

Corresponde ao valor de comprimento da tubulação do trecho considerado.

No sistema PEX ponto a ponto, foram considerados como perdas de carga distribuída, as curvas que possuíram uma relação de R/D maiores do que oito. Estas curvaturas podem ser localizadas principalmente na tubulação que percorre o piso.

5.5.6. Perda de carga unitária

Foi utilizado para definir a perda de carga unitária do sistema o método empírico de Fair-Whipple-Hsiao para tubos lisos.

5.5.7. *Coefficiente K*

As perdas de carga localizadas foram determinadas a partir dos valores do coeficiente K, conforme já apresentado pelo quadro 13.

As curvaturas do sistema PEX, cujo raio pelo diâmetro ficou entre 4 e 8 foram determinadas também utilizando o coeficiente K. Por esta razão, a planilha de cálculo apresenta uma coluna voltada para os resultados destes elementos.

Para determinação da perda de carga nos distribuidores, considerou-se este como sendo um Te de passagem direta e lateral.

5.5.8. *Perda de carga total*

A perda de carga total se deu pela soma entre a multiplicação da perda de carga unitária (J) com o comprimento total. Neste valor resultante, foi ainda acrescido a perda de carga calculada através do coeficiente K de algumas conexões em específico, visto que, o valor do comprimento equivalente de tais conexões não era padronizado em função do fabricante.

5.5.9. *Cota a montante e cota a jusante*

A cota a montante corresponde a cota da conexão a montante do trecho considerado, cuja unidade se dá em metros.

A cota a jusante corresponde a cota da conexão a jusante do trecho a ser considerado, também em metros.

5.5.10. *Desnível*

O desnível corresponde a subtração da altura do trecho a montante pela altura definida no trecho a jusante.

5.5.11. *Pressão a montante e a jusante*

A pressão do primeiro trecho a montante inicia-se em zero, já que para o dimensionamento do sistema foi considerado que o reservatório estará vazio, indo a favor da segurança. As pressões dos demais trechos a montante, corresponderam a pressão a jusante do último trecho ligado ao trecho atual.

A pressão a jusante de um trecho em específico se deu pela soma da pressão do trecho a montante pelo desnível do trecho em questão, subtraído da perda de carga.

$$P_{\text{jusante}} = P_{\text{montante}} + \text{Desnível} - \text{Perda de carga total}$$

5.6. *Dimensionamento do sistema Convencional*

O dimensionamento do sistema se deu também separando a rede em nós (trechos de tubos), representados principalmente pelos trechos com mudança nas vazoes.

Cada trecho foi nomeado por números reais, indicando o ponto a jusante e a montante em seqüência, sempre respeitando o sentido do fluxo da tubulação.

Para organização dos dados e dimensionamento do sistema foi utilizada uma planilha de cálculo do Microsoft Excell.

5.6.1. Somatório dos pesos

Foi determinado somando todos os pesos relativos atendidos pelo trecho em questão.

5.6.2. Vazão

A vazão trecho a trecho foi determinada utilizando a seguinte equação determinada pela NBR 5626/98.

$$Q = 0,3 \sqrt{\Sigma P}$$

Conhecendo o valor da somatória dos pesos, este foi inserido na fórmula e então extraído o valor da vazão.

5.6.3. Diâmetro

Para determinação do diâmetro final, inicialmente adotou-se um diâmetro inicial baseado nas recomendações dos fabricantes para o número de peças a atender. Porém, caso o valor de diâmetro inserido não atendesse aos critérios limitantes de velocidade ou pressão, este era aumentado para um valor comercial logo acima, até que o sistema resultasse em uma situação ideal de dimensionamento, ou seja, atendendo a todos os requisitos de pressão e velocidade.

5.6.4. Velocidade

A velocidade foi determinada a partir dos valores de vazão e diâmetro utilizados. Seu resultado foi obtido através da fórmula indicada abaixo, recomendada pela NBR 5626/98.

$$v = 4 \times 10^3 \times Q \times \pi^{-1} \times d^2$$

5.6.5. Comprimento

Corresponde ao valor de comprimento da tubulação do trecho considerado.

5.6.6. Perda de carga unitária

Foi utilizado para definir a perda de carga unitária do sistema o método empírico de Fair-Whipple-Hsiao para tubos lisos.

5.6.7. Coeficiente K

As perdas de carga localizadas foram determinadas a partir dos valores do coeficiente K, conforme já apresentado pelo quadro 13.

As curvaturas do sistema PEX, cujo raio pelo diâmetro ficou entre 4 e 8 foram determinadas também utilizando o coeficiente K. Por esta razão, a planilha de cálculo apresenta uma coluna voltada para os resultados destes elementos.

Para determinação da perda de carga nos distribuidores, considerou-se este como sendo um Te de passagem direta e lateral.

5.6.8. *Perda de carga total*

A perda de carga total se deu pela soma entre a multiplicação da perda de carga unitária (J) com o comprimento total. Neste valor resultante, foi ainda acrescido a perda de carga calculada através do coeficiente K de algumas conexões em específico, visto que, o valor do comprimento equivalente de tais conexões não era padronizado em função do fabricante.

5.6.9. *Cota a montante e cota a jusante*

A cota a montante corresponde a cota da conexão a montante do trecho considerado, cuja unidade se dá em metros.

A cota a jusante corresponde a cota da conexão a jusante do trecho a ser considerado, também em metros.

5.6.10. *Desnível*

O desnível corresponde a subtração da altura do trecho a montante pela altura definida no trecho a jusante.

5.6.11. *Pressão a montante e a jusante*

A pressão do primeiro trecho a montante inicia-se em zero, já que para o dimensionamento do sistema foi considerado que o reservatório estará vazio, indo a favor da segurança. As pressões dos demais trechos a montante, corresponderam a pressão a jusante do último trecho ligado ao trecho atual.

A pressão a jusante de um trecho em específico se deu pela soma da pressão do trecho a montante pelo desnível do trecho em questão, subtraído da perda de carga.

$$P_{\text{jusante}} = P_{\text{montante}} + \text{Desnível} - \text{Perda de carga total}$$

5.7. ***Ferramentas para lançamento das redes hidráulicas***

Para o lançamento das redes de água quente e fria, empregando os materiais PVC rígido soldável e CPVC, foi utilizado o software Hydros V4 Revisão 11, desenvolvido para empresa *AltoQi – Tecnologia aplicada à Engenharia*.

O lançamento hidráulico pelo material PEX, foi desenvolvido manualmente por intermédio do programa AutoCad 2008.

Já o dimensionamento de ambas as redes, foi efetuado com o auxílio da Ferramenta computacional Microsoft Office Excel 2003.

5.8. ***Comparação econômica***

A comparação econômica entre os diferentes materiais, foi efetuada após a finalização do lançamento hidráulico e pré-dimensionamento da rede de ambos os materiais em todos os pavimentos. Desta forma, foi levantado o comprimento total de

tubulação utilizada e seu respectivo diâmetro, bem como as conexões utilizadas no lançamento hidráulico.

É importante ressaltar que a comparação econômica se deu utilizando a ferramenta Solver da planilha eletrônica Microsoft Excel. Efetuou-se uma adaptação do método para dimensionamento econômico de redes de abastecimento – o método PNL 2000.

Na primeira etapa de otimização, foi considerado como variáveis os diâmetros e altura da tomada d'água. Para as equações de restrições, foram restringidos os valores máximos de diâmetro dos trechos, o valor limite para a velocidade, ou seja, não ultrapassando 3 m/s, a pressão mínima em cada nó sendo igual a 1 mca, e a altura máxima do reservatório.

Já na segunda etapa, efetuou-se os ajustes dos diâmetros em função dos valores comerciais mais próximos.

5.8.1. Custos e Curvas

Para determinação das curvas do sistema, foi necessário efetuar uma pesquisa dos preços de cada conexão considerada para os cálculos dos custos totais. Utilizou-se como referência para a pesquisa dos preços dos materiais PVC rígido soldável e CPVC as cotações apresentadas pela página da internet da revista Construção Mercado (2011).

Tais curvas foram geradas em função do comprimento do trecho e diâmetro correspondente para os tubos. Já para as conexões, o custo do sistema se dá em função da quantidade presente no trecho e diâmetro da mesma.

Portanto, foi definido um gráfico do custo em função do diâmetro do elemento. A equação resultante da curva de tendência, representará o custo do elemento em função do diâmetro em questão.

Segue abaixo as curvas dos tubos e conexões considerados para determinação do custo total do projeto, sendo representado pelo eixo X o diâmetro (mm) e no eixo Y dos gráficos apresentados o custo (R\$/m) das tubulações e das conexões (R\$/unidade).

Importante ressaltar que os diâmetros apresentados no gráfico, se referem aos diâmetros internos considerados de cada material.

- PVC rígido soldável

Gráfico 1: Tubo de PVC rígido soldável

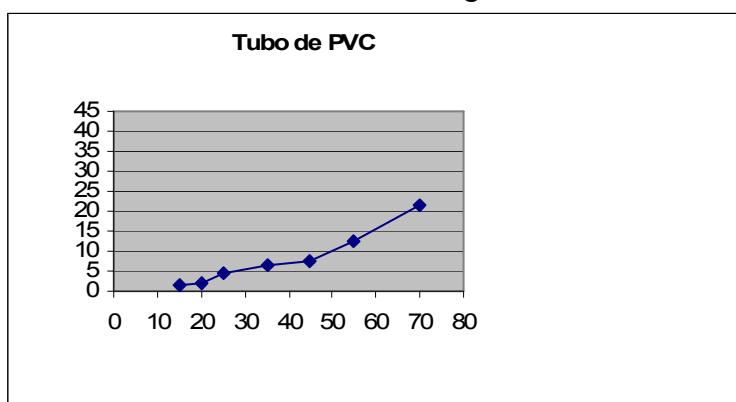


Gráfico 2: Joelho 90 soldável de PVC

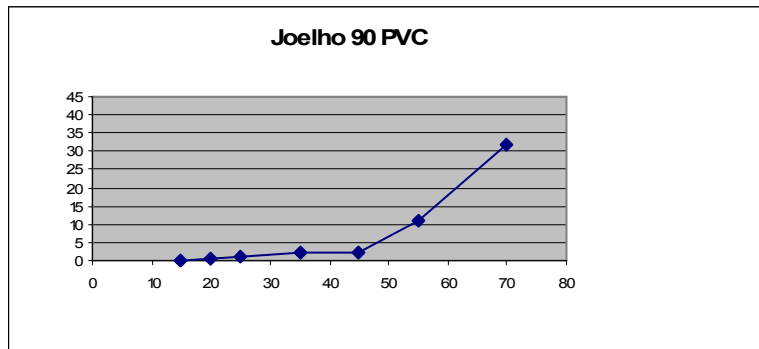


Gráfico 3: Curva 90 soldável de PVC

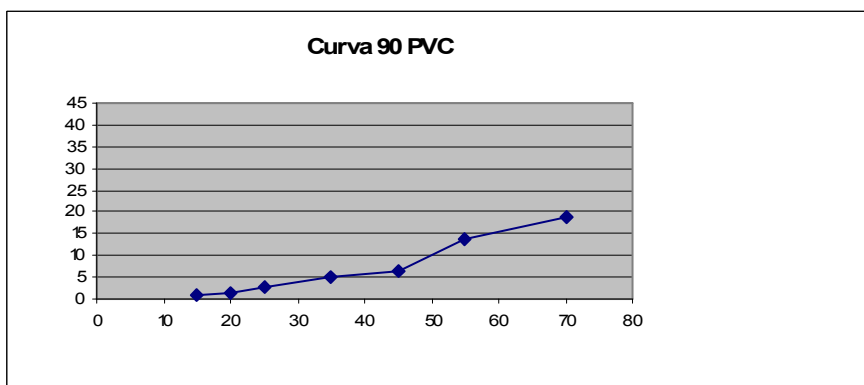


Gráfico 4: Curva 45 soldável de PVC

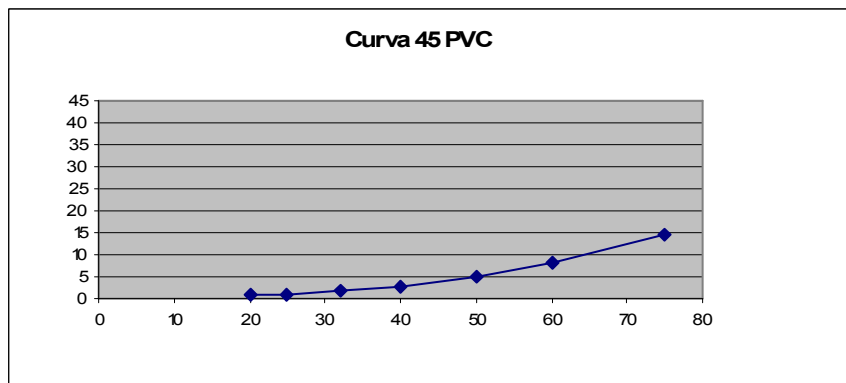
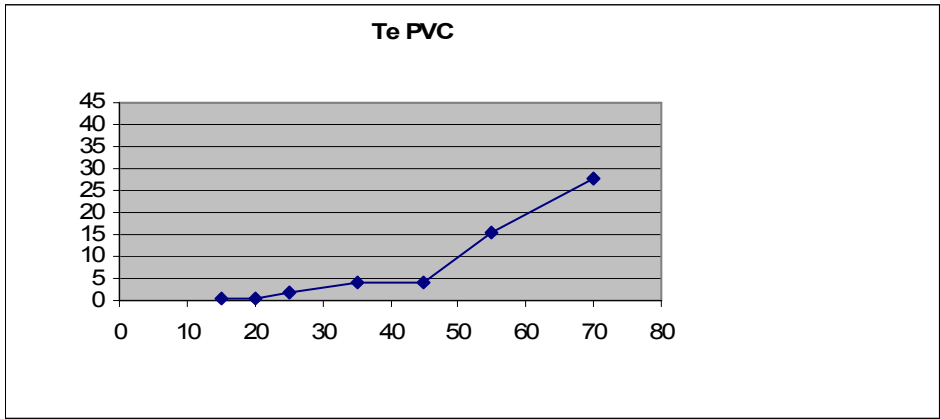


Gráfico 5: Tê soldável de PVC



- Cloreto de Polivinila Clorado – CPVC

Gráfico 6: Tubo de CPVC

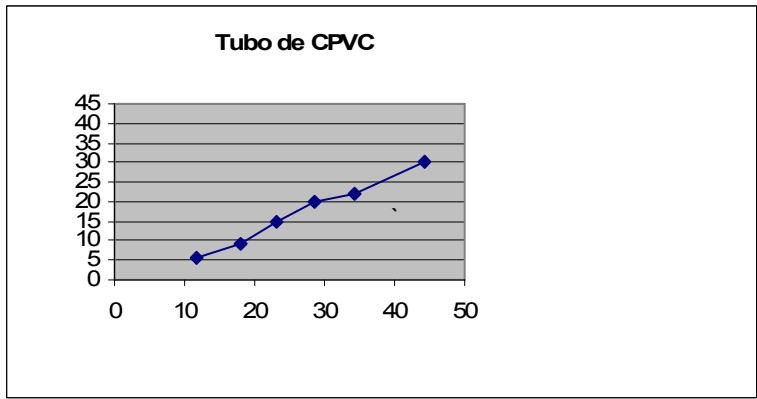


Gráfico 7: Joelho 90 CPVC

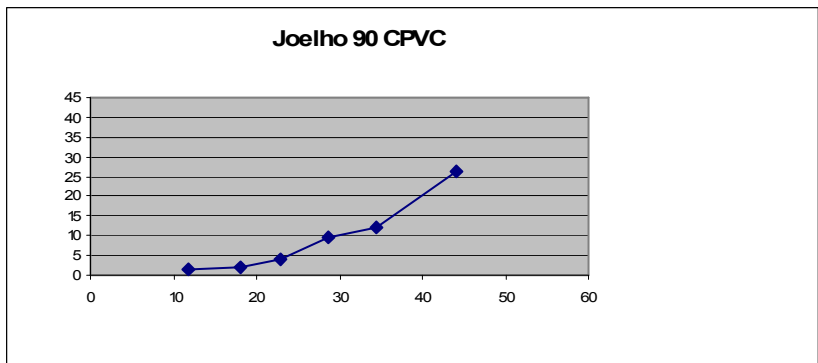


Gráfico 8: Joelho 45 CPVC

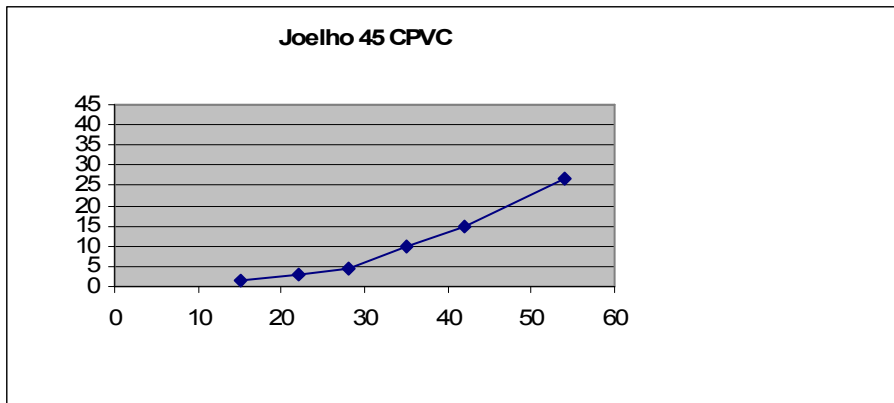


Gráfico 9: Curva 90 CPVC

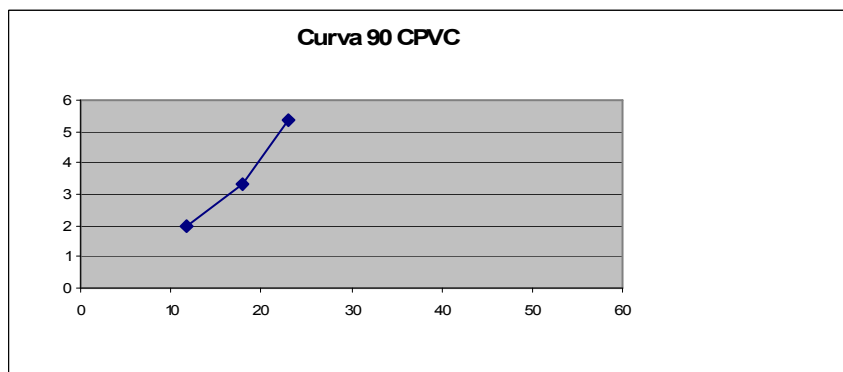
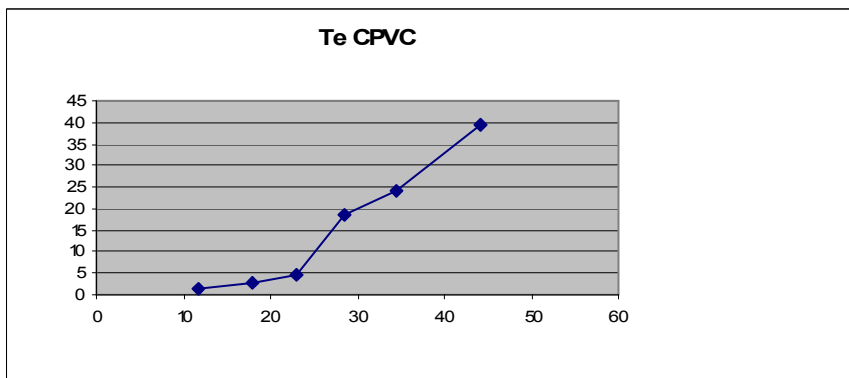


Gráfico 10: Te CPVC



- PEX

Gráfico 11: Tubo PEX Multicamada

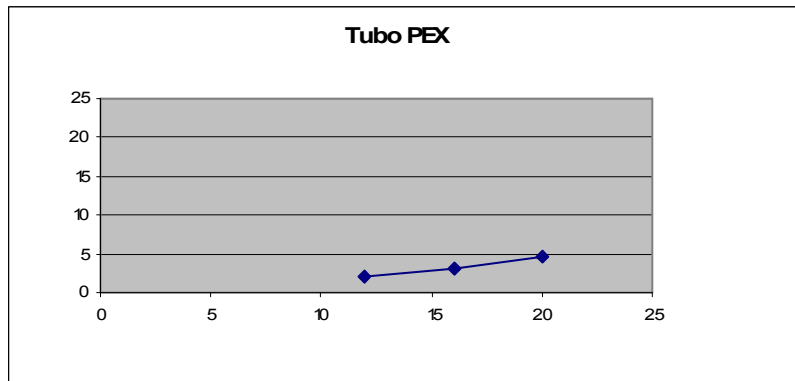


Gráfico 12: Conector PEX

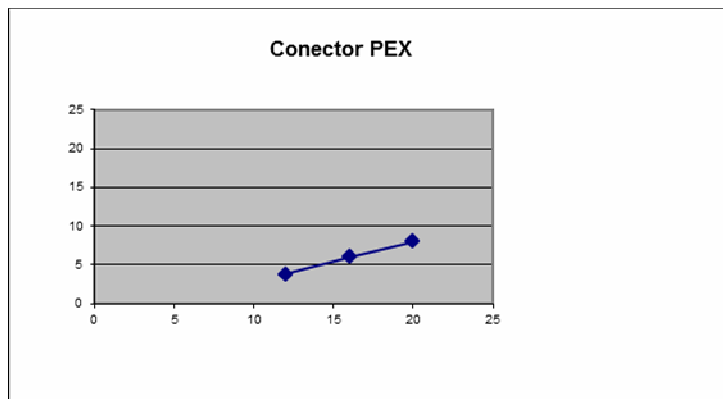


Gráfico 13: Joelho – Cotovelo PEX

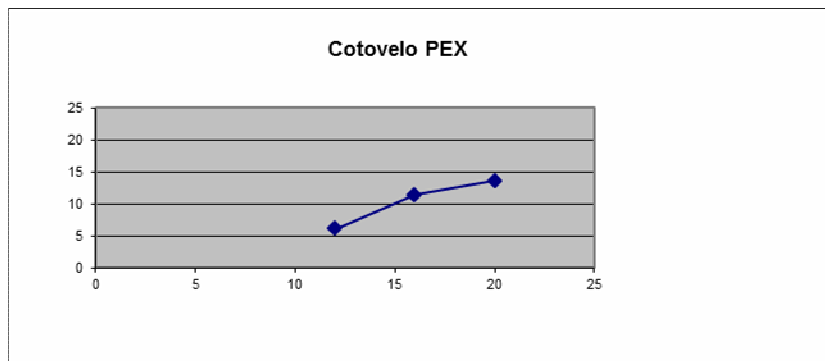
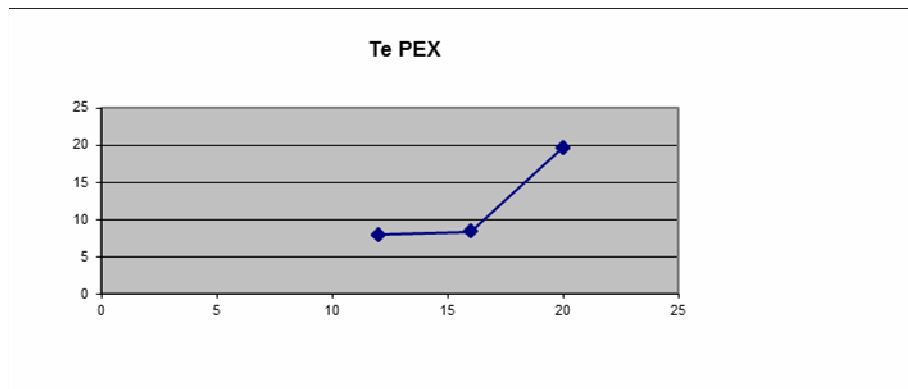


Gráfico 14: Te PEX



5.8.2. Função objetivo

A equação que representa o custo total do sistema de instalação hidráulica, compreende o custo com as tubulações e conexões utilizadas, todas em função do diâmetro. E é expressa pela seguinte equação:

$$C(D_i) = L_i \times P(D_i) + S N_i \times P(D_i)$$

Onde,

$C(D_i)$ = custo do sistema em função dos diâmetros D_i ;

L_i = comprimento da tubulação no trecho considerado;

$P(D_i)$ = preço unitário da conexão, ou por metro de tubulação;

$S N_i$ = somatório da quantidade de conexões do trecho considerado.

5.8.3. Restrições

As restrições estabelecidas foram: dos diâmetros máximos e mínimos em cada trecho; as pressões mínimas em cada conexão, ou seja, mínima de 1 mca; as velocidades não ultrapassando o valor máximo determinado em norma igual a 3 m/s; por último a altura do reservatório.

5.8.4. Processo de otimização – Primeira etapa

Na primeira etapa, os valores estabelecidos para variação foram os diâmetros e a altura de tomada d'água. Neste foram impostas as restrições já mencionadas.

Desta forma, a ferramenta localizou uma solução com variação dos diâmetros e altura do reservatório.

5.8.5. Processo de otimização – Segunda etapa

Para a segunda etapa, foi necessário atribuir novamente os diâmetros determinados pelo cálculo da ferramenta *Solver* para os diâmetros mais próximo comercialmente e verificado se as restrições continuavam sendo atendidas.

É importante ressaltar considerou-se no cálculo e custos o valor dos diâmetros internos das tubulações.

5.9. Comparação entre as perdas de carga nos trechos, pressão nos pontos de utilização.

A comparação entre as perdas de cargas foi efetuada após lançamento, dimensionamento da tubulação e otimização dos custos com a instalação utilizando a ferramenta Solver, a partir de um valor de elevação estabelecido para o reservatório superior.

Através da planilha de cálculo, em que são apresentadas as perdas de carga trecho a trecho, foi possível verificar as perdas de carga do sistema, bem como a pressão nas peças de utilização.

A partir das planilhas com os resultados finais de ambas as redes, comparou-se os valores resultantes.

6. Resultados e Discussões

6.1. Otimização econômica

Os resultados referentes ao dimensionamento econômico para a instalação utilizando os materiais convencionais, por intermédio da adaptação feita do método PNL 2000, pode ser verificada através dos quadros 14 e 15.

Este foi dividido pelo custo com o material antes e depois da aplicação do método e pelo custo referente a cada pavimento Tipo.

É importante ressaltar que não foram considerados nos custos dos sistemas as seguintes conexões: luvas e conectores intermediários. O pressurizador localizado nos apartamentos do pavimento Tipo 3 e o valor do aquecedor de passagem a gás também não foram considerados, visto que estes seriam utilizados em ambos os sistemas. Já o preço das peças com redução foi adotado o valor com o lado de maior diâmetro.

6.1.1. Materiais convencionais

Quadro 14: Resultado dos custos antes da aplicação do método de dimensionamento econômico

Pavimento	Ap. mais favoráveis (R\$)	Ap. mais desfavoráveis (R\$)
Tipo 3 + Cobertura	732,12	863,00
Tipo 2	497,94	522,24
Tipo 1	454,71	508,08
Custo Total da edificação	7156,18	

Quadro 15: Resultado dos custos após a aplicação do método de dimensionamento econômico

Pavimento	Ap. mais favoráveis (R\$)	Ap. mais desfavoráveis (R\$)
Tipo 3 + Cobertura	629,43	657,04
Tipo 2	436,65	490,92
Tipo 1	401,84	474,39
Custo Total da edificação	6180,54	

Verifica-se por intermédio do resultado apresentado, que com a utilização do método empregado, o custo com os materiais reduziu por volta de 13,6 % no custo das instalações de tubos e conexões com relação ao pré dimensionamento efetuado.

Esta diminuição foi observada, principalmente na diminuição dos diâmetros das tubulações nos pavimentos Tipo, conseqüentemente, diminuindo também o valor dos tubos e conexões empregados.

6.1.2. PEX ponto a ponto

Quadro 16: Resultado dos custos antes da aplicação do método de dimensionamento econômico

Pavimento	Ap. mais favoráveis (R\$)	Ap. mais desfavoráveis (R\$)
Tipo 3 + Cobertura	903,3	1003,52
Tipo 2	557,21	663,08
Tipo 1	530,79	644,60
Custo Total da edificação	8605,00	

Quadro 17: Resultado dos custos após a aplicação do método de dimensionamento econômico

Pavimento	Ap. mais favoráveis (R\$)	Ap. mais desfavoráveis (R\$)
Tipo 3 + Cobertura	786,38	866,88
Tipo 2	565,41	655,54
Tipo 1	509,42	563,64
Custo Total da edificação	7894,54	

Para os custos da rede utilizando o material PEX, verifica-se por intermédio do resultado apresentado, que com a utilização do método empregado, o custo com os materiais reduziram em torno de 8,2 % no custo das instalações de tubos e conexões com relação ao pré dimensionamento efetuado, semelhantemente ao resultado apresentado para a rede utilizando os materiais convencionais.

6.2. Desempenho hidráulico

De acordo com a metodologia aplicada, o dimensionamento da rede utilizando ambos materiais se deu por intermédio da utilização do coeficiente de perda de carga K. segue abaixo os resultados de pressão em cada peça de utilização.

6.2.1. Região mais favorável

Os quadros abaixo resumem as pressões resultantes em cada peça de utilização, utilizando os materiais convencionais e o PEX multicamada dos pavimentos Tipo da região mais favorável da edificação.

Quadro 18: Desempenho hidráulico regiões mais favoráveis

REDE DE ÁGUA FRIA – TIPO 3 – Pressão (mca)		
<i>Peça de utilização/Instalação</i>	<i>PVC e CPVC</i>	<i>PEX</i>
Máquina de lavar louça	4,36	3,10
Pia	4,18	1,09
Tanque	1,22	1,74
Máquina de lavar roupa	1,03	3,14
Lavatório	3,18	2,70
Vaso Sanitário (Caixa acoplada)	3,45	3,08
Chuveiro	2,54	1,20

REDE DE ÁGUA FRIA – TIPO 2 – Pressão (mca)		
<i>Peça de utilização/Instalação</i>	<i>PVC e CPVC</i>	<i>PEX</i>
Máquina de lavar louça	5,89	1,35
Pia	6,14	3,28
Tanque	3,16	3,93
Máquina de lavar roupa	2,76	2,73
Lavatório	5,38	4,89
Vaso Sanitário (Caixa acoplada)	5,66	5,26
Chuveiro	4,74	3,39

REDE DE ÁGUA FRIA – TIPO 1 – Pressão (mca)		
<i>Peça de utilização/Instalação</i>	<i>PVC e CPVC</i>	<i>PEX</i>
Máquina de lavar louça	6,13	1,96
Pia	6,38	3,89
Tanque	3,79	4,54
Máquina de lavar roupa	3,38	3,34
Lavatório	5,62	5,50
Vaso Sanitário (Caixa acoplada)	5,90	5,87
Chuveiro	4,28	1,36

Analisando os dados referentes as pressões resultantes nos pontos de utilização de água fria, verificou-se que na maioria das situações o desempenho hidráulico da rede utilizando os materiais convencionais foi muito superior aos valores resultantes da rede utilizando o sistema PEX ponto a ponto.

Esta situação ocorre, pois a perda de carga nos trechos ponto a ponto se sobressaem as perdas de carga dos trechos utilizando os materiais convencionais, devido em grande parte, a diferença de diâmetros das tubulações consideradas.

Alem da diferença dos diâmetros das pecas, o sistema ponto a ponto tende a ser mais extenso se comparado ao sistema convencional de instalação hidráulica. Diferentemente do sistema convencional, em que ocorre uma ramificação dos trechos pela parede, no sistema PEX ponto a ponto, o abastecimento das peças é individualizado e se da a partir de um determinado ponto do ambiente. Portanto, tal concepção de lançamento tende a utilizar mais metragem de tubulações do que o sistema convencional.

Para o projeto em questão a extensão de tubulação utilizada nas instalações de PEX foi a igual a 393,12 m, já para o projeto com a utilização dos materiais convencionais, esta extensão foi igual a 281,47 m, comprovando desta forma que, em

função da arquitetura da edificação e concepção de lançamento utilizada, o sistema PEX demanda uma maior metragem de tubulação.

No quadro 19, são apresentados os resultados referente ao lançamento da água quente.

Quadro 19: Desempenho hidráulico regiões mais favoráveis

REDE DE ÁGUA QUENTE – TIPO 3 – Pressão (mca)		
<i>Peça de utilização/Instalação</i>	<i>PVC e CPVC</i>	<i>PEX</i>
Pia	3,56	2,56
Lavatório	3,51	3,73
Chuveiro	1,38	2,22

REDE DE ÁGUA QUENTE – TIPO 2 – Pressão (mca)		
<i>Peça de utilização/Instalação</i>	<i>PVC e CPVC</i>	<i>PEX</i>
Pia	4,76	2,29
Lavatório	4,71	2,92
Chuveiro	2,59	1,41

REDE DE ÁGUA QUENTE – TIPO 1 – Pressão (mca)		
<i>Peça de utilização/Instalação</i>	<i>PVC e CPVC</i>	<i>PEX</i>
Pia	3,39	2,82
Lavatório	3,34	3,64
Chuveiro	1,21	2,14

Analisando os resultados referentes as pressões de água fria, verificou-se que para o chuveiro em dois dos três pavimentos, a pressão resultante na rede do PEX foi superior a resultante com a instalação convencional. Esta situação possivelmente ocorreu, pois na rede utilizando o sistema PEX o chuveiro não foi a ponto de demanda mais desfavorável, diferentemente do que foi realizado no lançamento convencional.

6.2.2. Região mais desfavorável

O quadro 20 resume as pressões resultantes em cada peça de utilização, utilizando os materiais convencionais e o PEX multicamada dos pavimentos Tipo da região mais desfavorável da edificação.

Quadro 20: Desempenho hidráulico regiões mais desfavoráveis

REDE DE ÁGUA FRIA – TIPO 3 – Pressão (mca)		
<i>Peça de utilização/Instalação</i>	<i>PVC e CPVC</i>	<i>PEX</i>
Máquina de lavar louça	2,60	3,23
Pia	2,89	1,74
Tanque	2,90	1,38
Máquina de lavar roupa	2,31	3,07
Lavatório	3,61	2,94
Vaso Sanitário (Caixa acoplada)	3,86	3,28
Chuveiro	1,68	1,41

REDE DE ÁGUA FRIA – TIPO 2 – Pressão (mca)		
<i>Peça de utilização/Instalação</i>	<i>PVC e CPVC</i>	<i>PEX</i>
Máquina de lavar louça	4,23	4,20
Pia	4,52	2,71
Tanque	5,63	2,35
Máquina de lavar roupa	5,04	1,56
Lavatório	4,56	3,16
Vaso Sanitário (Caixa acoplada)	4,70	3,50
Chuveiro	2,34	1,63

REDE DE ÁGUA FRIA – TIPO 1 – Pressão (mca)		
<i>Peça de utilização/Instalação</i>	<i>PVC e CPVC</i>	<i>PEX</i>
Máquina de lavar louça	5,66	1,97
Pia	5,95	3,77
Tanque	5,69	3,41
Máquina de lavar roupa	5,37	2,62
Lavatório	4,81	4,22
Vaso Sanitário (Caixa acoplada)	5,92	4,56
Chuveiro	2,56	2,79

Percebe-se, de acordo com os resultados de pressão apresentados acima para a região mais desfavorável, que o comportamento para as pressões resultantes continua a ser maior na rede convencional.

Quadro 21: Desempenho hidráulico regiões mais desfavoráveis

REDE DE ÁGUA QUENTE – TIPO 3 – Pressão (mca)		
<i>Peça de utilização/Instalação</i>	<i>PVC e CPVC</i>	<i>PEX</i>
Pia	4,07	1,36
Lavatório	3,59	3,19
Chuveiro	1,46	1,69

REDE DE ÁGUA QUENTE – TIPO 2 – Pressão (mca)		
<i>Peça de utilização/Instalação</i>	<i>PVC e CPVC</i>	<i>PEX</i>
Pia	3,75	2,85
Lavatório	3,26	2,72
Chuveiro	1,13	1,21

REDE DE ÁGUA QUENTE – TIPO 1 – Pressão (mca)		
<i>Peça de utilização/Instalação</i>	<i>PVC e CPVC</i>	<i>PEX</i>
Pia	3,97	1,39
Lavatório	3,48	3,22
Chuveiro	1,35	1,71

Na região mais desfavorável, verifica-se que o chuveiro é a peça mais distante na rede para ambas as redes. Portanto neste caso, o comportamento da pressão resultante seguiu a mesma tendência já observada na rede de água fria.

6.3. Comparação econômica

No quadro 22 é apresentado o custo de tubos e algumas conexões da edificação para cada projeto resultante do dimensionamento econômico.

Quadro 22: Custo total de tubos e algumas conexões

Projeto	Custo Total (R\$)
Materiais convencionais	6180,54
PEX ponto a ponto	7894,54

Como já apresentado no item 6.1, o orçamento do projeto de PEX resultou em aproximadamente 21,7% mais dispendioso no que se trata da cotação dos materiais necessários para a instalação com o sistema PEX ponto a ponto, do que o projeto de instalações hidráulicas utilizando os materiais convencionais. Esta situação já era esperada, visto que a utilização do PEX ainda não é popular entre os projetistas, fazendo com que os materiais convencionais ainda dominem o mercado de instalações hidráulicas.

É importante ressaltar que para determinação do custo total, foram consideradas apenas as peças utilizadas na função objetivo deste trabalho.

7. Conclusão e Recomendações

Em função dos objetivos traçados para este trabalho, efetuam-se as seguintes conclusões respeito de cada objetivo.

7.1. Comparação econômica

Através do trabalho apresentado, verificou-se que a utilização do PEX para projetos de instalação hidráulica é mais custosa do que em projetos executados com a utilização dos materiais convencionais.

Tal resultado já era esperado, visto que o PEX está a aproximadamente 3 anos no mercado brasileiro e ainda é tratado como uma novidade entre os profissionais da área. Além disso, tal produto não é encontrado com facilidade no comércio especializado, sendo necessário buscar o produto em regiões distantes da de origem para determinadas localidades. A aplicação do PEX está condicionada a necessidade por parte dos profissionais por uma solução de instalação mais rápida, sem um grande número de conexões, que possam conduzir tanto a água fria quanto a água quente, e além disso, flexíveis.

Já o PVC rígido soldável e o CPVC são materiais cuja utilização na construção civil é disseminada por grande parte das regiões nacionais, tornando seu processo de instalação e montagem mais conhecido, fazendo com que esta solução ainda seja aplicada na maior parte dos projetos de instalações hidráulicas.

Porém, é importante ressaltar que devido a simplicidade no procedimento de execução de um projeto utilizando o sistema ponto a ponto, o tempo gasto com a obra na instalação tende a ser diminuído, fazendo com que sejam também diminuídos os custos totais da obra.

Além disso, com a utilização do sistema PEX, não existe a necessidade de diversos cortes nas tubulações, visto que esta pode ser vendida em bobinas, diminuindo desta forma os gastos com materiais descartados na obra.

Recomenda-se uma futura análise econômica envolvendo os materiais em questão, porém considerando também os custos com a mão de obra para execução do projeto e demais peças não consideradas neste trabalho. Desta forma, será possível obter uma conclusão global envolvendo ambos os tipos de instalações hidráulicas.

7.2. Desempenho hidráulico – Pressão e perda de carga

Como já verificado através dos resultados apresentados, a utilização do PEX gerou no sistema uma maior perda de carga, principalmente quando utilizado a tubulação com diâmetro igual a 16 mm, cujo diâmetro interno corresponde a 12 mm.

Além disso, como já observado anteriormente e variando de acordo com a concepção do projeto, a quantidade de tubulação tende a aumentar consideravelmente, fazendo com que a perda de carga distribuída também tenda a aumentar.

Por outro lado, as pressões em ambos os sistemas foram satisfeitas, fazendo com que ambos os sistemas possuíssem um desempenho hidráulico satisfatório.

Recomenda-se para posteriores trabalhos acadêmicos, a comparação entre o desempenho hidráulico das instalações utilizando o PEX para sistemas ponto a ponto e para sistemas convencionais de instalação. Desta forma poderá ser verificado para qual utilização se dá o melhor desempenho hidráulico e situação econômica.

8. Bibliografia

- ALTOQI. Produto Hydros V4. Disponível em:
<http://www.altoqi.com.br/index2.asp?browser=IE>. Acessado em: 24 junho 2011.
- ALTOQI. Informações de Referencia – Critérios de Projeto. Disponível em:
<http://www.altoqi.com.br/index2.asp?browser=IE>. Acessado em: 24 junho 2011.
- AMANCO . **Catálogo de produtos**: Linha predial, 2011. Disponível em:
<http://www.amanco.com.br/web/downloads/download-de-catalogos/>. Acessado em: 30 Novembro 2011.
- ARQUITETURA, ENGENHARIA E CONSTRUÇÃO – AECWeb. **Utilização de PVC cresce na construção civil**. Disponível em: <http://www.aecweb.com.br/pvc-na-construcao-civil/tematico/13>. Acessado em: 28 novembro 2011.
- 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 fria. Rio de Janeiro, 1993. 6 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15704**: Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro, 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5648**: Sistemas prediais de água fria - Tubos e conexões de PVC 6,3, PN 750 kPa, com junta soldável – Requisitos.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT – Editais Atualizações. Disponível em:
http://www.abnt.org.br/imagens/imprensa/Editais_e_afins_Boletim/boletim_maio/AtualizacoesMaio2011.pdf. Acessado em: 01 Dezembro 2011
- ASTRA. **Linha Hidráulica** – Tubulações PEX. Disponível em: <http://www.astrasa.com.br/criativos/site/2002/indice.asp?secao=24>. Acessado em: 29 Novembro 2011.
- CALEFFI. **Hidráulica - O dimensionamento das redes hidro-sanitárias**. 2003.
- CONSTRUÇÃO MERCADO. Pex passa a contar com regras brasileiras. **Construção mercado**, São Paulo, 2011. Disponível em:
<http://revista.construcomercado.com.br/guia/habitacao-financiamento-imobiliario/119/artigo218854-1.asp#.TfZgWV3nxV8; blogger>. Acessado em: 29 Novembro 2011.
- DACARTO BENVIC. **Artigos Técnicos**. O que é PVC. 2 p.

DOCOL – Metais sanitários. **Produtos e soluções**. Disponível em: <http://www.docol.com.br/pt/produtos>. Acessado em: 01 Dezembro 2011.

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

EMMETI. **Catálogo técnico**. Disponível em: <http://www.emmeti.com.br/catalogos.asp>. Acessado em: 08 Novembro 2011.

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

HYDRO-PEX. **Tubulação flexível em polietileno de alta densidade reticulado**, 2011.

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**.

Rio de Janeiro: LTC,1990.

PEX DO BRASIL. **Produtos** – Sistema hidráulico, 2011. Disponível em: <http://www.pexdobrasil.com.br/>. Acessado em: 12 Novembro 2011.

PIMENTEL, Heber. **Dimensionamento econômico de redes de distribuição de água**, 2006.

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

PORTO, Rodrigo de Melo. **Hidráulica básica**. 4º Ed. São Carlos: EESC-USP, 2006

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

TIGRE. **PVC Rígido Soldável, Ficha Técnica**. 2009. Disponível em: www.tigre.com.br. Acessado em: 25 junho 2011.

TIGRE. **Água fria - Linha soldável**. 2011. Disponível em: www.tigre.com.br. Acessado em: 25 junho 2011.

TIGRE. **CPVC Aquatherm, Ficha Técnica**. 2011. Disponível em: www.tigre.com.br. Acessado em: 25 junho 2011.

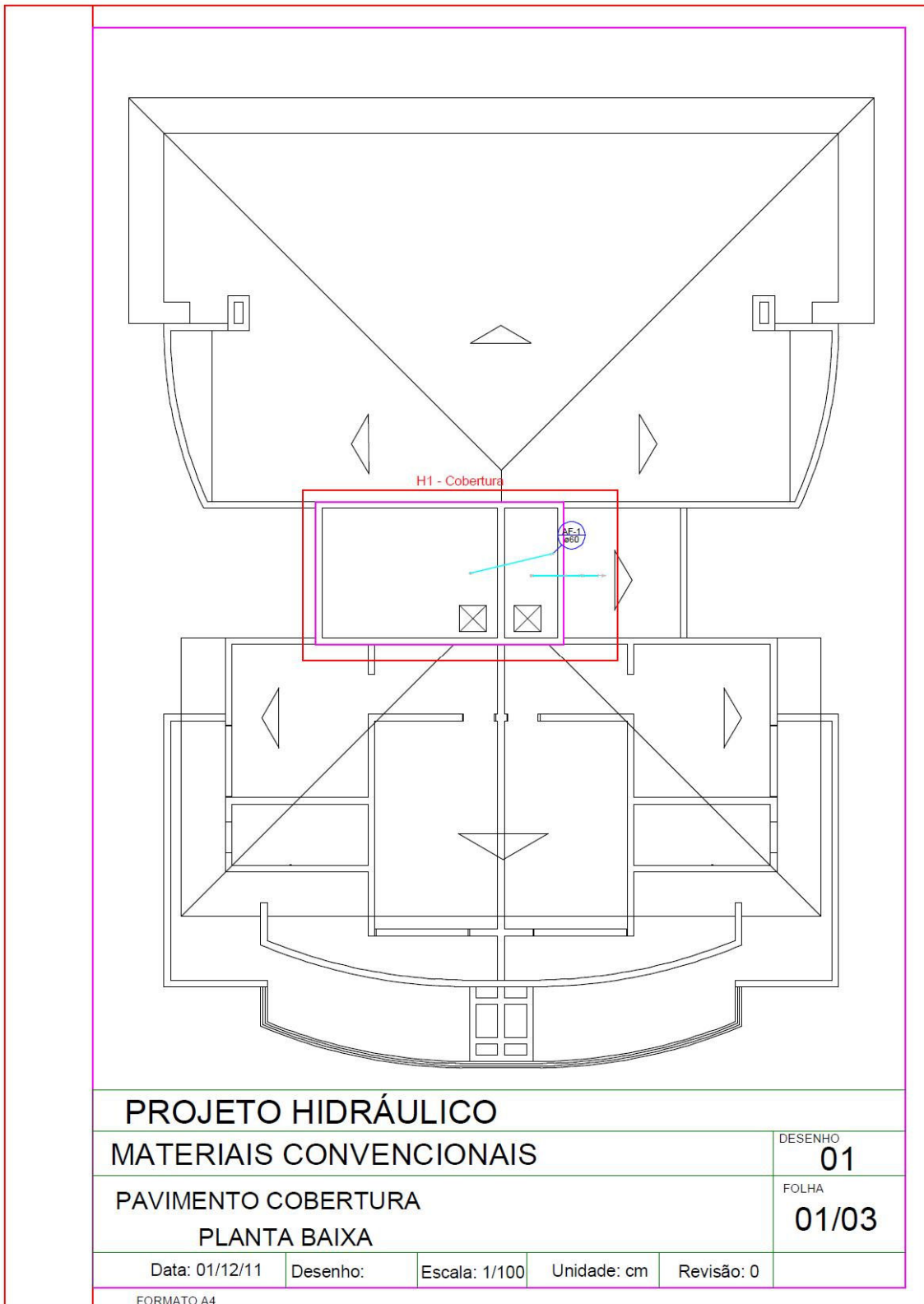
TIGRE. **PEX, Ficha Técnica**, 2009. Disponível em: www.tigre.com.br. Acessado em: 25 junho 2011.

TIGRE. **Conexão com bucha de latão, Ficha Técnica**, 2009. Disponível em: www.tigre.com.br. Acessado em: 19 novembro 2011.

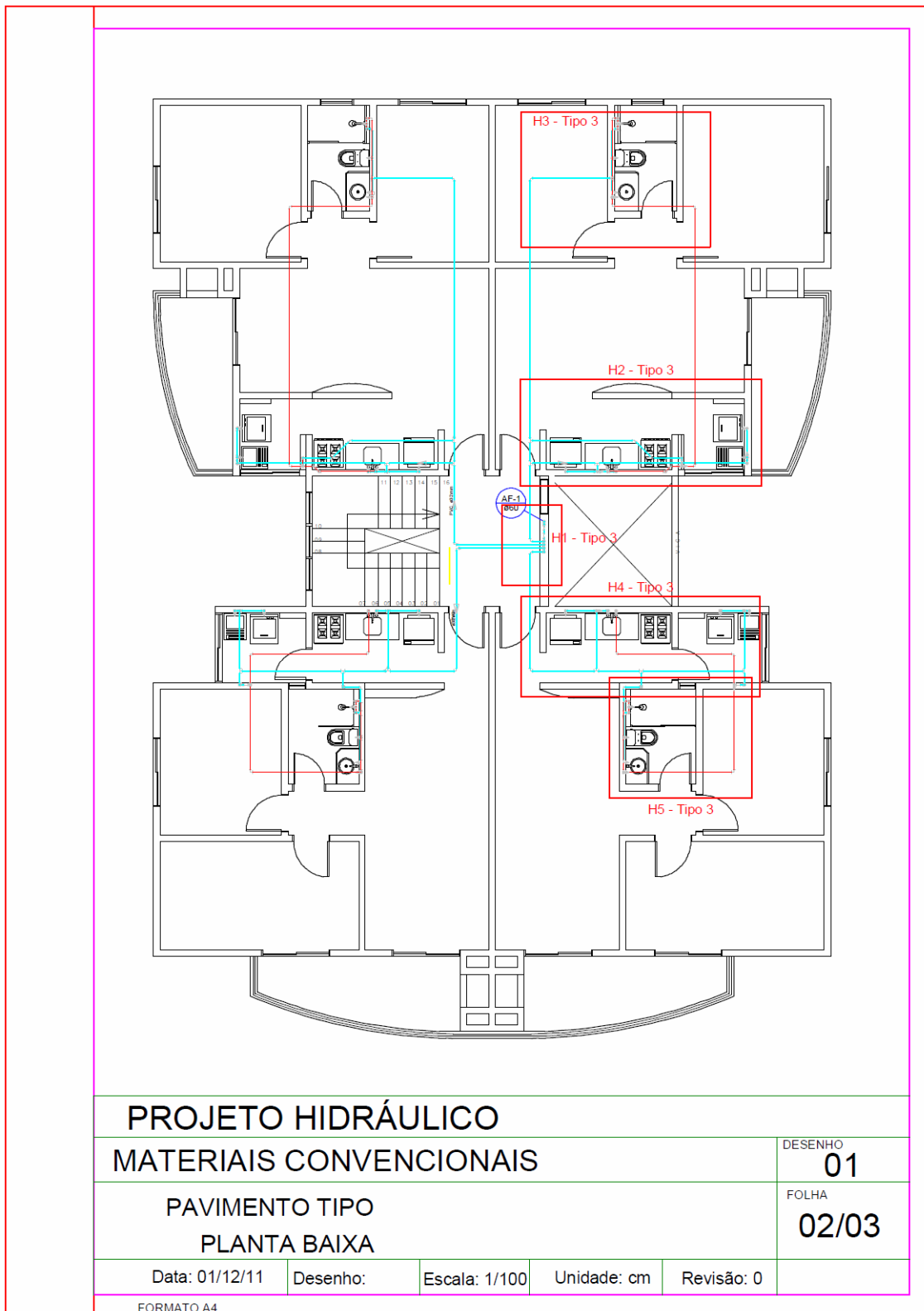
ANEXO 1: Roteiro para dimensionamento da rede de água fria e quente.

Passo	Atividade
1	Preparar o esquema isométrico da rede e numerar sequencialmente cada nó ou ponto de utilização desde o reservatório ou desde a entrada do cavalete
2	Introduzir a identificação de cada trecho da rede na planilha
3	Determinar a soma dos pesos relativos a cada trecho, usando a tabela X
4	Calcular para cada trecho a vazão estimada, em litros por segundo, com base na equação X
5	Partindo da origem de montante da rede selecionar o diâmetro interno de cada trecho, considerando que a velocidade não deva ser maior do que 3 m/s. Registrar o valor da velocidade e o valor da perda de carga de cada trecho.
6	Determinar a diferença de cotas entre a entrada e a saída de cada trecho, considerando positiva quando a entrada tem cota superior a saída e negativa em caso contrário.
7	Determinar a pressão disponível na saída de cada trecho, somando ou subtraindo a pressão
8	Medir o comprimento real do tubo que compõe cada trecho considerado
9	Determinar o comprimento equivalente de cada trecho somando ao comprimento real os comprimentos equivalentes das conexões
10	Determinar a perda de carga de cada trecho multiplicando os valores da perda de carga unitária pelo comprimento total
11	Determinar a perda de carga dos registros e outras singularidades dos trechos
12	Obter a perda de carga total do trecho, somando os valores das perdas de carga encontrados
13	Determinar a pressão residual de saída de cada trecho, subtraindo a perda de carga total da pressão disponível.
14	Se a pressão residual for menor do que a pressão requerida no ponto de utilização, ou for negativa, repetir os passos 5 ao 13, selecionando um diâmetro interno para a tubulação de cada trecho.

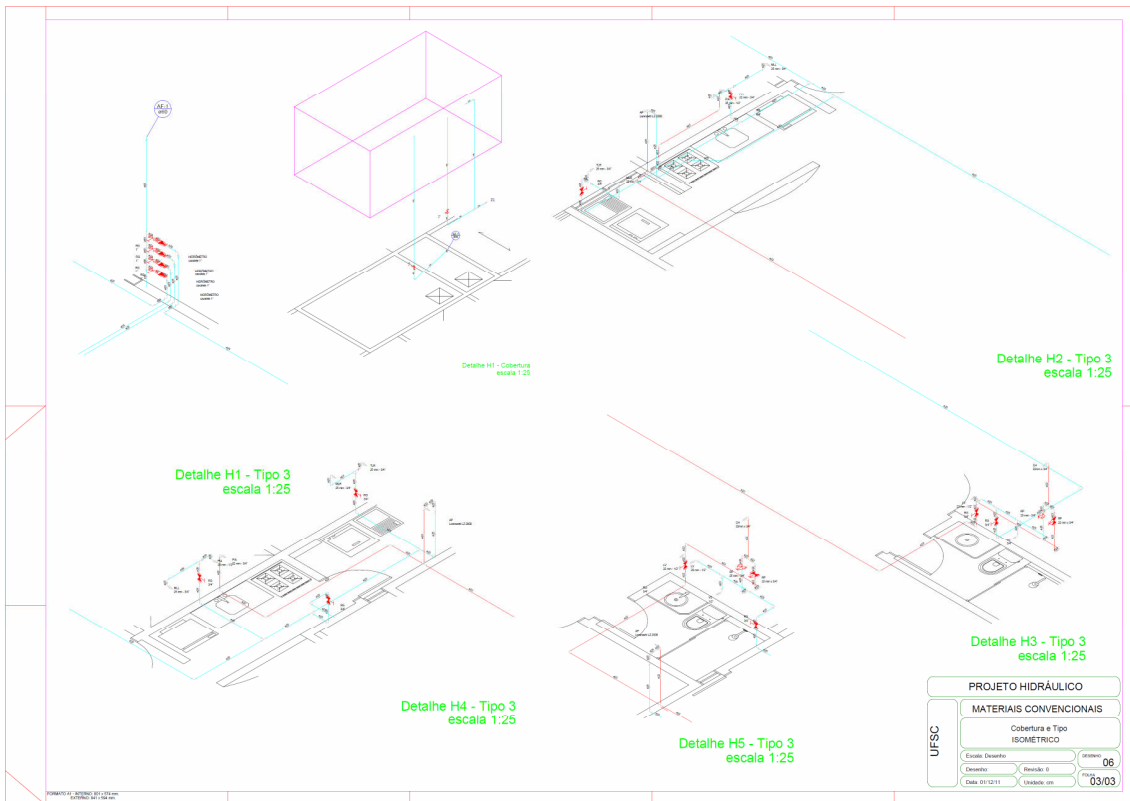
APENDICE A: Planta baixa do pavimento Cobertura utilizando os materiais PVC e CPVC



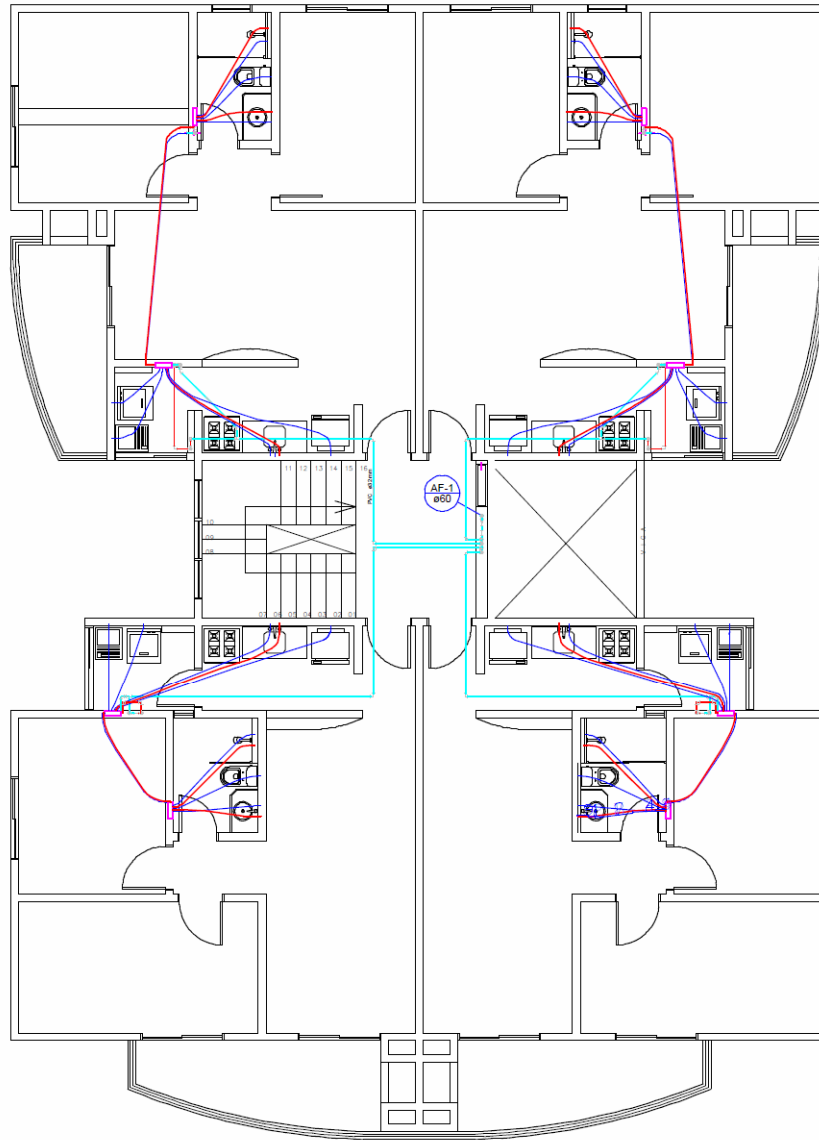
APENDICE B: Planta baixa do pavimento Tipo, utilizando os materiais PVC e CPVC



APENDICE C: Detalhes isométricos do pavimento Tipo, utilizando os materiais PVC e CPVC



APENDICE D: Planta baixa do pavimento Tipo, utilizando o PEX



PROJETO HIDRÁULICO

PEX PONTO A PONTO

DESENHO

01

PAVIMENTO TIPO
PLANTA BAIXA

FOLHA

02/03

Data: 01/12/11

Desenho:

Escala: 1/100

Unidade: cm

Revisão: 0

FORMATO A4

APENDICE E: Detalhes isométricos do pavimento Tipo, utilizando o PEX

