

**UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE - UNESC
PÓS-GRADUAÇÃO ENGENHARIA SEGURANÇA DO TRABALHO**

EVELISE GONÇALVES MARIANO FELISBERTO

**DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA HIDRAULICO PREVENTIVO DO INSTITUTO
DE PESQUISAS AMBIENTAIS E TECNOLÓGICAS – IPAT: ESTUDO DE CASO
UTILIZANDO A ESTRUTURA DE UMA EDIFICACAO EXISTENTE**

CRICIÚMA, JUNHO DE 2011

EVELISE GONÇALVES MARIANO FELISBERTO

**DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA HIDRAULICO PREVENTIVO DO INSTITUTO
DE PESQUISAS AMBIENTAIS E TECNOLÓGICAS – IPAT: ESTUDO DE CASO
UTILIZANDO A ESTRUTURA DE UMA EDIFICACAO EXISTENTE**

Monografia apresentada à Diretoria de Pós -
Graduação da Universidade do Extremo Sul
Catarinense – UNESC, para obtenção do título
de Especialista em Engenharia de Segurança
do Trabalho.

Orientador: Prof. M.Sc. Tadeu de Souza
Oliveira.

CRICIÚMA, JULHO DE 2011
EVELISE GONÇALVES MARIANO FELISBERTO

**DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA HIDRAULICO PREVENTIVO DO INSTITUTO
DE PESQUISAS AMBIENTAIS E TECNOLÓGICAS – IPAT: ESTUDO DE CASO
UTILIZANDO A ESTRUTURA DE UMA EDIFICACAO EXISTENTE**

Monografia apresentada à Diretoria de Pós -
Graduação da Universidade do Extremo Sul
Catarinense – UNESC, para obtenção do título
de Especialista em Engenharia de Segurança
do Trabalho.

CRICIÚMA, JULHO DE 2011

ORIENTAÇÃO E AVALIAÇÃO

Prof. M.Sc Tadeu de Souza Oliveira

A Deus e a toda a minha Família.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus.

Ao Prof. Msc. Tadeu de Souza Oliveira, por todos os seus atos como orientador e amigo, pela motivação e incentivo à dedicação ao trabalho.

À minha querida família, pela compreensão da ausência física e mental, Amo vocês.

Aos colegas do curso de Engenharia de Segurança do Trabalho, por toda amizade e respeito que marcaram para sempre este período com eternas lembranças.

“Se podes imaginar, podes conseguir”.

Albert Einsten

RESUMO

O estudo se concentrou em viabilizar a instalação de um Sistema Hidráulico Preventivo de Incêndio utilizando como apoio para o reservatório superior de alimentação deste sistema uma estrutura existente, que se encontra desativada e em bom estado de conservação. Pretende-se atender com este sistema, todas as instalações futuras e existentes do IPAT. Para tanto, foram utilizados cálculos hidráulicos a fim de determinar com precisão a dimensão da tubulação, a quantidade e o tipo de acessórios, perdas de carga real e localizadas e a pressão disponível nos pontos de utilização. Também foram determinadas a Reserva Técnica de Incêndio (RTI) e as dimensões do reservatório para abastecer o sistema. Todo o estudo foi preconizado com base na NSCI/94 do Corpo de Bombeiros de Santa Catarina.

Palavras-Chave: Proteção, Incêndio, Sistema Hidráulico Preventivo (SHP), Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Detalhe do Escoamento do Corante.....	19
Figura 2: Ângulo de Alargamento Gradual da Seção.....	26
Figura 3: (a) Reentrante ou de Borda; $K=1$. (b) Normal; $K=0,5$. Forma de Sino; $K=0,005$. Concordância com uma peça adicional; ($k=0,10$).....	27
Figura 4: Alterações na superfície interna do tubo.....	33
Figura 5 – Hidrante de parede – registro angular.....	44
Figura 6 – Hidrante de parede – adaptador.....	45
Figura 7 – Hidrante de parede – Abrigo.....	46
Figura 8 – Hidrante de parede – saída dupla.....	47
Figura 9 – Mangueira de combate a incêndio tipo 1 (38 mm).....	53
Figura 10– Esguicho agulheta.....	54
Figura 11 – Esguicho regulável.....	55
Figura 12 – Hidrante de recalque.....	56
Figura 13: Projeto de Implantação do IPAT.....	65
Figura 14: Estrutura de concreto Armado Existente.....	66
Figura 15: Esquema Vertical do SHP do IPAT.....	70
Figura 16: Detalhamento Isometrico do SHP do IPAT.....	71

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Análise comparativa entre as pressões dinâmicas calculadas e as pressões estabelecidas pelo CBMSC para os graus de risco leve e médio, 4 mca e 15 mca respectivamente – Diâmetro 100 mm.....	82
Gráfico 2: Análise comparativa entre as pressões dinâmicas calculadas e as pressões estabelecidas pelo CBMSC para os graus de risco leve e médio, 4 mca e 15 mca respectivamente – Diâmetro 125 mm.....	82
Gráfico 3: Análise comparativa entre as pressões dinâmicas calculadas e as pressões estabelecidas pelo CBMSC para os graus de risco leve e médio, 4 mca e 15 mca respectivamente – Diâmetro 150 mm.....	83

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Unidades e Símbolos do Sistema Internacional de Unidades (SI).....	15
Tabela 2: Coeficiente “c” de Hazen – Willians.....	23
Tabela 3 – Valores aproximados de K (perdas localizadas).....	24
Tabela 4: Valores de K em função do ângulo de ampliação das peças...26	
Tabela 5: Curvas de 90°.....	27
Tabela 6: Valores para Comprimentos Fictícios correspondentes às peças e Perdas mais Frequentes em nas Canalizações.....	31
Tabela 7: Capacidade das canalizações de ferro e aço.....	33
Tabela 8: Diâmetro Mínimo das Mangueiras e dos Requentes Mínimos...52	
Tabela 9: Tipos de Mangueiras de Hidrantes.....	53
Tabela 10: Vazão dos hidrantes de 1 a 8.....	73
Tabela 11: Cálculo de h_{p_c} para os hidrantes de 1 a 8 para a Canalização de 100 mm.....	75
Tabela 12: Calculo de h_{p_c} para os hidrantes de 1 a 8 para a Canalização de 125 mm.....	76
Tabela 13: Calculo de h_{p_c} para os hidrantes de 1 a 8 para a Canalização de 150 mm.....	77
Tabela 14: Perda de Carga na Mangueira dos Hidrantes.....	78
Tabela 15: Perda de Carga no Esguicho Tronco – cônico.....	78
Tabela 16: Perda de Carga na válvula Angular	79
Tabela 17: Perda de Carga Total nos Ramais dos Hidrantes.....	80
Tabela 18: Pressão Dinâmica nas saídas dos Hidrantes.....	80

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

CBMDF – Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal.

CBMSC – Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina.

CBPMSC – Corpo de Bombeiros da Polícia Militar de São Paulo.

CNTP – Condições normais de temperatura (20oC) e pressão (1 atm).

CoSIP – Código de Segurança contra Incêndio.

m.c.a. – Metros de coluna d'água.

NBR – Norma Brasileira.

NSCI – Normas de Segurança Contra Incêndio.

Re – Número de Reynolds.

RTI – Reserva técnica de incêndio.

S.I. – Sistema internacional. **SHP** – Sistema hidráulico preventivo.

SUSEP – Superintendência de Seguros Privados.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
1.2 Problema de Pesquisa.....	11
1.3 Justificativa.....	11
1.4 Objetivos.....	12
1.4.1 Objetivos Gerais.....	12
1.4.1.2 Objetivos Específicos.....	12
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	13
2.1 SISTEMAS HIDRÁULICOS.....	13
2.1.1 Evolução da Hidráulica.....	13
2.1.2 Unidades Usuais e Símbolos Adotados.....	14
2.1.3 Aceleração da Gravidade.....	15
2.1.4 Conceito de Fluido.....	15
2.1.5 Propriedades dos Fluidos.....	16
2.1.6 escoamento em tubulações.....	18
2.1.7 Número de Reynolds: Movimento Turbulento e Laminar.....	19
2.1.8 Perdas de carga.....	21
2.1.8.1 Classificação das Perdas de Cargas.....	21
2.1.8.2 Perda de Carga Devido ao Alargamento Gradual da Seção	25
2.1.8.3 Perda de Carga Devido ao Estreitamento da Seção.....	26
2.1.8.4 Perda de Carga na Entrada de uma Canalização.....	27
2.1.8.5 Perda de Carga em Válvulas de Gaveta.....	28
2.1.8.6 Perda de carga em curva.....	28
2.1.8.6 Método dos Comprimentos Virtuais.....	28
2.1.9 Natureza das Paredes dos Tubos Rugosidade.....	32

2.1.9.1	Influência do envelhecimento dos tubos.....	33
2.2	A Proteção Contra Incêndios E O Projeto Da Edificação.....	34
2.2.1	Os Analistas Dos Projetos De Proteção Contra Incêndios.....	35
2.2.2	Objetivos dos Projetos Contra Incêndios nas Edificações.....	36
2.2.2.1	A Proteção da Vida Humana.....	37
2.2.2.2	A Proteção do Patrimônio.....	37
2.2.2.3	A Continuidade do Processo Produtivo.....	37
2.2.3	Os Executantes Dos Projetos De Proteção Contra Incêndios.....	38
2.2.4	As Normas e s legislações de Proteção Contra Incêndios.....	39
2.2.5	Os regulamentos das Companhias de Seguro.....	39
2.2.6	Legislação Contra Incêndios No Estado de Santa Catarina.....	40
2.2.7	O Projeto Contra Incêndios das Edificações Existentes.....	40
2.2.8	Classificação das Edificações.....	41
2.2.8.1	Risco Leve.....	41
2.2.8.2	Risco Médio.....	42
2.2.8.3	Risco Elevado.....	42
2.2.9	Sistema Hidráulico Preventivo.....	43
2.2.9.1	Sistemas de Hidrantes – De Acordo com o Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina.....	44
2.2.9.2	Reservatório.....	48
2.2.9.2.1	Localização do Reservatório.....	48
2.2.9.3	Reserva Técnica de Incêndio (RTI).....	50
2.2.9.4	Canalizações.....	50
2.2.9.5	Mangueiras.....	51
2.2.9.5.1	Tipos de Mangueiras de Hidrantes.....	53
2.2.9.6	Esguichos.....	54
2.2.9.7	Hidrantes de Recalque ou de Passeio.....	55
2.2.10	Dimensionamento.....	56
2.2.10.1	Vazão.....	57
2.2.10.2	Pressão.....	58
2.2.10.3	Perdas de Carga nas Tubulações e Mangueiras.....	59
2.2.10.4	Perda de Carga no Esguicho.....	60

2.2.10.5	Perda de carga na Válvula Angular.....	61
2.10.6	Desnível A – R.....	62
3	ESTUDO DE CASO.....	63
3.1	introdução.....	63
3.2	Lançamento da Rede de hidrantes.....	66
3.3	Metodologia.....	68
3.4	Esquema Geral da Instalação.....	69
4	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS.....	72
4.1	Dimensionamento do Sistema Hidráulico Preventivo.....	72
4.1.2	Cálculo das Vazões.....	72
4.4.1.2	Determinação da Vazão Mínima nos Hidrantes 1, 2, 3, 4, 5 e 6.....	72
4.4.2	Determinação do Diâmetro do Ramal de Alimentação dos Hidrantes.....	73
4.4.3	Determinação das Perdas de Cargas.....	74
3.4.3.1	Perda de Carga Total na Canalização.....	74
4.4.3.2	Perda de Carga na mangueira.....	77
4.4.3.3	Perda de Carga no Esguicho.....	78
4.4.3.4	Perda de carga na Válvula Angular.....	79
4.4.3.5	Perda de Carga total nos Ramais dos Hidrantes de 1 a 8.....	79
4.4.4	Cálculo das Pressões.....	80
5	CONCLUSÃO.....	81
	REFERÊNCIAS.....	84

1 INTRODUÇÃO

Atualmente no Brasil existe uma crescente preocupação com incêndios nas edificações. Este fato está associado mais a questões circunstanciais do que a um processo de conscientização devido ao nível de desenvolvimento e de organização da sociedade civil e dos órgãos públicos do país.

Muito além de ser uma exigência de quem projeta e constrói, a segurança nas edificações é visível somente nos grandes centros do país, mais por exigências legais e de fiscalização.

No entanto, quando a legislação é mais exigente para garantir a segurança contra incêndios, surgem questionamentos na procura de subterfúgios alternativos na tentativa de reduzir custos adicionais, estes muitas vezes consideráveis. E assim, muitas edificações são projetadas deixando-se de lado elementos importantes, principalmente a segurança contra incêndio, que é muitas vezes, deixada de lado.

As edificações construídas no Brasil são muito variáveis tanto nas formas, materiais e nas características regionais. Outra questão bastante comum no País está relacionada com o fato de algumas edificações, que são projetadas para uma determinada finalidade, sofrerem constantes mudanças em relação a sua ocupação ao longo de sua vida útil. Nestes casos, seria necessária a adequação de todos os sistemas de segurança instalados, ou até mesmo, da necessidade de instalação porque muitas edificações antigas não possuem nenhum sistema desta natureza instalado. Em muitas localidades as legislações não contemplam este tipo de situação, permitindo que muitas edificações que outrora serviram de abrigo para outro tipo de atividade, funcionem sem atender aos requisitos mínimos de segurança contra incêndio.

Em fim, este é um processo de conscientização, e como tal, leva algum tempo para ser incorporado integralmente.

Neste contexto, surge a necessidade de se estabelecerem medidas viáveis e que sejam compatíveis com a contemporaneidade, na tentativa de adequar

as edificações existentes para que contemplem o mínimo de dispositivos de segurança estabelecidos por lei.

1.1 Problema de Pesquisa

Aproveitar ao máximo os recursos disponíveis é a proposta para o Instituto de pesquisas tecnológicas e Ambientais – IPAT, que funciona nas antigas instalações da ICC (Indústria Carboquímica Catarinense). A instituição, que carece de um sistema hidráulico Preventivo, além de outros dispositivos de segurança, pretende reutilizar uma estrutura de concreto armado para apoiar o reservatório do sistema Hidráulico Preventivo que atenderá as edificações existentes e também as que serão construídas.

Com base nas legislações pertinentes e nos cálculos hidráulicos adequados à situação, a reutilização desta estrutura para apoiar o reservatório proporcionará nas saídas dos hidrantes hidraulicamente mais desfavoráveis, a pressão mínima necessária exigida para o grau de risco da edificação?

1.2 JUSTIFICATIVA

Todos os projetos de edificações devem ser concebidos com rigorosa observância às prescrições e exigências da ABNT, das prefeituras, da vigilância sanitária, do corpo de bombeiros e demais órgãos competentes. Busca-se de forma harmônica aliar técnica e segurança no intuito de proporcionar soluções funcionais em conformidade com as normas pertinentes e que sejam economicamente viáveis.

Atualmente em Criciúma existem muitas edificações que abrigam os mais variados ramos de atividades e que funcionam sem atender aos requisitos normativos mínimos em relação à prevenção e combate ao incêndio.

Neste sentido, propõe-se um projeto hidráulico preventivo ao Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas – IPAT- utilizando como apoio do reservatório de alimentação do sistema uma estrutura de concreto armado existente. Esta iniciativa visa reduzir consideravelmente os custos de instalação do sistema, ao

passo que também preserva os recursos naturais que seriam empregados na construção de uma nova estrutura.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Dimensionar um Sistema Hidráulico Preventivo (SHP) para o Instituto de Pesquisas Tecnológicas e Ambientais – IPAT, aproveitando como apoio do reservatório de alimentação deste sistema uma estrutura de concreto armado existente.

1.3.2 Objetivos Específicos

- ✓ Classificar, através da legislação do Corpo de Bombeiros local, o grau de risco do conjunto de edificações que compõe o IPAT;
- ✓ Estabelecer de acordo com o grau de risco determinado, qual o tipo de Sistema hidráulico Preventivo será dimensionado;
- ✓ Propor a utilização de uma estrutura de concreto armado existente para apoiar o reservatório de abastecimento do sistema;
- ✓ Delimitar através da legislação pertinente e dos projetos disponíveis qual será a área de abrangência do Sistema Hidráulico Preventivo que se pretende dimensionar;
- ✓ Dimensionar o Sistema Hidráulico Preventivo a fim de se obter a pressão disponível nas saídas de todos os hidrantes que irão compor o sistema;
- ✓ Analisar de forma comparativa os resultados obtidos a fim de determinar se a pressão calculada no hidrante hidráulicamente menos favorável

é compatível com a pressão mínima exigida pela legislação para o grau de risco da edificação ;

✓ Contribuir para a conscientização da necessidade de implantação do Sistema Hidráulico Preventivo no conjunto de edificações em questão, e conseqüentemente, para a segurança de seus usuários.

2 FUNDAMENTAÇÃO TÉORICA

2.1 SISTEMAS HIDRÁULICOS

O significado etimológico da palavra Hidráulica é “conducao de água” -do grego hydor, água, e aulos, tubo, condução – (AZEVEDO NETTO, 1998, p.1). Em um sentido mais amplo pode-se dizer que o termo “Hidráulica” significa o estudo do comportamento da água e de outros líquidos, quer em repouso ou em movimento. O prefixo “Hidro” foi atribuído à água porque no principio foi o liquido mais estudado. A hidráulica pode ser subdividida em hidrostática, que estuda os líquidos em repouso e, hidrodinâmica, que estuda os líquidos em movimento.

Para a maioria dos ecossistemas terrestres a água constitui um fator limitante. Desde que começou a praticar a agricultura o homem aprendeu a captar, conduzir, tratar e distribuir a água. A partir daí não parou de construir obras hidráulicas.

Nos diferentes ramos da engenharia facilmente nos deparamos com problemas que envolvem o armazenamento e o escoamento de fluidos, sobretudo a água.

De acordo com Back (2006, p.15), a solução destes problemas requer conhecimento dos princípios fundamentais da mecânica dos fluidos e das propriedades dos líquidos envolvidos, que variam de acordo com a sua composição e temperatura.

2.1.1 Evolução da Hidráulica

Reportando à antiguidade verifica-se que na Mesopotâmia existiam canais de irrigação construídos na planície situada entre os rios Tigre e Eufrates. Em Nipor, na

Babilônia, existiam coletores de esgoto desde 3750 a.C. Obras de irrigação também foram executadas no Egito 25 séculos a. C.. Durante a XII dinastia, o lago artificial Méris foi executado com o objetivo de regularizar as águas do baixo Nilo. De acordo com Azevedo Neto (1998, p.3), o primeiro sistema público de abastecimento de que se tem notícia, o aqueduto de Jerwan, foi construído na Assíria, 691 a.C. Em 1586 foi publicado um novo tratado por Stevin, paralelamente às contribuições de Galileu, Torricelli e Bernoulli que constituíram a base para o novo ramo científico.

No século XVI deve-se a Euler as primeiras equações gerais para o movimento dos fluidos. Naquela época, os conhecimentos que hoje constituem a mecânica dos fluidos eram separados em dois campos: Hidrodinâmica Teórica, que estudava os líquidos perfeitos, e a Hidráulica empírica, em que cada problema era investigado isoladamente. A junção desses dois ramos iniciais originando a mecânica dos fluidos deve-se principalmente à Aerodinâmica.

Em seus estudos Reynolds, entre outros pesquisadores, perceberam a importância do estudo dos fluidos aliando teoria e prática. Este foi o começo da ciência da mecânica dos fluidos .

Convém salientar, que a Hidráulica sempre instigou a realização de estudos teóricos e análises matemáticas, que por muitas vezes se afastaram dos resultados experimentais. Assim, várias expressões tiveram de ser corrigidas por coeficientes práticos o que atribuiu à Hidráulica o termo cognitivo de “a ciência dos coeficientes”.

No século XIX, com o advento dos tubos de ferros fundidos, capazes de resistirem a pressões internas relativamente elevadas, e com o crescimento das cidades, a Hidráulica caminhou para um progresso rápido e acentuado.

A partir do século XX iniciaram a construção das primeiras usinas hidrelétricas. O processamento de dados e o auxílio da computação abreviaram a resolução de problemas de ordem técnico-econômicos para a concepção de projetos e implantação de obras hidráulicas propiciando a montagem de modelos de simulação. Pôde-se, então, prever e analisar fenômenos dinâmicos com maior confiabilidade e economicidade.

2.1.2 Unidades Usuais e Símbolos Adotados

Desde 1962, adota-se oficialmente no Brasil o Sistema Internacional de Unidades (SI). Contudo, na literatura especializada em engenharia, é comum o emprego de outros sistemas como o CGPM e o MKS. Na tabela 1 estão relacionados as principais unidades do SI com os símbolos adotados.

Tabela 1: Unidades e Símbolos do Sistema Internacional de Unidades (SI)

	Grandeza	Unidade	Símbolo
Unidades de Base	Comprimento	Metro	<i>m</i>
	Massa	Quilograma	<i>Kg</i>
	Tempo	Segundo	<i>s</i>
	Intensidade de corrente elétrica	Ampére	<i>A</i>
	Temperatura	Kelvin	<i>K</i>
	termodinâmica	Mol	<i>mol</i>
	Quantidade de matéria	Candela	<i>cd</i>
	Intensidade luminosa		
	Unidades Derivadas	Área	Metro quadrado
Volume		Metro cúbico	<i>m³</i>
Velocidade		Metro por segundo	<i>m / s</i>
Aceleração		Metro por segundo quadrado	<i>m / s²</i>
Densidade		Quilograma por metro cúbico	<i>Kg / m³</i>
Viscosidade cinemática		Metro quadrado por segundo	<i>m² / s</i>

Fonte: Back, 2006.

2.1.3 Aceleração da Gravidade

Para a aceleração da gravidade é considerado como padrão da gravidade ou, gravidade normal, o valor de $980,665 \text{ cm/s}^2$. Este valor foi medido em 1901 numa latitude 45° ao nível do mar (BACK, 2002, p.27).

De acordo com Azevedo Neto (1998, p.6), para a realidade latino-americana parece que a melhor aproximação para o valor da gravidade é $9,79 \text{ m/s}^2$ ou $9,80 \text{ m/s}^2$.

2.1.4 Conceito de Fluido

Fluido é qualquer substancia não sólida capaz de assumir a forma do recipiente que a contém (Back, 2006, p.15). Ou ainda, segundo a definição de Azevedo Neto (1998, p.8), fluidos são substâncias ou corpos cujas moléculas ou partículas têm a propriedade de se mover, umas em relação às outras, sob a ação de forcas de mínima grandeza.

Os fluidos podem ser líquidos ou aeriformes (gases, vapores). Uma forma pratica de distingui-los é que os líquidos quando colocados em um recipiente, tomam a forma deste, apresentando porém uma superfície livre. Os líquidos são pouco compressíveis e pouco resistentes à tração e esforços cortantes, por isso, se movem tão facilmente. Os gases são altamente compressíveis e de pequena densidade, quando comparados aos líquidos. Quando colocados em um recipiente, ocupam todo o volume, independente da sua massa ou do tamanho do recipiente.

2.1. 5 Propriedades dos Fluidos

Os fluidos possuem várias propriedades, as quais Azevedo Neto (1998, p.9) relaciona:

- ✓ **Massa Especifica (Kg / m^3):** é a massa de um fluido em unidade de volume, também conhecida como densidade absoluta;
- ✓ **Densidade Relativa:** Densidade: chama-se densidade relativa de um material a relação entre a massa específica do material que está sendo estudado e a massa específica de outro material tomado como base. No caso dos líquidos, essa substância base normalmente é a água a uma temperatura de $3,98\text{ }^{\circ}C$. Tratando-se de aeriformes, geralmente adota-se o ar nas CNTP (Condições Normais de

Temperatura 20 °C). Deste modo, a densidade relativa é adimensional;

- ✓ **Peso específico (N/m^3):** é o peso da unidade de volume desse fluido;
- ✓ **Compressibilidade (N/m^2 ou PA):** É a propriedade que os corpos têm de reduzir seus volumes sob a ação de pressões externas;
- ✓ **Elasticidade (Kgf/m^2):** Essa propriedade, descoberta em 1850 por Bertheloté, que tem os líquidos de aumentar seu volume quando lhes é diminuída a pressão. Após, Worthington provou que o aumento de volume, para uma compressão de igual valor absoluto, tem o mesmo valor absoluto que a diminuição do volume. Ou seja, os módulos de elasticidade são iguais à depressão e à compressão;
- ✓ **Viscosidade Dinâmica ou Absoluta ($Kgf.s/m^2$):** Ao escoar, verifica-se nos fluidos um movimento relativo entre as suas partículas, dando origem ao atrito entre as mesmas. Assim, a viscosidade é a propriedade dos fluidos responsável pela sua resistência à deformação. Esta propriedade exerce uma importante influencia no fenômeno do escoamento dos fluidos, principalmente nas perdas de cargas. A viscosidade dinâmica expressa a medida das forças de atrito internas de um fluido e representa o coeficiente de proporcionalidade entre a tensão de cisalhamento e o gradiente de velocidade (BACK, 2006, p.33).
- ✓ **Coefficiente de Viscosidade Cinemática:** é a relação entre a viscosidade e a massa específica de um fluido.
- ✓ **Tensão de vapor:** ocorre no momento em que um líquido entra em ebulição. Variando a pressão a que o líquido está submetido, varia também a sua temperatura de ebulição. Essa propriedade é de fundamental importância para a análise do fenômeno de cavitação, reporta Azevedo Neto (1998, p.21);
- ✓ **Solubilidade dos gases:** o volume de gás dissolvido em um determinado volume de água é constante se não houver variação de temperatura. Um acréscimo de pressão acarreta na diminuição do volume de gás dissolvido e passa a ser possível dissolver mais gás. Ao

realizar uma depressão, ocorre o inverso, liberando-se gás. É devido a esta propriedade que ocorrem o desprendimento de ar e o aparecimento de bolhas de ar nos pontos altos das tubulações. Nas CNTP, a água dissolve o ar em aproximadamente 2% de seu volume;

- ✓ **Coesão e Adesão:** a coesão e a adesão são fenômenos de origem molecular devidas a forças eletroquímicas que provocam a atração recíproca das moléculas (BACK, 2006, p. 34). Coesão é a propriedade que permite às partículas fluidas resistirem a pequenos esforços de tensão resultante da atração entre as partículas dos líquidos. A adesão corresponde à propriedade dos líquidos de se unirem a outros corpos;
- ✓ **Tensão superficial (N/m):** em contato com o ar há a formação de uma película elástica na superfície de um líquido. Este fato se deve à atração entre as moléculas do líquido ser maior que a atração que o ar exerce sobre líquido. Este fenômeno deve-se a tensão superficial;
- ✓ **Capilaridade (m):** a elevação de um líquido em tubos capilares se deve à tensão superficial e dependem das forças de adesão do líquido em relação às paredes do tubo e à coesão do líquido. A elevação do líquido nos tubos capilares ocorre quando as forças de adesão são maiores que as de coesão (caso da água em tubos de vidro), formando uma superfície côncava. Neste caso, diz-se que o líquido molha as paredes do tubo. No contrário, ou seja, quando a coesão é maior que a adesão, (caso do mercúrio em tubos de vidro) o líquido decresce no tubo, formando uma superfície convexa. Neste caso, o líquido não molha as paredes do tubo.

2.1.6 escoamento em tubulações

A maior parte das aplicações da Hidráulica na Engenharia diz respeito à utilização de tubos. Os tubos são condutos utilizados para o transportar fluidos. Ao funcionar com a seção cheia (plena), apresentam pressão superior à atmosférica, ao contrário, funcionam como canais com superfície livre. Os condutos forçados, ou sob

pressão, são aqueles em que a pressão interna é diferente da pressão atmosférica (Back, 2006, p.77). Nesta categoria, as seções transversais são sempre fechadas e o fluido os enche completamente efetuado o movimento em ambos os sentidos. Como exemplo de condutos forçados citam-se os encanamentos, as canalizações ou tubulações sob pressão, canalizações ou tubulações de recalque, canalizações ou tubulações de sucção, barriletes de sucção ou descargas, entre outros.

Os condutos livres apresentam, em qualquer ponto da superfície livre do líquido circulante, a pressão igual à atmosférica. Quando a seção transversal não é totalmente fechada, funciona parcialmente cheia. De acordo com Back (2006, p.78) o movimento se faz no sentido decrescente das cotas topográficas, sempre por gravidade. São executados com declividades preestabelecidas, exigindo nivelamento criterioso ao exemplo das canaletas, calhas drenos, canais galerias, etc..

2.1.7 Número de Reynolds: Movimento Turbulento e Laminar

Osborne Reynolds (1883) observou o comportamento dos líquidos em escoamento utilizando um dispositivo, semelhante ao da figura 1, que consiste num tubo transparente (A) colocado dentro de um recipiente de vidro (B). A entrada do tubo é alargada em forma de sino para evitar turbulências parasitas. Nessa entrada está localizado um ponto por onde se é introduzido um corante. A vazão é controlada pela torneira localizada na extremidade C.

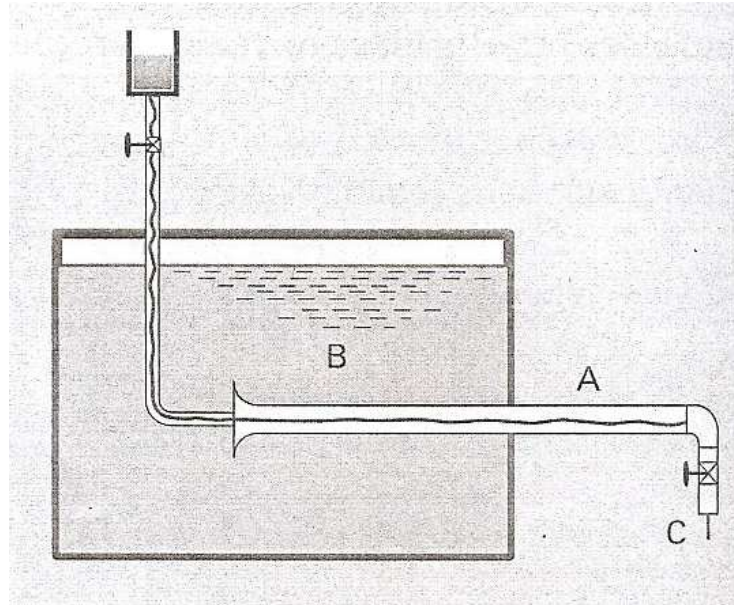


Figura 1: Detalhe do Escoamento do Corante
Fonte: Azevedo Netto (1998)

Abrindo-se a torneira de forma gradual, pode-se observar primeiramente um filamento colorido retilíneo. Nesse tipo de movimento, as partículas fluidas apresentam-se em trajetórias bem definidas, não se cruzando umas com as outras. Este regime de escoamento é definido como laminar ou lamelar, pois no interior do líquido podem ser imaginadas lâminas ou lamelas em movimento (AZEVEDO NETO, 1998, p.112). Ao abrir mais o obturador, a descarga e a velocidade do líquido se elevam. Como conseqüência, o filamento colorido pode difundir-se no líquido, devido ao movimento desordenado de suas partículas. Tal regime é definido como turbulento. Ao fechar gradualmente o registro, o processo se inverte. De acordo com Azevedo Netto (1998, p.112) nessas condições a velocidade vai sendo gradualmente reduzida, e existe um certo valor de velocidade para na qual o regime passa de laminar para turbulento. Este valor de velocidade é denominado velocidade crítica inferior, sendo menor do que o valor de velocidade na qual o escoamento passa de laminar para turbulento.

Após investigações teóricas e experimentais, trabalhando com diferentes diâmetros e temperaturas que o melhor critério para classificar o tipo de movimento em uma canalização depende da utilização da seguinte expressão sem dimensões, na qual é considerada a viscosidade do líquido:

$$RN = \frac{vD}{\nu} \quad (1)$$

Em que NR conhecido como número de Reynolds, onde:

v = velocidade do fluido (m/s);

D = diâmetro da canalização (m);

ν = viscosidade cinemática (m^2/s).

Desta maneira:

Se $NR > 4\ 000$ o regime é dito turbulento;

Se $NR < 2\ 000$ o regime é dito laminar;

Se $2\ 000 < NR < 4\ 000$ diz-se que se está na zona de transição.

2.1.8 Perdas de carga

As tubulações são formadas exclusivamente por tubos retilíneos e usualmente, por diversas peças especiais que pela forma e disposição provocam atritos causando choque entre as partículas, originando desta forma, as perdas de carga. Além disso, as canalizações incluem também outros dispositivos como válvulas, registros, medidores, etc.. resultando também em perdas de carga dessa natureza.

De acordo com Back (2006, p.85), a perda de carga nas tubulações ocorre devido ao atrito interno das moléculas do líquido e também devido ao atrito externo do líquido com as paredes da tubulação. A sua interpretação física é uma perda de energia mecânica por unidade de massa de fluido em escoamento (FOX; McDONALD, 1998 Apud ZANIN, 2008).

2.1.8.1 Classificação das Perdas de Cargas

As perdas de cargas localizadas podem ser classificadas da seguinte maneira:

a) Perdas de carga ao longo da tubulação: são ocasionadas pela movimentação da água na própria tubulação. De uma maneira geral, ocorrem uniformemente em qualquer trecho de uma canalização de dimensões constantes e independem da posição da canalização.

Frente a muitas dificuldades, Darcy e outros investigadores conduziram várias investigações utilizando tubos de seção circular, chegando à fórmula de cálculo conhecida como “fórmula de Darcy-Weisbach” ou ainda, “formula universal de perda de carga”:

$$h_f = f \times \frac{LV^n}{D2g} \quad (2)$$

onde:

h_f = perda de carga (m);

L = comprimento da tubulação (m);

D = diâmetro da tubulação (m);

V = velocidade de escoamento (m/s);

g = aceleração da gravidade (m/s^2);

n = potencia da velocidade;

f = coeficiente.

No entanto, a fórmula Universal proposta por Darcy apresenta o inconveniente de precisar o coeficiente f , o que torna a sua utilização problemática. Muitos outros pesquisadores dedicaram-se à observação da prática e ao estudo de gráficos para a partir daí, desenvolver equações empíricas. Com o avanço na indústria, a evolução dos materiais e das técnicas de fabricação dos tubos, tornou-se inconveniente o emprego de fórmulas estabelecidas há muito tempo.

Atualmente, a fórmula para perdas de cargas com maior aceitação em vários países da América e da Europa tem sido a de Hazen – Williams, pelo fato de apresentar bons resultados práticos para uma grande variedade de diâmetros. Além disso, possui a vantagem de poder ser aplicada para todos os tipos de materiais industriais. A fórmula também se apresenta conveniente por possuir coeficientes para os materiais mais utilizados na hidráulica, como apresenta a tabela 2 .

Tabela 2: Coeficiente 'c de Hazen - Williams

Tipo de Material	Idade	Diâmetro (mm)	C
Ferro Fundido pichado; Aço sem revestimento, soldado	Novo	Até 100	118
		100 a 200	120
		225 a 400	125
		450 a 600	130
	10 anos	Até 100	107
		100 a 200	110
		225 a 400	113
		450 a 600	115
	20 anos	Até 100	89
		100 a 200	93
		225 a 400	95
		450 a 600	100
30 anos	Até 100	65	
	100 a 200	75	
	225 a 400	80	
	450 a 600	85	
Aço sem revestimento, rebitado	Novo	Até 100	107
		100 a 200	110
		225 a 400	113
		450 a 600	115
Usado	Até 100	89	
	100 a 200	93	
	225 a 400	96	
	450 a 600	100	
Ferro fundido cimentado	Novo ou usado	Até 100	120
		100 a 200	130
		225 a 400	136
Cimento - amianto	Novo ou usado	225 a 400	136
		450 a 600	140
Concreto	Novo ou usado	500 a 1 000	135
		> 1 000	140
Aço revestido concreto	Novo ou usado	Até 50	125
		60 a 100	135
Plástico (PVC)	Novo ou usado	60 a 100	135
		125 a 350	140

Fonte: Back (2006, adaptado de Silvestre, 1979)

A fórmula de Hazen – Willians com o seu fator numérico em unidades SI, é a seguinte:

$$J = 10,65 \frac{V^{1,852}}{C^{1,852} D^{4,87}} \quad (3)$$

Onde:

J = Perda de carga unitária em m/m ;

Q = Vazão em m^3/s ;

D = Diâmetro em m ;

V = velocidade de escoamento (m/s);

C = Coeficiente adimensional que depende da natureza do material das paredes do tubo.

Entretanto, ressalta Azevedo Netto (1998, p. 151), a escolha do coeficiente C deve ser criteriosa. Uma escolha negligente pode reduzir a precisão que se pode esperar de tal fórmula.

b) Perdas de carga localizadas ou acidentais: são ocasionadas pelas peças especiais e demais particularidades de uma instalação. No caso de tubulações curtas, essas perdas são relativamente importantes, ao contrário das tubulações longas, em que seu valor é freqüentemente considerado desprezível, em comparação à perda resultante da resistência ao escoamento. Usualmente, essas perdas são calculadas separadamente aos cálculos das perdas de carga ao longo da canalização, para posteriormente serem consideradas em conjunto.

Conforme Azevedo Netto (1998, p.121), todas as perdas de carga localizadas podem ser expressa pela equação geral, para qual, o coeficiente K pode ser obtido experimentalmente para cada caso.

$$h_f = K \frac{v^2}{2g} \quad (4)$$

Onde:

h_f = Perda de carga localizada (m);

K = Coeficiente Constante para valores dos números de Reynolds superiores a 5 000 (regime turbulento);

v = velocidade de escoamento (m / s);

g = aceleração da gravidade (m / s²);

A tabela 3, apresenta valores aproximados de K para as peças e perdas mais praticadas.

Tabela 3 – Valores aproximados de K (perdas localizadas)

PEÇA	K	PEÇA	K
Ampliação gradual	0,30	Junção	0,40
Bocais	2,75	Medidor Venturi	2,50
Comporta aberta	1,00	Redução gradual	0,15
Controlador de vazão	2,50	Saída de canalização	1,00
Cotovelo de 90°	0,90	Tê, passagem direta	0,60
Cotovelo de 45°	0,40	Tê, saída de lado	1,30
Crivo	0,75	Tê, saída bilateral	1,80
Curva de 90°	0,40	Válvula de ângulo aberto	5,00
Curva de 45°	0,20	Válvula de gaveta aberta	0,20
Curva de 22,5°	0,10	Válvula borboleta aberta	0,30
Entrada normal em canalização	0,50	Válvula-de-pé	1,75
Entrada de borda	1,00	Válvula de retenção	2,50
Existência de pequena derivação	0,03	Válvula globo aberta	10,00

Fonte: Azevedo Netto (1998)

2.1.8.2 Perda de Carga Devido ao Alargamento Gradual da Seção

Experimentalmente, verifica-se que os valores de K dependem do comprimento da peça, bem como a relação entre os diâmetros inicial e final. Para peças mais usuais, temos que :

$$h_f = K \frac{(v_1 - v_2)^2}{2g} \quad (5)$$

A seguir, a tabela 4, apresenta valores para K, em função do ângulo de ampliação das peças, de acordo com a ilustração da figura 2.

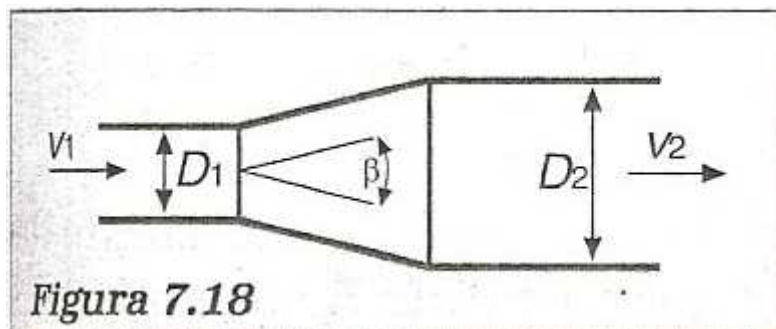


Figura 2: Ângulo de Alargamento Gradual da Seção
Fonte: Prof. C. F. Pimenta APUD Azevedo Netto (1998)

Tabela 4: Valores de K em função do ângulo de ampliação das peças

β	5°	10°	20°	40°	60°	80°	120°
K	0,13	0,17	0,42	0,90	1,10	1,08	1,05

Fonte: Prof. C. F. Pimenta APUD Azevedo Netto (1998)

2.1.8.3 Perda de Carga Devido ao Estreitamento da Seção

Conforme Azevedo Netto (1998, p. 124), a perda de carga que decorre da redução de uma seção A_1 para uma seção A_2 é dado por :

$$h_f = K \frac{v^2}{2g} \quad (6)$$

Sendo:

$$K = \frac{4}{9} \left(1 - \frac{A_1}{A_2} \right) \quad (7)$$

A perda será menor se a redução do diâmetro ocorrer de forma gradual. Geralmente, neste caso, o valor de K está compreendido entre 0,04 e 0,15.

2.1.8.4 Perda de Carga na Entrada de uma Canalização

A perda de carga atribuída à entrada de uma canalização (saída de reservatórios, tanques, caixas etc) irá depender das características e do tipo da entrada. A disposição mais usual é aquela em que a canalização faz um ângulo de 90° com o fundo ou as paredes do reservatório. Nessas condições, Azevedo Netto (1998, p.122) diz que o valor de K é bem determinado, podendo-se adotar o valor igual a 0,5. De acordo com o mesmo autor, no caso de tubulação reentrante, as condições são desfavoráveis e K assume o valor de 1 e se as entradas forem arredondadas, o valor de K cairá substancialmente igualando-se a 0,05 (sempre que for obedecida a forma de sino).

Para melhorar as condições de entrada, sempre que possível na prática, poderá ser adotada uma redução no início da tubulação.

A figura 3 apresenta os tipos de entradas na canalização descritas anteriormente.

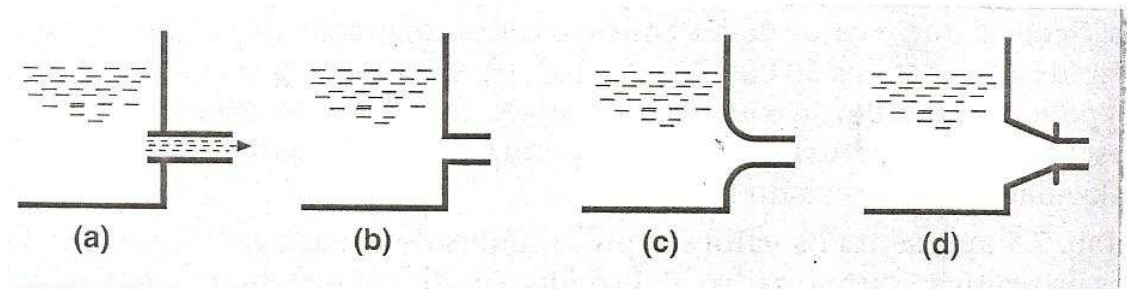


Figura 3: (a) Reentrante ou de Borda; $K=1$. (b) Normal; $K=0,5$. Forma de Sino; $K=0,005$. Concordância com uma peça adicional; ($k=0,10$)
Fonte: Azevedo Netto (1998)

2.1.8.5 Perda de Carga em Válvulas de Gaveta

Para as válvulas de gaveta totalmente abertas, o valor de K pode variar desde 0,1 até 0,4, conforme suas características de fabricação: 0,2 é um dado médio representativo (AZEVEDO NETO, 1998, p.123).

2.1.8.6 Perda de carga em curvas

Azevedo Netto (1998, p.123) diz que existe um raio de curvatura e um desenvolvimento ótimos para cada curva, de acordo com a tabela 5.

Tabela 5: Curvas de 90°

Relação R/D	1	1 1/2	2	4	6	8
Valores de K	0,48	0,36	0,27	0,21	0,27	0,36

Fonte: Azevedo Netto (1998)

2.1.8.6 Método dos Comprimentos Virtuais

Sob o ponto de vista das perdas de carga, parte-se da premissa de que diversas peças especiais e outras singularidades de uma canalização correspondem a um encanamento retilíneo de comprimento maior. Este método, conhecido como “método dos comprimentos virtuais” é utilizado para se levar em conta as perdas de carga localizadas, explica Azevedo Netto (1998, p.125). A Tabela 6 inclui valores para os comprimentos fictícios correspondentes às peças e perdas mais freqüentes em nas canalizações.

2.1.9 Natureza das Paredes dos Tubos Rugosidade

De acordo com Azevedo Netto (1998, p.118), na análise da natureza ou a rugosidade das paredes das tubulações, deve-se considerar:

- ✓ O material empregado na fabricação do tubo;
- ✓ O processo de fabricação dos tubos;
- ✓ O comprimento de cada tubo e o número de juntas na tubulação;
- ✓ A técnica de assentamento;
- ✓ O estado de conservação das paredes dos tubos;
- ✓ A existência de revestimentos especiais;
- ✓ O emprego de medidas protetoras durante o funcionamento.

Desta forma, um tubo de vidro por exemplo, apresenta-se mais liso favorecendo o escoamento. Ao contrário, os tubos de ferros fundidos ou de aço, quando novos apresentam menos resistência ao escoamento do que quando usados. De acordo com Azevedo Netto (1998, p. 118), com o tempo os tubos são atacados por fenômenos de natureza química relacionados aos minerais presentes na água, assim, na superfície interna dos tubos, podem surgir protuberâncias, ou reentrâncias (corrosão) conclui Azevedo Netto. Outro fenômeno relativo à vida útil dos tubos é a decomposição de camadas aderentes as incrustações, que podem diminuir o diâmetro dos tubos e alterar a sua rugosidade.

As alterações que podem ocorrer na superfície interna dos tubos podem ser observadas nas figura 4.

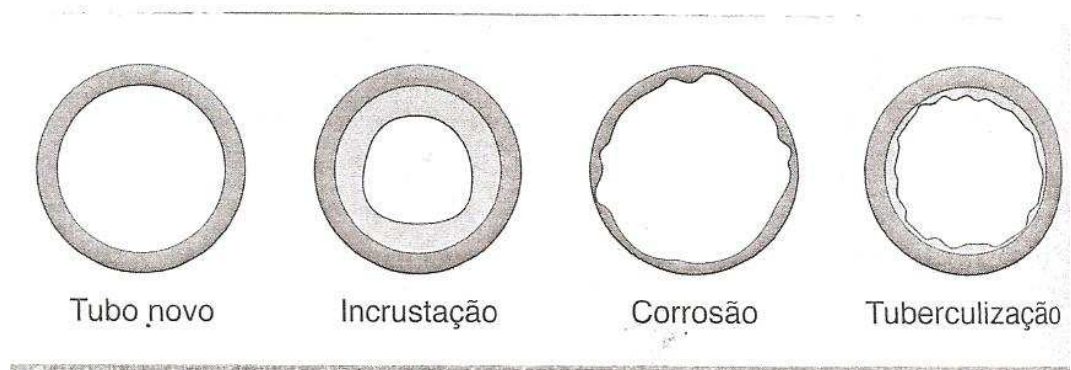


Figura 4: Alterações na superfície interna do tubo
 Fonte: Azevedo Netto (1998)

2.1.9.1 Influência do envelhecimento dos tubos

De acordo com os fatores apontados anteriormente, com o decorrer do tempo a capacidade do escoamento da água pode ficar comprometida em tubulações de ferro fundido e aço. Estudos realizados por Hazen – Williams sugerem que esta capacidade decresce de acordo com os dados apresentados na tabela 7.

Tabela 7: Capacidade das canalizações de ferro e aço
 (sem revestimento permanente interno)

Idade	D = 4" (100mm)	D = 6" (150mm)	D = 10" (250mm)	D = 16" (400mm)	D = 20" (500mm)	D = 30" (750mm)
Tubos novos	Q=100%	100	100	100	100	100
Após 10 anos	Q=81%	83	85	86	86	87
Após 20 anos	Q=68%	72	74	75	76	77
Após 30 anos	Q=58%	62	65	67	68	69
Após 40 anos	Q=50%	55	58	61	62	63
Após 50 anos	Q=43%	49	54	56	57	59

Fonte: Azevedo Netto

Azevedo Netto (1998, p.119) salienta que os tubos não metálicos costumam apresentar capacidade constante ao longo do tempo, a menos que ocorra algum fenômeno de incrustação específica.

2.2 A Proteção Contra Incêndios E O Projeto Da Edificação

De acordo com Azeredo (1997, p.1), entende-se por construção civil a ciência que estuda as disposições e métodos seguidos na realização de uma obra sólida, útil e econômica; por obra todos os trabalhos de engenharia de que resulte a criação, modificação ou reparação, mediante construção, ou que tenham como resultado qualquer transformação do meio ambiente natural; por edifício toda a construção que se destina ao abrigo e proteção contra as intempéries, dando condições para o desenvolvimento de uma atividade.

Atualmente no Brasil existe uma crescente preocupação com incêndios nas edificações. Este fato está associado mais a questões circunstanciais do que a um processo de conscientização devido ao nível de desenvolvimento e de organização da sociedade civil e dos órgãos públicos do país. Muito além de ser uma exigência de quem projeta e constrói, a segurança nas edificações é visível somente nos grandes centros do país, mais por exigências legais e de fiscalização. Paralelamente, muitas multinacionais que estão sendo implantadas no Brasil trazem do país de origem medidas de proteção contra incêndios, independentemente das exigências locais, o que de certa forma, ajuda a mudar a cultura brasileira em relação a este aspecto.

Segundo BRENTANO (2010, p. 36), no Brasil há três partes envolvidas na questão da segurança contra incêndio:

a) O projetista: profissionais envolvidos nos projetos de edificações e que devem ter um conhecimento mínimo sobre segurança contra incêndio para que desta forma possam tomar medidas de proteção decorrentes de possíveis potenciais de princípio de fogo.

b) O proprietário: estes muitas vezes induzem os profissionais a cumprirem os requisitos mínimos legais, procurando subterfúgios legais para reduzir custos e conseqüentemente, a resistência contra o fogo. Cabe ao profissional da segurança contra incêndios, ou até de outras áreas da engenharia, o trabalho de convencimento do proprietário sobre um projeto desta importância.

c) A fiscalização: No Brasil a fiscalização não consegue abranger todas as edificações. Muitos são os motivos que inviabilizam esta fiscalização, como por exemplo a falta de recursos e de profissionais capacitados para tal. Na maioria das vezes, os projetos são analisados por pessoas com a mínima formação sobre o assunto resultando numa simples conferência entre o projeto e o que é exigido pela legislação local. Desta forma pode-se inferir que a fiscalização não é abrangente tendo em vista a magnitude do problema.

Fatalmente, o processo de conscientização leva algum tempo para ser incorporado totalmente, de tal maneira que, a exigência de medidas de segurança contra incêndio nas edificações através das legislações estaduais e normas brasileiras, consiste num bom começo. Mesmo que seja de maneira compulsória.

BRENTANO (2010, p. 37), com relação a este assunto diz que:

“Seria interessante que houvesse uma legislação de proteção contra incêndio a nível nacional, mas que fosse moderna e que pudesse ser regularmente atualizada. Isto talvez seja uma utopia, porque temos um poder legislativo federal (câmara e senado) extremamente procrastinador na elaboração das leis, que geralmente trabalha empurrado por grandes tragédias, como tem acontecido recentemente. Esperamos que não seja um grande incêndio o motivador de uma nova legislação brasileira de proteção contra incêndios.”

2.2.1 Os Analistas Dos Projetos De Proteção Contra Incêndios

Um projeto de proteção contra incêndio pode apresentar questões específicas exigindo profissionais qualificados para a sua elaboração. Da mesma forma, os analistas dos projetos devem estar igualmente habilitados.

Em Santa Catarina e no Paraná, há uma parceria entre o Corpo de Bombeiros e as entidades de profissionais ou com a prefeitura local. Especificamente no estado de Santa Catarina, compete ao Comando do Corpo de Bombeiros, por meio do seu órgão próprio, CENTRO DE ATIVIDADES TÉCNICAS (CAT), normatizar e supervisionar o cumprimento das disposições legais relativas às medidas de Segurança Contra Incêndios. Quando se tratar de tipo de ocupação das edificações ou de atividades diferenciadas das constantes na NSCI/94, o Corpo de Bombeiros do Estado de Santa Catarina poderá determinar outras medidas que, a seu critério, julgar convenientes a Segurança Contra Incêndios.

“Os bombeiros militares são ótimos no combate aos incêndios e heróicos no salvamento de pessoas, pois recebem treinamento intenso e constante para estas finalidades, mais a grande maioria não esta suficientemente preparada para analisar projetos técnicos de arquitetura e engenharia, porque falta formação técnica formal nestas áreas. [...]. A contratação de profissionais engenheiros ou arquitetos e urbanistas ou, talvez, o incentivo para que membros das próprias corporações obtivessem formação nestas áreas, seria interessante e muito produtivo para o Brasil. “

(BRENTANO, 2010, p. 45)

2.2.2 Objetivos dos Projetos Contra Incêndios nas Edificações

De acordo com BRENTANO (2010, p.37), os níveis aceitáveis de risco e o foco da análise da proteção contra o fogo no processo de elaboração de projetos estão concentrados em três objetivos principais:

- ✓ A proteção da vida humana;

- ✓ A proteção do patrimônio;
- ✓ Continuidade do processo produtivo.

2.2.2.1 A Proteção da Vida Humana

A vida humana, é sem dúvida, o objetivo maior e o que norteia todos os parâmetros determinantes no projeto da edificação. Infelizmente na prática não ocorre exatamente assim. Quando se trata da proteção da vida humana, deve-se pensar em todo um contexto ao qual o homem esta inserido seja o ambiente de trabalho, na moradia, transporte, hospitais, locais de lazer, etc.. ou seja, em todos os ambientes possíveis de risco de incêndio.

BRENTANO (2010, p. 38) ressalta a importância de esclarecer os ocupantes da edificação sobre os principais possíveis focos de incêndio bem como lhes oferecer um treinamento adequado para que na ocasião de um sinistro possam agir de forma correta e segura.

2.2.2.2 A Proteção do Patrimônio

Os investimentos feitos nas edificações costumam ser bastante elevados. Desta forma, em decorrência de um incêndio, as perdas serão elevadas também. Nesta situação, não se perdem somente móveis, equipamentos, estoques, etc.. perdem-se também documentos, arquivos, bibliotecas, bens que dificilmente poderão ser substituídos ou reparados.

2.2.2.3 A Continuidade do Processo Produtivo

Este item é de extrema importância quando se trata de uma edificação destinada a indústria ou ao comércio. A interrupção do processo produtivo devido a

um incêndio implica em perdas e conseqüentemente em prejuízos. Dependendo da magnitude do evento, poderá também cessar a atividade produtiva.

FITZGERALD (1997 apud BRENTANO, 2010, p.38) recomenda organizar a proteção contra incêndio nas edificações através de seis principais medidas estratégicas:

- ✓ Evitar o início do fogo;
- ✓ Evitar o crescimento rápido do fogo e a sua propagação;
- ✓ Ter sistemas de detecção e de alarme;
- ✓ Ter sistemas de combate a incêndios;
- ✓ Ter compartimentação para o confinamento do fogo;
- ✓ Dispor de rotas de saída para a desocupação com segurança da edificação.

Na realidade não se pode extinguir a chance de que ocorra um incêndio apenas adotando estas medidas porque elas também dependem de outras. Investir em conscientização e conhecimento poderá fazer com que a segurança nas edificações atinja níveis satisfatórios.

Ainda, segundo BRENTANO as medidas de proteção podem, de uma maneira geral, ser divididas em “Medidas de Proteção Passivas ou Preventivas” e “Medidas de Proteção Ativas ou de Combate”.

2.2.3 Os Executantes Dos Projetos De Proteção Contra Incêndios

Executar uma instalação de um projeto de proteção contra incêndios pode se tornar difícil se os projetos arquitetônicos e complementares não estiverem integrados. Por outro lado, muitos dos detalhes de execução podem não aparecer nos projetos exigindo conhecimentos bem sólidos do executante sobre este tipo de instalação.

Para BRENTANO (2010, p.44) quanto maior for o conhecimento e a experiência do projetista em instalações de proteção contra incêndios, maior vai ser o nível de detalhamento dos projetos, facilitando assim a execução.

2.2.4 As Normas e s legislações de Proteção Contra Incêndios

As normas de proteção contra incêndio são recentes no Brasil. Através da lei federal 6.514, de 22 de dezembro de 1977, que trata de Medicina e Segurança do Trabalho, coube ao Ministério do Trabalho a incumbência de estabelecer disposições complementares através da criação das Normas Regulamentadoras (NR). No entanto, apesar do seu caráter compulsório, elas são bastante restritas com relação à proteção contra incêndio. A NR 23 – Proteção Contra Incêndios trata a segurança contra incêndio especificamente em ambientes de trabalho dando apenas uma visão superficial sobre o assunto. Não aborda as questões relativas ao dimensionamento e conseqüentemente, não fornece parâmetros para a escolha dos equipamentos que deverão ser utilizados. Apesar de os princípios da NR-23 não serem abrangentes, devem ser obedecidos por se tratar de lei federal. No entanto, as legislações subalternas podem interferir para complementar ou adotar critérios mais rígidos.

Para BRENTANO (2010, p. 56) a definição sobre as medidas de proteção contra incêndio e seus respectivos parâmetros deveriam ser somente preconizados pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que possui melhores condições técnicas para a elaboração e revisão periódica de suas normas.

2.2.5 Os regulamentos das Companhias de Seguro

As companhias de seguros foram pioneiras em editar regulamentos sobre proteção contra incêndio no Brasil. Apesar de estes regulamentos estarem focadas na proteção do patrimônio, eram bastante abrangentes, já que não existiam nas normas brasileiras parâmetros os quais eram necessários para o cálculo do prêmio

do seguro. Desta forma, foram posteriormente aproveitados em muitas legislações estaduais e municipais, e até mesmo, segundo BRENTANO (2010, p. 60), por algumas normas brasileiras como a NBR 9.077, que trata sobre Saídas de Emergência em Edifícios.

2.2.6 Legislação Contra Incêndios No Estado de Santa Catarina

No Estado de Santa Catarina, compete ao Comando do Corpo de Bombeiros, por meio do seu órgão próprio, CENTRO DE ATIVIDADES TÉCNICAS (CAT), normatizar e supervisionar o cumprimento das disposições legais relativas às medidas de Segurança Contra Incêndios (ART 3º, Cap I, Seção I – NSCI/94). As Seções de Atividades Técnicas (SAT), supervisionarão o cumprimento das disposições legais baixadas pelo CAT, nas áreas dos SGI (Subgrupamentos de incêndio).

O nível de risco da edificação, para fins de projetos de proteção contra incêndios, é determinado por norma ou lei das suas características construtivas e de ocupação. As normas de segurança contra incêndio, constantes na NSCI/94 do Corpo de Bombeiros de Santa Catarina, fixam os requisitos mínimos nas edificações e no exercício de atividades, estabelecendo Normas e Especificações para a Segurança Contra Incêndios, no Estado de Santa Catarina, levando em consideração a proteção de pessoas e seus bens.

Quando se tratar de tipo de ocupação das edificações ou de atividades diferenciadas das constantes na NSCI/94 (Normas de Segurança Contra Incêndio), o Corpo de Bombeiros do Estado de Santa Catarina poderá determinar outras medidas que, a seu critério, julgar convenientes a Segurança Contra Incêndios.

2.2.7 O Projeto Contra Incêndios das Edificações Existentes

As legislações e normas, municipais ou estaduais, sobre a proteção contra incêndio são recentes no Brasil. Até mesmo os planos diretores das cidades não faziam restrições sobre este aspecto.

No Brasil, muitas edificações antigas possuem sistema de proteção contra incêndios ineficazes ou inadequados ao seu porte, ou até mesmo nem estão equipadas para esta finalidade.

O corpo de Bombeiros de Santa Catarina, através da Instrução Normativa (NI) nº 005, estabelece e padroniza critérios de concepção, dimensionamento e padrão mínimo de apresentação de projetos e/ou de relatórios de regularização de segurança contra incêndios de edificações existentes, a serem regularizadas e fiscalizadas pelo CBMSC em decorrência do previsto no artigo 108, incisos I, II, III da Constituição do Estado de Santa Catarina. A exemplo do que ocorre também em Porto Alegre através da lei complementar 420 de 1998, é importante que todas as legislações contemplem disposições legais mínimas sobre a regularização de edificações já existentes.

2.2.8 Classificação das Edificações

Para efeito de determinação dos níveis de exigências dos sistemas de segurança, Santa Catarina (1994) classifica as edificações conforme o risco de incêndio levando em conta a ocupação, localização ou a carga de fogo. Conforme o Cap V da INCI/94 podem ser determinadas da seguinte maneira :

2.2.8.1 Risco Leve

Edificações classificadas como:

- a) Residencial
- b) Pública
- c) Escolar
- d) Reunião de Público
- e) Comercial

f) Mista

Considera-se como Risco Leve também as edificações Comerciais quando em um único pavimento ou, quando edificações Mistas, com via de circulação independente daquela que serve o fluxo residencial, e que comportem Carga de Fogo media estimada menor do que 60 kg/m² (quando se tratar de varias instalações comerciais numa mesma edificação, considera-se para efeito de carga computada, o somatório delas).

2.2.8.2 Risco Médio

Edificações classificadas como:

- a) Hospitalar/Laboratorial
- b) Garagens
- c) Comercial
- d) Industrial
- e) Mista
- f) Especiais

Considera-se como Risco Médio também as edificações Comerciais, Industriais ou Mistas quando instaladas em mais de um pavimento, com acessos dando em vias de circulação comum (nas mistas, quando houver a sobreposição de fluxos comercial - residencial) e com Carga de Fogo media estimada entre 60 e 120 Kg/m².

2.2.8.3 RISCO ELEVADO

Edificações classificadas como:

- a) Comercial
- b) Industrial
- c) Mista
- d) Especiais

Quando o somatório das unidades comerciais da edificação mista e as demais comportarem Carga de Fogo estimada, maior do que 120 Kg/m².

2.2.9 Sistema Hidráulico Preventivo

A instalação hidráulica destinada ao combate a incêndios pode ser efetuada através de sistemas de acionamento automático ou sob comando. O primeiro independe da atuação de um operador ao exemplo dos chuveiros automáticos (sprincklers), que consiste na instalação de um sistema hidráulico fixo e que, de acordo com Brentano (2010, p.447) são acionados automaticamente pelo calor do fogo descarregando água sobre a área de fogo, com vazões e pressões mínimas e áreas de cobertura máximas especificadas por normas de acordo com o grau de risco da edificação. Este sistema é alimentado por uma rede de canalizações subterrâneas com diâmetros compatíveis, a partir de um sistema de bombas de incêndio e de uma reserva técnica exclusiva, conclui Brentano (2010, p.515). Os sistemas de hidrantes ou mangotinhos, são sistemas fixos, formados por uma rede de canalização que tem por objetivo levar a água da fonte até o ponto de combate ao fogo, e ao contrario dos sistemas automáticos, dependem da ação do homem para serem operadas.

O enfoque principal do presente trabalho será dado ao sistema de combate a incêndio por meio de hidrantes, através do enquadramento às Normas de Segurança contra Incêndio do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina.

2.2.9.1 Sistemas de Hidrantes – De Acordo com o Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina

O sistema de hidrantes é um tipo de proteção instalado em edifícios, utilizado como meio de combate a incêndios. É composto basicamente por Reservatórios de Água, Bombas de Incêndio, Tubulações, Hidrantes, Abrigos e Registros de Recalque. De acordo com Brentano (2010, p. 447), as tomadas de incêndio que constituem o sistema de hidrantes são formadas válvulas angulares de (65 mm (2 ½”) ou 40 mm (1 ½”) de diâmetro nominal em função do diâmetro da mangueira do hidrante, com seus respectivos adaptadores ou tampões, como ilustram, respectivamente, as figuras 5 e 6.



Figura 5 – Hidrante de parede – registro angular
Fonte: Zanin (2008)



Figura 6 – Hidrante de parede – adaptador
Fonte: Zanin (2008)

O Sistema Hidráulico Preventivo sob comando ou Automatizado, deverá ser locado em planta baixa, apresentado em esquema vertical ou isométrico, com os detalhes e especificações do sistema e apresentar planilha com os cálculos hidráulicos, devendo constar do projeto, as pressões e vazões reais verificadas nos esguichos dos hidrantes mais desfavoráveis.

Nas aduções, por bombas as especificações do conjunto moto-bomba e os detalhes de alimentação elétrica e acionamento deverão constar do projeto. Quando se tratar de conjunto de unidades isoladas, agrupadas ou em blocos independentes com área inferior a 750 m², será computada a área do conjunto para efeito da exigência do Sistema Hidráulico Preventivo.

De acordo com o que legisla o Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, o hidrante deverá ser instalado, preferencialmente, dentro do abrigo de mangueiras, como ilustra a figura 6, de modo que sejam permitidas a manobra e substituição de qualquer peça. Em instalações de risco “Médio e Elevado” os hidrantes devem ser sinalizados, com um quadrado de cor amarela ou vermelha com 1 m de lado, pintado no piso e com as bordas de 10cm, pintados na cor branca.



Figura 7 – Hidrante de parede – Abrigo
Fonte: Zanin (2008)

Independentemente do grau de risco da edificação, os hidrantes devem ser dispostos de modo a evitar que, em caso de sinistro, fiquem bloqueados pelo fogo, dificultando desta forma o seu combate.

Ainda com relação aos hidrantes, no Art. 55 da NSCI/94 se encontram preconizados os tipos de saída dos Hidrantes:

- ✓ Para as edificações de risco “Leve” , os hidrantes terão saída singela;
- ✓ Para as edificações de risco “Médio ou Elevado” , terão saída dupla, como ilustra a figura 8.



Figura 8 – Hidrante de parede – saída dupla
Fonte: Zanin (2008)

Os Hidrantes devem ter o centro geométrico da tomada d' água variando entre as cotas de 1,20 e 1,50 m, tendo como referencial o piso acabado. O número de hidrantes de uma edificação é determinado pela cobertura proporcionado pelas mangueiras.

Quando externos, os hidrantes devem ser localizados tanto quanto possível afastados das paredes da edificação, não podendo, no entanto, distar mais de 15m. Estes poderão ser instalados em anteparas de alvenaria de tijolos, junto dos abrigos de mangueiras. Quando os hidrantes externos forem instalados separados dos abrigos não poderão distar mais de 5m um do outro.

Quando a adução do sistema for gravitacional, a pressão dinâmica no hidrante hidráulicamente menos favorável, medido no requinte, não poderá ser inferior a:

- I - 0,4 Kg/cm² para edificações de risco leve;
- II - 1,5 Kg/cm² para edificações de risco médio;
- III - 4,5 Kg/cm² para edificações de risco elevado.

No Art. 66 a NSCI/94 determina que em ambos os casos devem-se considerar o funcionamento de:

- I - 1 Hidrante : quando instalado 1 hidrante;
- II - 2 Hidrantes: quando instalados de 2 a 4 hidrantes;
- III - 3 Hidrantes: quando instalados 5 ou 6 hidrantes;
- IV - 4 Hidrantes: quando instalados mais de 6 hidrantes.

2.2.9.2. Reservatório

Os reservatórios devem ser preferencialmente de concreto armado ou metal e hermeticamente fechados (BRENTANO, 2010, p.453). Poderão também ser em construídos com materiais alternativos desde de que resistam ao fogo, ao calor, à choques mecânicos e à intempéries.

Os reservatórios podem ser utilizados exclusivamente para abastecer as colunas de incêndio, ou, também serem destinados em conjunto, ao consumo da edificação. Neste caso, a Reserva Técnica de Incêndio (RTI) deverá ser garantida, não podendo ser destinada ao consumo em hipótese alguma.

2.2.9.2.1 Localização do Reservatório

Os reservatórios devem ser projetados de maneira que garantam fácil acesso que permitam a inspeção de todas as suas partes, exteriores e interiores.

De acordo com Brentano (2010, p.454), em relação à sua localização, os reservatórios podem ser:

- ✓ Reservatórios elevados ou superiores: localizado em torre isolada da edificação (castelo d'água) ou no topo da edificação;
- ✓ Reservatórios Térreos, Inferiores ou de Sucção: podem ter o fundo apoiado acima do nível do solo (recomendável), ter o fundo apoiado no nível do solo (algumas legislações permitem, mas não é recomendado), semi – enterrados e subterrâneos;
- ✓ Reservatórios naturais: rios, açudes, lagos, etc.;
- ✓ Tanques de pressão: localizado no térreo ou no subsolo da edificação.

Conforme o Art. 65 da NSCI/94, quando a adução do sistema for gravitacional, a pressão dinâmica no hidrante hidráulicamente menos favorável, medido no requinte, não poderá ser inferior a:

- I - 0,4 Kg/cm² para edificações de risco leve;
- II - 1,5 Kg/cm² para edificações de risco médio;
- III - 4,5 Kg/cm² para edificações de risco elevado.

Ainda, segundo o mesmo artigo, em todos os casos, deve-se considerar o funcionamento de:

- I - 1 Hidrante : quando instalado 1 hidrante;
- II - 2 Hidrantes: quando instalados de 2 a 4 hidrantes;
- III - 3 Hidrantes: quando instalados 5 ou 6 hidrantes;
- IV - 4 Hidrantes: quando instalados mais de 6 hidrantes.

2.2.9.3 Reserva Técnica de Incêndio (RTI)

A reserva técnica de incêndio deverá ser dimensionada de forma que garanta ao sistema uma autonomia mínima de 30 minutos. No seu dimensionamento, conforme o disposto na NSCI/94, deverão ser consideradas as seguintes vazões:

a) Risco Leve - A vazão no hidrante mais favorável, acrescido de 2 minutos por hidrante excedente a quatro:

b) Risco Médio e Risco Elevado - As vazões nos hidrantes mais desfavoráveis, considerando em uso simultâneo:

- 1) 1 Hidrante : quando instalado 1 hidrante;
- 2) 2 Hidrantes: quando instalados de 2 a 4 hidrantes;
- 3) 3 Hidrantes: quando instalados 5 ou 6 hidrantes;
- 4) Hidrantes: quando instalados mais de 6 hidrantes; e acrescer 2 minutos por hidrantes excedentes a quatro.

A RTI mínima para edificações de risco leve deverá ser de 5000 L.

2.2.9.4 Canalizações

Em seu Art. 48 a NSCI/94 define que a canalização do Sistema Hidráulico Preventivo poderá ser em tubo de ferro fundido ou galvanizado, aço preto ou cobre e as redes subterrâneas exteriores a edificação, poderão ser com tubos de cloreto de polivinila rígido, fibro - cimento ou categoria equivalente. Nas instalações internas as

tubulações deverão ser enterradas a pelo menos 1.20 m de profundidade, observando-se a construção de um nicho com as dimensões mínimas de 0,25 x 0,30 m, guarnecido por tampa metálica pintada de vermelho, onde estará instalada a conexão FG x PVC.

De acordo com Brentano (2010, p.461), as canalizações de incêndio podem ser:

a) **Canalizações verticais:** devem ser fixadas nops elementos estruturais da edificação através de suportes metálicos com espaçamentos de 4 metros entre si;

b) **Canalizações horizontais (ramais):** que ligam a coluna de incêndio à(s) tomada (s) de incêndio.

As canalizações devem ser de uso exclusivo do Sistema Hidráulico Preventivo. De acordo com o que exige o CBSC (1994), quando expostas, aéreas ou não, as canalizações deverão ser pintadas de vermelho.

2.2.9.5 Mangueiras

As mangueiras dos hidrantes são condutos flexíveis e planos, destinados para conduzir água, constituídos internamente por um tubo flexível fabricado com borracha vulcanizada, de plástico ou composto de borracha/plástico flexível, de superfície interna lisa, isenta de ondulações e corrugações, revestidos externamente com tecido de fibra vegetal natural (algodão, rami, etc..) ou sintética (“nylon”) (BRENTANO, 2010, p.467).

Mangueiras de incêndio são equipamentos de combate, constituídos de um duto flexível dotado de juntas de união de engate rápido – tipo *storz* –, destinado a conduzir água sob pressão nas operações de combate e extinção de incêndios. O revestimento interno do duto é um tubo de borracha que impermeabiliza a mangueira, evitando que a água saia do seu interior. A capa do duto flexível é uma

lona, confeccionada em fibras naturais ou sintéticas, que permite à mangueira suportar alta pressão de trabalho, tração e as difíceis condições de trabalho do Bombeiro (CBMSC, 2006, APUD Zanin, 2008).

As principais características das mangueiras de hidrantes são:

- ✓ Tem diâmetros nominais de 40 mm (1 ½ ") e 65 mm (2 ½ ");
- ✓ São fabricadas em lances de 15 metros.

Chama-se linha de mangueiras de hidrantes ao conjunto de vários lances de mangueiras de hidrantes acopladas entre si. O comprimento mínimo da linha de mangueiras de hidrantes localizadas no interior da edificação é de 30 metros (2 lances de 15 metros). Quando usadas externamente à edificação, o máximo da linha de mangueira não deverá ultrapassar 60 metros (4 lances de 15 metros). As mangueiras deverão ser previstas de maneira que não existam áreas brancas e resistir a uma pressão mínima de 8,5 Kg/cm².

Os diâmetros mínimos das mangueiras e os requintes a serem adotados nos esguichos obedecerão aos valores dispostos no Art 73 do Cap IV da NSCI/94, de acordo com a tabela 8 a seguir:

Tabela 8: Diâmetro Mínimo das Mangueiras e dos Requintes Mínimos

Risco	Diâmetro Mangueiras	Diâmetro requinte
Leve	38 mm (1 ½ ")	13 mm (½ ")
Médio e Elevado	63 mm (2 ½ ")	25 mm (1")

Fonte: CBMSC (1994)

2.2.9.5.1 Tipos de Mangueiras de Hidrantes

As mangueiras de hidrantes devem ser escolhidas de maneira adequada à classe de risco da edificação. A NBR 11.861:1998 classifica as mangueiras limitando a pressão máxima de trabalho de acordo com o local e as condições de utilização da de acordo com a tabela 9 a seguir:

Tabela 9: Tipos de Mangueiras de Hidrantes

Tipo	Pressão máxima		Características	Utilização
	KPa	Mca		
1	980	100	-	Edifícios Residenciais
2	1.370	140	-	Edifícios Comerciais e Industriais
3	1.470	150	Boa Resistência à abrasão	Instalações Industriais
4	1.370	140	Alta Resistência à abrasão	Instalações Industriais
5	1.370	140	Boa Resistência à abrasão e a superfícies quentes	Instalações Industriais

Fonte: NBR 11.861:1 Apud BRENTANO, 2010.



Figura 9 – Mangueira de combate a incêndio tipo 1 (38 mm)
Fonte: Zanin (2008)

2.2.9.6 Esguichos

Os esguichos são dispositivos acoplados numa das extremidades da mangueira de hidrantes ou de mangotinhos, destinados a controlar e dar forma aos jatos de água [...] (BRENTANO, 2010, p.475).

Os esguichos são fabricados em ligas de bronze ou latão, ou ainda de outros materiais desde que comprovada a sua eficiência técnica. Devem ainda ser indeformáveis e resistentes à corrosão.

O tipo de esguicho classifica-se de acordo com o formato do jato de água que produz em:

- ✓ Agulheta, como ilustra a figura 10: com formato troco – cônico ou cilíndrico e emite somente o jato de água sólido e compacto;
- ✓ Regulável, conforme figura 11: proporciona a modulação rápida e gradual da emissão da vazão de água produzindo jatos de formas variáveis, desde o jato compacto até o de neblina.



Figura 10– Esguicho agulheta
Fonte: Zanin (2008)



Figura 11 – Esguicho regulável
Fonte: Zanin (2008)

Brentano (2010, p.475) reporta que os jatos compactos permitem maior alcance e proporciona uma grande pressão no local que atingem sendo ideais nos casos em que o calor provocado pelo fogo impede uma aproximação maior ou quando o local do foco é inacessível. Por outro lado, não é eficiente para baixar a temperatura do local do fogo, sendo indicado nesses casos, o jato de neblina.

2.2.9.7 Hidrantes de Recalque ou de Passeio

A coluna de incêndio deverá ser obrigatoriamente prolongada até um ponto à frente da edificação, conforme ilustra a figura 12, ou no passeio, com uma canalização de diâmetro adequado ao tipo de sistema adotado, com engates compatíveis aos utilizados pelo corpo de bombeiros local.

A função do hidrante de recalque é abastecer os hidrantes ou mangotinhos sempre que for esgotada a RTI. O hidrante de recalque poderá ter uma ou duas

entradas de água dotadas de engate do tipo engate rápido tipo “Storz” para serem conectadas às mangueiras de hidrantes do corpo de bombeiros.



Figura 12 – Hidrante de recalque
Fonte: Zanin (2008)

2.2.10 Dimensionamento

Para fins de dimensionamento do Sistema Hidráulico Preventivo, o Corpo de Bombeiros de Santa Catarina, através da NSCI/94, define:

I) para o cálculo da vazão adota-se o coeficiente de descarga (C_d) igual a 0,98;

II) para os dimensionamentos utiliza-se a fórmula de Hazen - Williams e adotam-se os valores do coeficiente de rugosidade de 120 para as canalizações e de 140 para as mangueiras com revestimento interno de borracha;

II) Para dimensionar o sistema hidráulico preventivo (SHP) do tipo gravitacional, deve-se utilizar o método simplificado, conforme descrito a seguir.

2.2.10.1 Vazão

As vazões dos hidrantes são consideradas no bocal do esguicho acoplado à mangueira, podendo ser determinada por:

$$Q = Cd \times S \times \sqrt{2gH} \quad (8)$$

onde:

Q = vazão no bocal, em m^3/s ;

Cd = coeficiente de descarga;

S = área do bocal, em m^2 ;

g = aceleração da gravidade, em m/s^2 ;

H = pressão dinâmica mínima, em m.c.a.

Para o cálculo da vazão no hidrante “n” da edificação, pode-se utilizar a expressão 9:

$$Q_n = 0,2046 \times D^2 \times \sqrt{H + \text{desnivel}H_1 - H_n} \quad (9)$$

onde:

Q_n = vazão no bocal do hidrante n, em l/min;

d = diâmetro do requinte, em mm;

H = pressão dinâmica mínima, em m.c.a.;

Desnível $H_1 - H_n$ = altura entre o hidrante 1 e o hidrante n , em m.

2.2.10.2 Pressão

Para determinar a pressão no hidrante mais desfavorável hidráulicamente, é usada a seguinte fórmula:

$$P_A = H_1 + \Delta ht_{H1-A} + \Delta h_{m1} \quad (10)$$

onde:

P_A = pressão no ponto A da tubulação, em m.c.a.;

H_1 = pressão dinâmica mínima no hidrante mais desfavorável, em m.c.a.;

Δht_{H1-A} = perda de carga total na tubulação no trecho H1 até o ponto A, em m;

Δh_{m1} = perda de carga total na mangueira do H1, em m.

De maneira análoga, esta mesma equação é utilizada para calcular a pressão de qualquer hidrante da edificação, sendo necessária apenas a substituição dos valores de P_A , H_1 , Δht_{H1-A} e Δh_{m1} , pelos valores correspondentes aos demais hidrantes. O cálculo da pressão hidráulica mínima dos demais hidrantes pode ser obtido pela seguinte dedução a partir da equação 11:

$$Q_n = 0,2046 \times D^2 \times H_n^{\frac{1}{2}} \quad (11)$$

$$\left(Q_n = 0,2046 \times D^2 \times H_n^{\frac{1}{2}} \right)^2$$

$$Q_n^2 = 0,2046^2 \times D^4 \times H_n$$

$$H_n = \frac{Q_n}{0,2046^2 \times D^4} \quad (12)$$

2.2.10.3 Perdas de Carga nas Tubulações e Mangueiras

A perda de carga total na tubulação é calculada do seguinte modo:

$$\Delta h_{t_{H1-A}} = L_t \times J_1 \quad (13)$$

onde:

L_t = comprimento total da canalização no trecho H1 até o ponto A, em m;

J_1 = perda de carga unitária (em cada metro da tubulação), em m/m.

O comprimento total da canalização do trecho é dado por:

$$L_t = L_R + L_{eq} \quad (14)$$

onde:

L_R = comprimento real da canalização no trecho, em m;

L_{eq} = comprimento equivalente em conexões, em m.

A perda de carga unitária para a tubulação é definida pela substituição dos valores de C e D na fórmula de Hazen-Williams:

$$J_1 = 10,645 \times Q_1^{q,85} \times C \times D^{-4,87} \quad (15)$$

A perda de carga unitária da mangueira se dá de forma semelhante ao cálculo de perda de carga unitária para a tubulação . O que difere são os valores de C e D na equação 14.

2.2.10.4 Perda de Carga no Esguicho

A perda de carga no esguicho (tronco - Cônico) pode ser obtida através da equação 16:

$$h_{esg} = K_{esg} \times \frac{v_{esg}^2}{2 \times g} \quad (16)$$

Onde:

h_{pe} = Perda de carga no esguicho;

K_v = Coeficiente próprio da singularidade = 0,15 (ver tabela 2, no item 2.1.8);

v_{esg} = Velocidade no esguicho, em “m/s”;

g = Aceleração da gravidade = 9,81 m/s²

A velocidade no esguicho é obtida com a seguinte expressão:

$$v_{esg} = \frac{Q_h}{A_{esg}} \quad (17)$$

Sendo:

$$A_{esg} = \text{área da seção do esguicho} = \pi \times \frac{d^2}{4} \quad (18)$$

2.2.10.5 Perda de carga na Válvula Angular

Para o cálculo da perda de carga na válvula angular utiliza-se igualmente ao cálculo da perda de carga do esguicho a equação 16, substituindo-se o valor de $K=0,15$ (de acordo com tabela 2), e o valor da velocidade na válvula angular, esta obtida pela equação 18.

2.2.10.6 Desnível A – R

O desnível A – R é definido como a altura entre o fundo do reservatório e a tomada de água do hidrante mais desfavorável no (eixo da canalização). Essa medida é feita verificar a pressão dinâmica mínima no hidrante hidráulicamente menos favorável, pela seguinte expressão:

$$X = PA + \Delta ht_{A-R} \quad (19)$$

onde:

X = desnível entre o fundo do reservatório e a tomada de água do hidrante mais desfavorável hidráulicamente, em m;

PA = pressão dinâmica no ponto A, em m.c.a.;

Δht_{A-R} = perda de carga total na tubulação no trecho entre o ponto A e o fundo do reservatório, em m.

Para calcular Δht_{A-R} , utiliza-se:

$$\Delta ht_{A-R} = Lt_{A-R} \times J_{A-R} \quad (20)$$

Onde:

Lt_{A-R} = comprimento total da canalização no trecho do ponto A até o fundo do reservatório, em m;

J_{A-R} = perda de carga unitária (em cada metro da tubulação), em m/m.

3 ESTUDO DE CASO

3.1 Introdução

O estudo de caso foi realizado a fim de beneficiar com os seus resultados o Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas (IPAT) da Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC). O IPAT localiza-se no 4 Km da Rodovia Governador Jorge Lacerda e constitui uma área total aproximada de 107 ha.

Em trechos de seu artigo - RESGATE DA HISTÓRIA DA FUCRI/UNESC: IMPLANTAÇÃO DO IPAT E DO CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL - Décio Escobar Oliveira Ladislau, Mestre em Ciências Ambientais (UNESC), reporta à origem do Núcleo de Pesquisas Ambientais (NUPEA) que viria a ser o precursor do Instituto de Pesquisa Ambientais e Tecnológicas (IPAT), entidade que pertence a Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC). De acordo com LADISLAU, a criação do Instituto marcaria uma nova fase de pesquisa ambiental para o município de Criciúma e sul Catarinense. No momento de criação do NUPEA, estava no comando da FUCRI o senhor Laênio José Guisi e para a criação do núcleo foi enviado um projeto para o ministério do meio ambiente solicitando como área para implantação do projeto as instalações da antiga ICC. Como serviço inicial houve a concretização do laboratório e posterior qualificação dos profissionais que através do convênio garantiam as pesquisas no meio ambiente e forneciam laudos dos graus de poluição na região .

O primeiro trabalho de vulto do NUPEA foi um estudo que visava o tratamento das águas ácidas do manancial hidrológico das imediações da carbonífera Criciúma pesquisa encomendada pela própria carbonífera.

Em 1999 ocorreu a consolidação do instituto que contou inicialmente com o comando do senhor Eduardo Oliveira Nosse que respondeu ao comando do IPAT até o período de 2001 quando se retirou para dar lugar ao senhor Marcos Back. A partir deste ano, o IPAT passou a contar com as dependências da ICC, cuja

reforma das estruturas foram viabilizadas por uma verba proveniente do ministério do meio ambiente.

Uma área de aproximada de 800 metros quadrados, foi reformada para abrigar diversos laboratórios.

Como grandes projetos preconizados pelo IPAT destacam-se os seguintes:

- EARIMA - estudo sobre o impacto ambiental provocado pela instalação de uma usina termoelétrica na região sul de Santa Catarina .
- CSN – recuperação de áreas degradadas no município de Siderópolis

O IPAT possui um conjunto de edificações aos quais foram atribuídos números de 1 até 18 para identifica-las, como pode ser conferido na figura 13, os quais se destinam a fins diferentes, e pretende-se atender a principio, com um único SHP, as edificações 1, 2, 3, 7, 8 e um bloco de salas de aulas que se encontra em fase de projeto e será construído posteriormente.

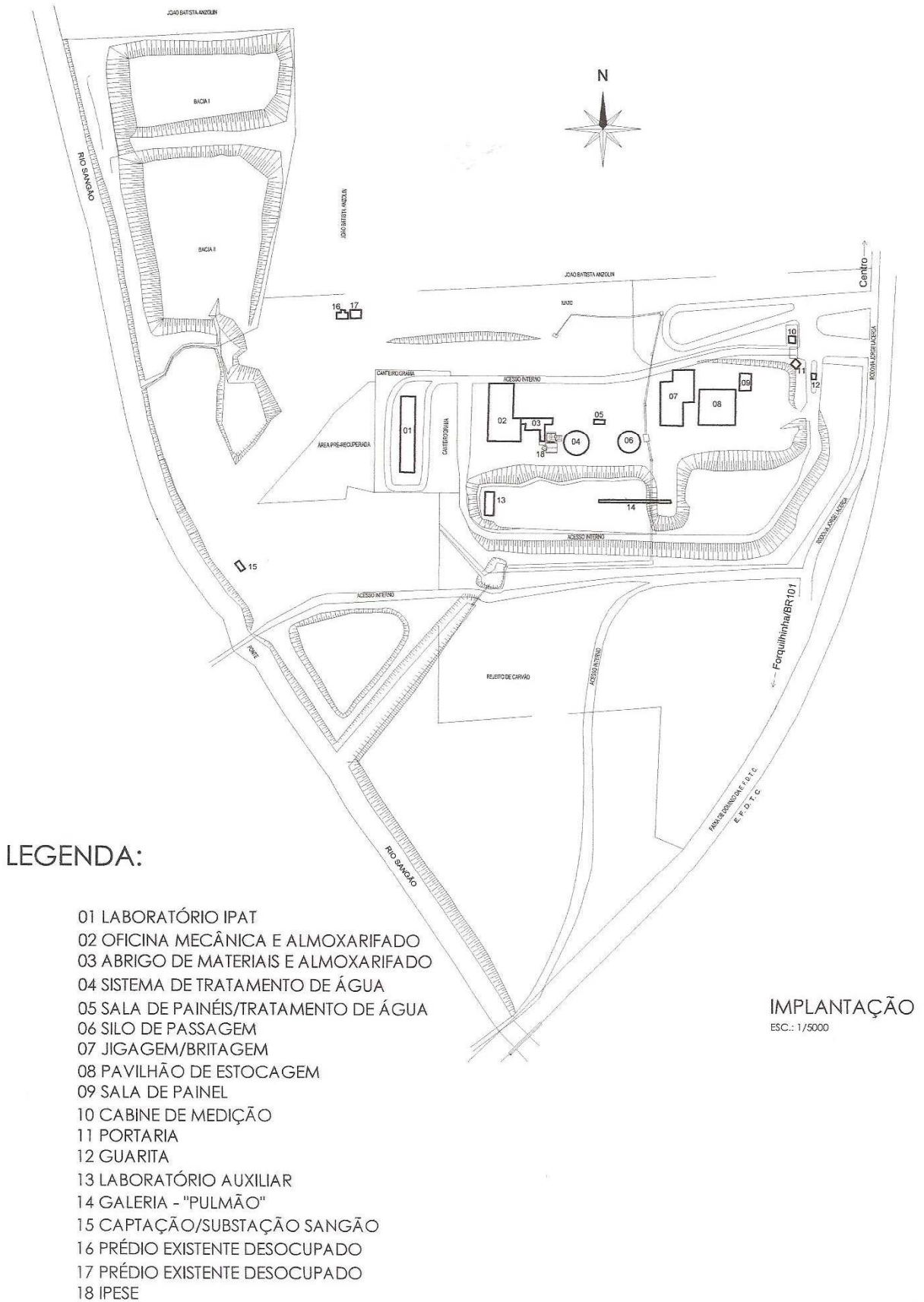


Figura 13: Projeto de Implantação do IPAT
Fonte: Mapa de Propriedade do IPAT

3.2 Lançamento da Rede de hidrantes

O primeiro passo que antecede o dimensionamento do SHP é a classificação da ocupação da edificação. Com relação ao IPAT, por se tratar de um conjunto de edificações destinadas a finalidades diferenciadas, houve uma certa dificuldade para classificá-las de acordo com o artigo 10 do capítulo II da NSCI/94, do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina. Desta forma, para efeito de determinação dos níveis de exigência do sistema de segurança a ser implantado, segundo orientação do Corpo Criciúma de Criciúma, as edificações receberam a classificação a partir da edificação que possuía o maior grau de risco, já que o objetivo principal deste trabalho é o dimensionamento de um SHP único para atender a todas as edificações do IPAT. Desta maneira, o conjunto de edificações do IPAT foi classificado a partir da edificação 1, que pode ser visualizada na figura 12, e que, de acordo com o que refere o item c, do artigo 10, capítulo IV, corresponde ao grau de risco Médio, por se enquadrar no item “laboratórios”.

No entanto, é importante que se saliente que se classificadas separadamente, algumas das edificações corresponderiam ao grau de Risco Leve, favorecendo o dimensionamento.

Para efeito de dimensionamento, foram selecionados três diâmetros diferentes para a canalização de aço galvanizado: 100 mm, 125 mm e 150 mm. Segundo o Artigo 48 do Capítulo VI da NSCI/94, o diâmetro mínimo permitido para este tipo de sistema e de 63 mm desde que proporcione as vazões e pressões exigidas por normas nos hidrantes hidráulicamente mais desfavoráveis.

Através dos projetos que foram disponibilizados, determinou-se a posição e a quantidade dos hidrantes necessários para atender as edificações existentes e outras que já estão previstas para o IPAT. Desta forma, ficou estabelecido que o abastecimento do SHP será feito através de reservatório superior e a adução acontecerá então por gravidade.

Com o intuito de reduzir custos e aproveitar ao máximo os recursos físicos disponíveis na instituição, pretende-se utilizar como apoio do reservatório uma estrutura em concreto armado que se encontra em anexo ao pátio do IPAT. Esta estrutura, que pode ser visualizada na figura 14, possui um reservatório com capacidade para grandes volumes foi concebida na década de 80 para suportar

grandes vibrações. Nessa época, funcionava no local a Indústria Carboquímica Catarinense (ICC) que tinha como atividade separar o ácido sulfúrico existente no rejeito peritoso decorrentes de subprodutos do carvão extraído do subsolo da antiga Carbonífera Próspera. No entanto, não se pretende utilizar este reservatório no sistema em questão tendo em vista a sua capacidade para grandes volumes de água, o que não é o caso. Sendo assim, sugere-se um reservatório de fibra, nas dimensões necessárias para atender a Reserva Técnica de Incêndio (RTI) e que poderá ser instalado no ponto mais alto desta estrutura, de modo a garantir a pressão mínima no hidrante menos favorável hidráulicamente. É importante salientar, que este reservatório servirá apenas ao SHP e não contemplará o consumo normal.

O sistema terá como apoio um hidrante de recalque.



Figura 14: Estrutura de concreto Armado Existente
Fonte: Do Autor

3.3 Metodologia

A metodologia empregada envolveu, primeiramente, uma pesquisa bibliográfica acerca do tema a ser abordado e um levantamento de informações junto a Diretoria de Atividades Técnicas do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, com referência ao dimensionamento do sistema hidráulico preventivo contra incêndio de edificações verticais.

Com base nos projetos das edificações do IPAT, determinou-se o sistema de hidrantes para compor o SHP. Os níveis do terreno, correspondentes a posição de cada edificação, foram medidos in loco através de equipamento apropriado e por um técnico especializado. Na seqüência, foram determinadas as pressões nas saídas de todos os hidrantes, alternando o diâmetro da canalização em 100 mm, 125mm e 150. Para tanto, utilizou-se o método simplificado de dimensionamento, conforme sugere o Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina.

Os dados obtidos no dimensionamento foram expressos graficamente através de programa computacional e analisados comparativamente aos limites preconizados na Norma utilizada.

3.4 Esquema Geral da Instalação

As figuras 15 e 16 apresentam, respectivamente, o esquema vertical e o detalhamento isométrico do SHP do IPAT. Podem ser visualizadas também as cotas referentes à posição de cada hidrante.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

4.1 Dimensionamento do Sistema Hidráulico Preventivo

Como mencionado anteriormente, o cálculo dos hidrantes do SHP foi desenvolvido de acordo com o que preconiza a NSCI/94 do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, e os resultados podem ser conferidos nos itens subsequentes.

4.1.2 Cálculo das Vazões

4.4.1.1 Determinação da Vazão Mínima no Hidrante mais Desfavorável Hidraulicamente

Foi calculada a vazão no hidrante hidráulicamente mais desfavorável, substituindo na equação 8 os valores de $D=25$ mm e $H=15$ mca, (valores estabelecidos na NSCI/94 para o risco médio para o diâmetro do requinte e a pressão dinâmica, respectivamente).

Desta maneira, encontra-se a vazão nos hidrantes **8 e 7** igual a $0,0083 \text{ m}^3 / \text{s}$.

4.4.1.2 Determinação da Vazão Mínima nos Hidrantes 1, 2, 3, 4, 5 e 6

Para determinar a vazão nos demais hidrantes do sistema utilizou-se a equação 22:

$$Q = 0,2046 \times D^2 \times \sqrt{H + \text{desnível } H_H - H_{H-n}} \quad (20)$$

Os resultados das vazões para todos os hidrantes podem ser conferidos na tabela 10:

Tabela 10: Vazão dos hidrantes de 1 a 8

Hidrante	Desnível (m)	Q (m ³ / s)	
1 (A)	H - A	2,935	0,0090
2 (B)	H - B	2,935	0,0090
3 (C)	H - C	1,410	0,0078
4 (D)	H - D	2,320	0,0089
5 (E)	H - E	2,320	0,0089
6 (F)	H - F	2,320	0,0089
7 (G)	H - G	0,000	0,0083
8 (H)	R - H	12,66	0,0083

Fonte: Do autor

4.4.2 Determinação do Diâmetro do Ramal de Alimentação dos Hidrantes

O SHP foi dimensionado com duas opções de diâmetro, 100 mm, 125 mm e 150 mm para a canalização de aço galvanizado. A partir dos resultados obtidos, será feita a opção pelo diâmetro que apresentar melhores resultados com relação à pressão disponível no hidrante hidráulicamente menos favorável.

Brentano (2010, p. 491) recomenda que a velocidade na canalização não ultrapasse o limite preconizado pela NBR 13.714:2000 que é de 5 m/s. O desempenho técnico dos diâmetros selecionados para dimensionar este sistema foi comprovado através da seguinte expressão:

$$V_c = \frac{Q_H}{A_c} \quad (21)$$

Onde:

V_c = Velocidade na canalização do ramal do hidrante menos favorável;
 Q_H = Vazão mínima no hidrante menos favorável;
 A_c = Área da seção da canalização.

Desta forma:

✓ Para o Diâmetro de 100mm:

$$A_c = \pi \times \frac{0,1^2}{4} = 0,00785m^2$$

$$\text{Portanto, } V_c = \frac{0,00825}{0,00785} \rightarrow V_c = 1,05 \text{ m/s} < 5 \text{ m/s OK!}$$

✓ Para o diâmetro de 150 mm

$$A_c = \pi \times \frac{0,15^2}{4} = 0,018m^2$$

$$\text{Portanto, } V_c = \frac{0,00825}{0,018} \rightarrow V_c = 0,46 \text{ m/s} < 5 \text{ m/s OK!}$$

4.4.3 Determinação das Perdas de Cargas

4.4.3.1 Perda de Carga Total na Canalização

A perda de carga no seguimento da canalização do ramal dos hidrantes foi determinada através das equações 13, 14 e 15 para todos os hidrantes, somando-se a perda de carga real da canalização e as perdas de carga acidentais decorrentes

das peças e singularidades do sistema. Adotou-se o coeficiente $C=120$, de acordo com o CBMSC , e como mencionado anteriormente, prosseguiu-se o dimensionamento para os diâmetros de 100 mm, 125 mm e de 150 mm. Os resultados podem ser visualizados nas tabelas 11, 12 e 13 respectivamente.

Tabela 11: Cálculo de hp_c para os hidrantes de 1 a 8 para a Canalização de 100 mm

Hidrante	L_{real} (m)	L_{eq} (m)		$L_{real} + L_{eq}$ (m)	J_c (mca / m)	$L_{total} \times J_c$ (m)
		Peças	Total (m)			
1 (A)	32,00	RG=1x17=0,7 VR=1x6,4=6,4 Curva de 90° =1x1,3=1,3 Tê bi=2x6,7=13,4	21,80	53,80	0,018	0,97
2 (B)	49,00	RG=1x17=0,7 VR=1x6,4=6,4 Curva de 90° =1x1,3=1,3 Tê bi=2x6,7=13,4	21,80	70,80	0,018	1,26
3 (C)	129,35	RG=1x17=0,7 VR=1x6,4=6,4 Curva de 90° =1x1,3=1,3 Tê bi=2x6,7=13,4	21,80	151,15	0,0143	2,16
4 (D)	166,00	RG=1x17=0,7 VR=1x6,4=6,4 Curva de 90° =4x1,3=5,2 Tê bi=4x6,7=26,8	39,10	205,10	0,018	3,69
5 (E)	180,00	RG=1x17=0,7 VR=1x6,4=6,4 Curva de 90° =1x13,3=1,3 Tê bi=4x6,7=26,8	35,20	215,20	0,018	3,87
6 (F)	210,50	RG=1x17=0,7 VR=1x6,4=6,4 Curva de 90° =1x1,3=1,3 Tê bi=5x6,7=33,5	41,90	252,40	0,018	4,54
7 (G)	301,00	RG=1x17=0,7 VR=1x6,4=6,4 Curva de 90° =4x1,3=5,2 Tê bi=5x6,7=33,5	41,90	342,90	0,016	5,48
8 (H)	301,00	RG=1x17=0,7 VR=1x6,4=6,4 Curva de 90° =4x1,3=5,2 Tê bi=5x6,7=33,5	41,90	342,90	0,016	5,48

Fonte: Do autor

Tabela 12: Cálculo de hp_c para os hidrantes de 1 a 8 para a Canalização de 125 mm

Hidrante	L_{real} (m)	L_{eq} (m)		$L_{real} + L_{eq}$ (m)	J_c (mca / m)	$L_{total} \times J_c$ (m)
		Peças	Total (m)			
1 (A)	32,00	RG=1x0,9=0,9 VR=1x10,4=10,4 Curva de 90° =1x1,6=1,6 Tê bi=2x8,4=16,8	29,70	61,70	0,0062	0,38
2 (B)	49,00	RG=1x0,9=0,9 VR=1x10,4=10,4 Curva de 90° =1x1,6=1,6 Tê bi=2x8,4=16,8	29,70	78,70	0,0062	0,49
3 (C)	129,35	RG=1x0,9=0,9 VR=1x10,4=10,4 Curva de 90° =1x1,6=1,6 Tê bi=2x8,4=16,8	29,70	159,05	0,0048	1,04
4 (D)	166,00	RG=1x0,9=0,9 VR=1x10,4=10,4 Curva de 90° =4x1,6=6,4 Tê bi=4x8,4=33,60	51,80	217,80	0,0061	1,33
5 (E)	180,00	RG=1x0,9=0,9 VR=1x10,4=10,4 Curva de 90° =1x1,6=1,6 Tê bi=4x8,4=33,60	46,50	226,50	0,0061	1,38
6 (F)	210,50	RG=1x0,9=0,9 VR=1x10,4=10,4 Curva de 90° =1x1,6=1,6 Tê bi=5x8,4=42	64,00	274,50	0,0061	1,67
7 (G)	301,00	RG=1x0,9=0,9 VR=1x10,4=10,4 Curva de 90° =4x1,6=6,4 Tê bi=5x8,4=42	59,70	360,70	0,0053	1,80
8 (H)	301,00	RG=1x0,9=0,9 VR=1x10,4=10,4 Curva de 90° =4x1,6=6,4 Tê bi=5x8,4=42	59,70	360,70	0,0053	1,80

Fonte: Do autor

Tabela 13: Cálculo de h_{p_c} para os hidrantes de 1 a 8 para a Canalização de 150 mm

Hidrante	L_{real} (m)	L_{eq} (m)		$L_{real} + L_{eq}$ (m)	J_c (mca/m)	$L_{total} \times J_c$ (m)
		Peças	Total (m)			
1 (A)	32,00	RG=1x1,1=1,1 VR=1x12,5=12,5 Curva de 90°=1x1,9=1,9 Tê bi=2x10=20	35,50	67,50	0,0026	0,17
2 (B)	49,00	RG=1x1,1=1,1 VR=1x12,5=12,5 Curva de 90°=1x1,9=1,9 Tê bi=2x10=20	35,50	84,50	0,0026	0,22
3 (C)	129,35	RG=1x1,1=1,1 VR=1x12,5=12,5 Curva de 90°=1x1,9=1,9 Tê bi=2x10=20	35,50	168,40	0,0020	0,34
4 (D)	166,00	RG=1x1,1=1,1 VR=1x12,5=12,5 Curva de 90°=4x1,9=7,6 Tê bi=4x10=40	61,20	227,20	0,0025	0,57
5 (E)	180,00	RG=1x1,1=1,1 VR=1x12,5=12,5 Curva de 90°=1x1,9=1,9 Tê bi=4x10=40	55,50	235,50	0,0025	0,59
6 (F)	210,50	RG=1x1,1=1,1 VR=1x12,5=12,5 Curva de 90°=1x1,6=1,6 Tê bi=5x10=40	65,00	275,50	0,0025	0,69
7 (G)	301,00	RG=1x1,1=1,1 VR=1x12,5=12,5 Curva de 90°=4x1,9=7,6 Tê bi=5x10=50	71,20	372,20	0,0022	0,82
8 (H)	301,00	RG=1x1,1=1,1 VR=1x12,5=12,5 Curva de 90°=4x1,9=7,6 Tê bi=5x10=50	71,20	372,20	0,0022	0,82

Fonte: Do autor

4.4.3.2 Perda de Carga na mangueira

Para calcular a perda de carga na mangueira dos hidrantes utilizaram-se as equações 13, 14 e 15, adotando-se o coeficiente $C=140$, o diâmetro da mangueira de 63 mm e o comprimento da mangueira $L=30$ m, o qual recomenda o CBMSC para o grau de risco médio, têm-se as respectivas perdas de cargas nas mangueiras dos hidrantes de acordo com a tabela 14:

Tabela 14: Perda de Carga na Mangueira dos Hidrantes

Hidrantes	$Q(m^3 / s)$	J_m	hp_m
1 (A)	0,0090	0,13	3,90
2 (B)	0,0090	0,13	3,90
3 (C)	0,0078	0,10	3,00
4 (D)	0,0089	0,13	3,87
5 (E)	0,0089	0,13	3,87
6 (F)	0,0089	0,13	3,90
7 (G)	0,0083	0,11	3,30
8 (H)	0,0083	0,11	3,30

Fonte: Do Autor

4.4.3.3 Perda de Carga no Esguicho

O cálculo da perda de carga no esguicho (tronco - Cônico) de 25 mm (risco médio) foi feito através das equações 16 e 17. Os resultados encontram-se na tabela 15

Tabela 15: Perda de Carga no Esguicho Tronco – cônico

Hidrantes	$Q(m^3 / s)$	$V_{esg} (m / s)$	K (tabela XX)	$hp_{esg} (m)$
1 (A)	0,0090	18,33	0,15	2,57
2 (B)	0,0090	18,33	0,15	2,57
3 (C)	0,0078	15,89	0,15	1,93
4 (D)	0,0089	18,13	0,15	2,50
5 (E)	0,0089	18,13	0,15	2,50
6 (F)	0,0089	18,13	0,15	2,50
7 (G)	0,0083	16,91	0,15	2,18
8 (H)	0,0083	16,91	0,15	2,18

Fonte: Do Autor

4.4.3.4 Perda de carga na Válvula Angular

O cálculo da perda de carga na Válvula angular com diâmetro de 63 mm foi feito através das equações 16 e 17. Os resultados encontram-se na tabela 16.

Tabela 16: Perda de Carga na válvula Angular

Hidrantes	$Q(m^3 / s)$	$V_{esg} (m / s)$	K (tabela XX)	$h_{pv}(m)$
1 (A)	0,0090	2,89	5,0	2,12
2 (B)	0,0090	2,89	5,0	2,12
3 (C)	0,0078	2,50	5,0	1,50
4 (D)	0,0089	2,86	5,0	2,08
5 (E)	0,0089	2,86	5,0	2,08
6 (F)	0,0089	2,86	5,0	2,08
7 (G)	0,0083	2,66	5,0	1,81
8 (H)	0,0083	2,66	5,0	1,81

Fonte: Do Autor

4.4.3.5 Perda de Carga total nos Ramais dos Hidrantes de 1 a 8

A perda de carga total no ramal de cada hidrante é obtida pela equação 23 a seguir:

$$h_{p_{total}} = h_{p_c} + h_{p_m} + h_{p_v} + h_{p_{esg}} \quad (23)$$

O cálculo da perda de carga total para cada hidrante pode ser conferido na tabela 17.

Tabela 17: Perda de Carga Total nos Ramais dos Hidrantes

		hp_c (100 mm)	hp_c (125 mm)	hp_m	hp_v	hp_{esg}	hp_{total} (100mm)	hp_{total} (125mm)	hp_{total} (150mm)
Hidrantes	1 (A)	0,97	0,38	3,90	2,12	2,57	9,56	8,97	8,76
	2 (B)	1,26	0,49	3,90	2,12	2,57	9,85	9,08	8,81
	3 (C)	2,16	1,04	3,00	1,50	1,93	8,68	7,56	6,86
	4 (D)	3,69	1,33	3,87	2,08	2,50	12,14	9,79	9,03
	5 (E)	3,87	1,38	3,87	2,08	2,50	12,33	9,84	9,05
	6 (F)	4,54	1,67	3,90	2,08	2,50	13,00	10,13	9,15
	7 (G)	5,48	1,80	3,30	1,81	2,18	12,77	9,09	8,11
	8 (H)	5,48	1,80	3,30	1,81	2,18	12,77	9,09	8,11

Fonte: Do Autor

4.4.4 Cálculo das Pressões

Por fim, com a diferença de nível entre as saídas dos hidrantes e o fundo do reservatório retiradas do esquema vertical apresentado na figura 15 e com a perda de carga total em cada ramal, pode-se determinar a pressão dinâmica disponível em cada hidrante, conforme valores apresentados em ordem do hidrante menos favorável ao mais favorável hidráulicamente, conforme a tabela 18 .

Tabela 18: Pressão Dinâmica nas saídas dos Hidrantes

Hidrante	Diferença de Nível R – Hn (m)	Pressão Dinâmica (100 mm)	Pressão Dinâmica (125 mm)	Pressão Dinâmica (150 mm)
8 (H)	12,66	-0,11 mca	3,57 mca	4,55 mca
7 (G)	12,66	-0,11 mca	3,57 mca	4,55 mca
6 (F)	15,18	2,18 mca	5,05 mca	6,03 mca
5 (E)	15,18	2,85 mca	5,34 mca	6,13 mca
4 (D)	15,18	3,04 mca	5,39 mca	6,15 mca
3 (C)	11,25	2,56 mca	3,68 mca	4,38 mca
2 (B)	15,57	5,72 mca	6,49 mca	6,76 mca
1 (A)	15,57	6,00 mca	6,60 mca	6,80 mca

Fonte: Do Autor

5. CONCLUSÃO

Como mencionado nos capítulos anteriores, o dimensionamento do Sistema Hidráulico Preventivo em questão foi norteado de acordo com o que legisla o Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina. Como finalidade de analisar didaticamente o SHP proposto, as edificações do IPAT foram unificadas a fim de classificá-las de acordo com o item c, do art 10 do cap IV na NSCI/94. Desta forma, o conjunto de edificações do IPAT foi classificado com grau de risco médio, a partir da edificação 1 que apresentou o maior grau de risco.

Outro critério adotado anterior ao dimensionamento foi o aproveitamento de uma estrutura em concreto armado, que existe em anexo às edificações do IPAT, para apoiar o reservatório de abastecimento do SHP.

Na seqüência, foram obtidas as pressões dinâmicas nos hidrantes de 1 a 8 para três diâmetros diferentes para a canalização em aço galvanizado: 100mm, 125mm e 150mm.

A partir dos resultados expressos do capítulo anterior conclui-se:

1- A unificação da classificação do grau de risco das edificações implicou na obrigatoriedade de uma pressão de 15 mca no hidrante menos favorável hidráulicamente, a qual não foi atingida em nenhuma das situações propostas de dimensionamento, de acordo com o que ilustram os gráficos 1, 2 e 3;

Pressão Dinâmica para o Diâmetro de 100 mm

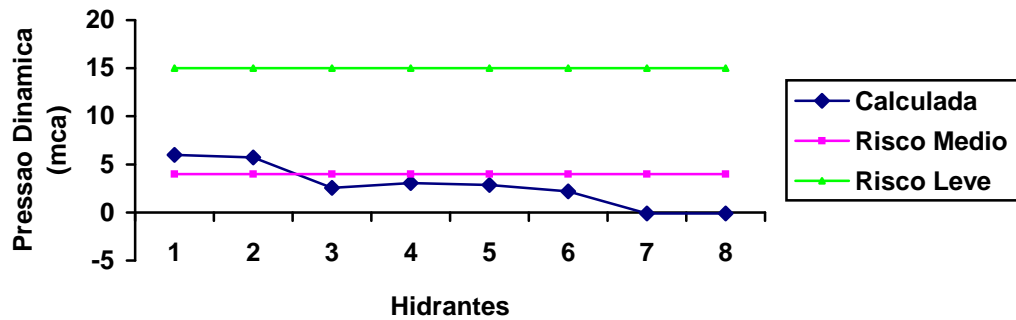


Gráfico 1: Análise comparativa entre as pressões dinâmicas calculadas e as pressões estabelecidas pelo CBMSC para os graus de risco leve e médio, 4 mca e 15 mca, respectivamente – Diâmetro 100 mm
Fonte: Do autor

Pressão Dinâmica para o Diâmetro de 125 mm

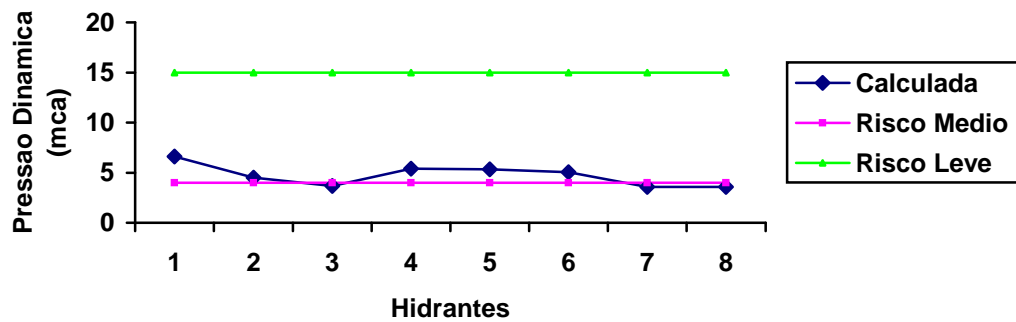


Gráfico 2: Análise comparativa entre as pressões dinâmicas calculadas e as pressões estabelecidas pelo CBMSC para os graus de risco leve e médio, 4 mca e 15 mca, respectivamente – Diâmetro 125 mm
Fonte: Do autor

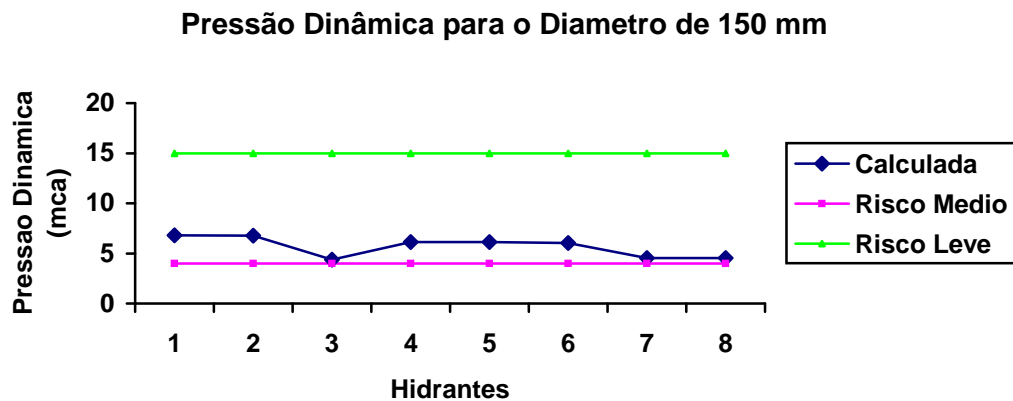


Gráfico 3: Análise comparativa entre as pressões dinâmicas calculadas e as pressões estabelecidas pelo CBMSC para os graus de risco leve e médio, 4 mca e 15 mca, respectivamente – Diâmetro 150 mm
 Fonte: Do autor

2-Com o aumento gradual nas dimensões da canalização, percebe-se que houve um incremento nas perdas de carga localizadas, provenientes das conexões e singularidades que compõe o sistema. Em contra partida, houve uma diminuição significativa nas perdas de carga totais, como pode ser conferido nas tabelas 11, 12 e 13 do capítulo anterior;

3- De acordo com os resultados impressos na tabela 18, verifica-se que com exceção dos hidrantes 7 e 8, os demais atenderiam com tranqüilidade o grau de risco leve o qual exige pressão dinâmica de 4mca, conforme podem ser visualizados nos gráficos 1, 2 ;e 3, apresentados anteriormente.

Frente ao exposto, pode-se sugerir a realização de outros estudos a fim de comprovar, através do dimensionamento, a eficácia do sistema para atender as edificações possíveis de serem classificadas com o grau de risco leve, de acordo com o CBMSC. Sugere-se também, o dimensionamento adotando outros materiais para a canalização.

REFERÊNCIAS

AZEREDO, Hélio Alves de. **O edifício ate a sua cobertura**. 2.ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1997. 182 p. il.

BACK. Álvaro José. **Hidráulica e Hidrometria Aplicada** (Com Programa Hidrom para Cálculo). Florianópolis: Epagri, 2006. 299p. il.

BUENO, Prof. Francisco da Silveira. **Minidicionário da Língua Portuguesa**. São Paulo: FTD S.A./Lisa S.A., 1998. 703 p.

BRENTANO, Telmo. **A Proteção Contra Incêndios no Projeto de Edificações**. 2 ed. Porto Alegre: Telmo Brentano, 2010. 626 p. il.

LADISLAU. Décio Escobar Oliveira. Resgate da História da FUCRI/UNESC: Implantação do IPAT e do Curso de Engenharia Ambiental. **Net**. Disponível em: <<http://www.geocities.ws/decioladislau/ind3.html>> > Acesso em: Junho de 2011.

Segurança e Medicina do Trabalho: **Normas Regulamentadoras – Lei No 6.514 de Dezembro de 1977**. 63 ed. São Paulo: Atlas S.A, 2009. 799 p.

NETTO, José Martiniano de Azevedo. FERNANDEZ, Miguel, et al. **Manual de Hidráulica**. 8 ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1998. 669 p. il.

Prefeitura Municipal de Porto Alegre, **LEI COMPLEMENTAR 420, DE 25 DE AGOSTO DE 1998**. Disponível em: www2.portoalegre.rs.gov.br.htm>. Acesso em: Março de 2011.

Santa Catarina. Policia Militar. Corpo de Bombeiros. **Normas de Segurança contra Incêndio. 1994**. Disponível em: <[http:// www.cbm.sc.gov.br.htm](http://www.cbm.sc.gov.br.htm)>. Acesso em: novembro de 2010.

ZANIN, Túlio Tartari. **Pressão no sistema hidráulico preventivo contra incêndio em edificações**. 2008. 138 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnológico) – Centro Tecnológico da Terra e do Mar, Universidade do Vale do Itajaí, São José, 2008. Disponível em: <<http://>> Acesso em Junho de 2011.