

Yan Silva da Cunha

Engenharia Civil – FAMETRO e de Segurança do Trabalho – EDUCAMAIIS
Pós-graduado Lato Sensu em Engenharia Elétrica – UNIBF
Pós-graduado Lato Sensu em Engenharia de Avaliações e Perícias – UNIBF
Pós-graduado em MBA em Projetos Aplicados a Construção Civil e
Mestrado em andamento de Infraestrutura e Engenharia Civil pela
Fundação Universitária Ibero-americana – FUNIBER
Florianópolis/SC

Marivone Souza de Oliveira

Orientadora – FAMETRO
Tarauacá/Acre

INTRODUÇÃO

Tendo em vista o dimensionamento de instalações hidráulicas em geral, executado de forma irregular ou sem auxílio de profissionais qualificados e habilitados, interferem de forma significativa no seu funcionamento e na vida útil da edificação. Propõem-se uma forma de dimensionar sistemas de armazenamento elevatórios de água e dos sistemas de recalque em edificações verticais residenciais. Contudo o desenvolvimento do trabalho e a confecção das tabelas, visam simplificar a complexidade que é o dimensionamento do sistema de recalque e de armazenamento de água.

Tendo ainda como parâmetro e diretrizes da (ABNT NBR 5626)¹. A norma estabelece os parâmetros mínimos para o perfeito dimensionamentos dos elementos constituintes de todo o sistema predial de água fria, porém o trabalho retrata somente as diretrizes e orientações relacionadas ao sistema de abastecimentos de água elevados e de recalques. A NBR 5626 estabelece que todas as suas orientações e padronizações devem ser seguidas de maneira adequadas. “Para que uma instalação predial de água fria seja considerada de acordo com esta Norma, é necessário que ela atenda a todas as exigências e recomendações nela constantes e não apenas parte ou itens dela” (ABNT-NBR 5626, 1998).

Dados apresentados pelo IPT² 1991 revelam que 22,3% de participação de falhas dos sistemas prediais hidráulicos e sanitários na incidência de manutenção predial. Textualmente apontando estes subsistemas do edifício como umas das suas maiores fontes de problemas. Tendo esses dados para a cidade de São Paulo, percebe-se que as

¹ Norma brasileira de instalações predial de água fria de 1998.

² Instituto de pesquisas tecnológicas do estado de São Paulo.

instalações devem ter uma atenção especial e de maior relevância dentro de uma edificação, Reis Ramos em sua obra afirma que:

As patologias registradas são características próprias dos sistemas hidráulicos prediais a sua complexidade funcional e a inter-relação dinâmica entre os seus diversos subsistemas, além da enorme variedade dos materiais, componentes e equipamentos [...] (2010, p.66).

Conforme o pensamento do autor, as anomalias em instalações aparecem nas maiores das edificações, contudo o objetivo do trabalho é realizar um dimensionamento de reservatórios elevados e sistema de recalque, almejando a mitigação de falta de água potável em edifícios residenciais. Com a forma de se calcular o volume de água suficiente para abastecimento de edifícios verticais residenciais, utilizando planilhas confeccionadas no (MS Excel)³,⁴ com fórmulas e parâmetro estabelecido pela norma brasileira 5626 de 1998. Tendo como finalidade ainda a determinação e dimensionamento dos sistemas de recalque predial.

O presente artigo tem por objetivo geral demonstrar um método alternativo para determinar o volume de reservatórios elevados e sistema de recalque. E objetivos específicos: Determinar o volume de água necessário para abastecimento predial, utilizando tabelas dinâmicas confeccionado e programadas no Excel; programar tabelas dinâmicas para realizar o dimensionamento de reservatórios elevados e sistemas de recalque e demonstrar a aplicação da metodologia de cálculo, por meio de um estudo de caso.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

CONCEITOS DA INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS

A palavra Hidráulica tem sua origem do grego: hydraulos que significa: hydor – água e aulos – tubo ou condução. Contudo o conceito de instalações hidráulicas pode ser designado como todos os elementos necessário criado ou modificado pelo homem, para garantir o abastecimento de água potável a edificações, dentre estes elementos se destacam-se as tubulações, reservatórios, conexões, aparelhos e ferragens, para Carvalho Júnior:

O conceito de instalação predial de água fria (temperatura ambiente) constitui-se no conjunto de tubulações, equipamentos, reservatórios e dispositivos,

³ É um editor de planilhas produzido pela Microsoft para computadores que utilizam o sistema operacional Microsoft Windows.

⁴ Visual Basic for Applications - É uma implementação do Visual incorporada em todos os programas do Microsoft Office

destinados ao abastecimento dos aparelhos e pontos de utilização de água da edificação (2013).

SISTEMAS DE ABASTECIMENTO

As fontes de abastecimento de água potável a edificações podem ser de fontes privadas (poços artesianos, mananciais etc.), e da rede pública, este último é sempre preferencial, pois tem-se a garantia da potabilidade da água em virtude dos tratamentos realizados e exames em laboratórios que garante o mínimo de potabilidade.

Conforme Creder (2012), é mais usual ser a rede de distribuição predial alimentada por distribuidor público, porém poderá ser feita por fontes particular (nascentes, poços, etc.), desde que garanta sua potabilidade por exames de laboratórios.

Já o sistema de abastecimentos de água potável é basicamente dividido em três tipos: direto, indireto e misto, a fonte que será utilizada na dissertação será o sistema indireto com bombeamento, por se tratar de instalações de água fria em edifícios verticais, necessitando de uma pressão superior, a disponível pela concessionária, e além da garantia da continuidade de abastecimento ao edifício. Contudo tem-se alguns pontos negativos, como o risco de contaminação é maior, que o direto, gastos elevados em sua instalação, sobrecargas a estruturas, por necessitar de reservatórios elevados.

Carvalho Júnior (2013), Cada um desses sistemas de abastecimento (direto, indireto e misto) apresenta vantagens e desvantagens, que devem ser analisadas pelo projetista, conforme a realidade local e as características do edifício em que esteja trabalhando.

SISTEMAS DE ARMAZENAMENTO DE ÁGUA

O sistema de armazenamento de água deve-se ter uma atenção especial, pois o mesmo é um fator crítico dentro do sistema de instalações hidráulicas prediais. Por depender de muitas variáveis, e dentro do sistema indireto com bombeamento, ele interfere diretamente no índice de potabilidade, tendo muito risco de contaminação da água, e além de interferir diretamente ou indiretamente em outros elementos da edificação, como a estrutura e nas fundações.

Atualmente está se tornando cada vez mais comum a utilização de reservatório, em virtude da não continuidade do abastecimento da rede pública, e por garantia de continuidade, regularidade e de pressão suficiente para abastecer os pontos de utilização predial. Conforme Carvalho Júnior (2013), os reservatórios domiciliares têm sido comumente utilizados para

compensar a falta de água na rede pública, devido às falhas existentes no sistema de abastecimento e na rede de distribuição.

Para Creder (2012), como em quase todas as localidades brasileiras há deficiência no abastecimento público de água, é pouco usual a distribuição direta, ou seja, com pressão do distribuidor público, então somos levados a construir reservatórios superiores.

Em prédios, quando o sistema de armazenamento de água é integrado ao prédio, há a necessidade de dividir o volume de água em duas partes, um ficando na parte superior e outro no inferior da edificação, chamamos assim de reservatórios inferiores e reservatório superior. Este fatiamento reduz de maneira significativa as cargas nas estruturas e consequentemente a fundações. Reservatório inferior é próprio dos prédios com mais de dois pavimentos. Até este limite, geralmente a pressão na rede é suficiente para o abastecimento do reservatório situado na parte superior do edifício.

Para Carvalho Júnior (2013), o reservatório inferior se faz necessário em prédios com mais de três pavimentos (acima de 9 m de altura), pois, geralmente, até esse limite, a pressão na rede pública é suficiente para abastecimento do reservatório elevado.

O fatiamento do volume de água deve ser realizado de maneira que seja garantido o abastecimento contínuo em todos os pontos da edificação. Segundo Carvalho Júnior (2013), na execução ou instalação do reservatório elevado, é importante prever a facilidade de acesso, como a utilização de escadas ou portas independentes.

Para Botelho (2014), a adequada localização dos reservatórios deve ser estudada, de modo a ser otimizada a sua utilização face suas características funcionais, tais como ventilação, iluminação, garantia da potabilidade da água, operação e manutenção.

SISTEMAS DE RECALQUES

O estudo enfatiza o sistema de abastecimento do tipo indireto com bombeamento, “pois é o sistema que se mais utiliza em edifícios” (BOTELHO, 2014). Em virtude de a pressão disponibilizada pela concessionária ser inferior a necessária para abastecer todos os pontos. O sistema de recalque é composto basicamente de tubulações de sucção e de recalque, bombas hidráulicas. Esta última pode ser de diversos tipos, porém neste trabalho trata-se apenas das Centrifugas, “por serem as mais utilizadas em edifícios residenciais” (BOTELHO, 2014).

METODOLOGIA

As metodologias utilizadas para realizar o estudo, foram por meio de pesquisas em literaturas brasileiras e internacionais em instalações hidráulicas de autores consagrados. Adotando meios simplificados, para demonstrar o seu objetivo, suas vantagens e desvantagens. Os métodos utilizados são: Programação e utilização de tabelas dinâmicas confeccionadas no MS Excel, o segundo método é demonstrar por meio de um estudo de caso criado didaticamente para o trabalho.

PROGRAMAÇÃO DAS TABELAS DINÂMICAS

As tabelas confeccionadas para o dimensionamento de instalações elevatórias e sistemas de recalque de água fria, conforme as tabelas 1 e 2. Utilizaram-se as diretrizes da Norma NBR 5626 - Norma brasileira de instalações predial de água fria de 1998, tornando o dimensionamento prático e de forma automático, reduzindo o tempo para se calcular, além de diminuir a possibilidades de erros que existiria se os cálculos fossem realizados na maneira convencional, ou seja, manualmente. Com mais detalhes nos anexos 1 e 2.

Tabela 1
Dimensionamento de reservatórios elevados em branco

DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIO ELEVADO			
Características do edifício:			
<input type="checkbox"/> Pavimento térreo	Padrão:	1	
<input type="checkbox"/> Pavimentos tipo	2a	3a	4a
<input type="checkbox"/> Pavimento cobertura	2b	3b	4b
<input type="checkbox"/> Quarto de serviço	2c		
(P) População			
Dormitório	C. unitário (l)	Nº de pessoas	
(CD) Consumo diário			
CD (l):		CD (m3):	
(Ri) Reserva de incêndio			
Ri (l):		Ri (m3):	
(VT) Reserva total			
VT (l)		5a	
(RS) Reservatório superior:			
RS (l):		RS (m3):	
<input type="radio"/> Res. Prismático		<input type="radio"/> Res. Cilíndrico	
6a		7a	
<input type="radio"/> Calcular a altura		<input type="radio"/> Calcular altura	
<input type="radio"/> Calcular uma das bases		<input type="radio"/> Calcular o diâmetro	
6b		7b	
C (m): 6c		d (m): 7c	
L (m): 6d		h (m): 7d	
h (m): 6e			
Dimensões finais:		Dimensões finais:	
c (m):		h (m):	
h (m):		d (m):	
L (m):			

Fonte: Elaborado pelo autor.

Vide legenda abaixo:

- 1- Padrão do edifício: Deve optar por umas das opções da barra de seleção, contendo três padrões, o padrão luxo, médio e o popular.

- 2a- Quantidades de pavimentos tipos: Se o edifício for previsto de pavimentos tipos, deve-se indicar no campo 2a, a quantidade de pavimentos contido no prédio.
- 2b- Número de apartamentos por pavimentos tipos: Se o edifício for previsto de pavimentos tipos, deve-se indicar no campo 2b, a quantidade de apartamento contido em cada pavimento.
- 2c- Número de dormitório por apartamento tipo: Se o edifício for previsto de pavimentos tipos, deve-se indicar no campo 2c, a quantidade de dormitório contido em cada apartamento.
- 3a- Número de apartamentos no pavimento térreo: Se o edifício for previsto de pavimento térreo, deve-se indicar no campo 3a, a quantidade de apartamento contido no térreo.
- 3b- Número de dormitório por apartamento térreo: Se o edifício for previsto de pavimentos térreo, deve-se indicar no campo 3b, a quantidade de dormitório contido em cada apartamento térreo.
- 4a- Número de apartamentos no pavimento cobertura: Se o edifício for previsto de pavimento cobertura, deve-se indicar no campo 4a, a quantidade de apartamento contido na cobertura.
- 4b- Número de dormitório por apartamento cobertura: Se o edifício for previsto de pavimento cobertura, deve-se indicar no campo 4b, a quantidade de dormitório contido em cada apartamento cobertura.
- 5a- Geometria do reservatório: Se o reservatório elevado for do tipo prismático deve-se marcar o campo 5a.
- 5b- Geometria do reservatório: Se o reservatório elevado for do tipo cilíndrico deve-se marcar o campo 5b.
- 6a- Geometria do reservatório prismático: Caso opte por determinar a altura do reservatório elevado, deve-se marcar o campo 6a, tendo de inserir os valores em metros das bases nos campos 6c e 6d.
- 6b- Geometria do reservatório prismático: Caso opte por determinar uma das bases do reservatório elevado, deve-se marcar o campo 6b, tendo de inserir o valor em metro de uma das bases no campo 6c, e da altura no campo 6e.
- 7a- Geometria do reservatório cilíndrico: Caso opte por determinar a altura do reservatório elevado, deve-se marcar o campo 7a, tendo de inserir a dimensão da altura em metro no campo 7d.
- 7b- Geometria do reservatório cilíndrico: Caso opte por determinar as dimensões de uma das bases do reservatório elevado, deve-se marcar o campo 7b, tendo de inserir a dimensão do diâmetro em metro no campo 7d.
- Os demais campos são calculados automaticamente, após a inserção dos campos acima citados.

Tabela 2
Dimensionamento de sistemas de recalque em branco.

DIMENSIONAMENTO DE SISTEMA DE RECALQUE		
Vazão (Q)		
(CD) Consumo diário (m3)	<input type="text"/>	Funcionamento da bomba: <input type="text" value="8"/> ▼
(t) tempo (h)	<input type="text"/>	
(Q)Vazão (m3/h)	<input type="text"/>	
(Q)Vazão (l/s)	<input type="text"/>	
Diâmetro de recalque (Dr)		
(t)	<input type="text"/>	(Q)
Diâmetro de recalque (mm): <input type="text"/>		
Diâmetro de sucção (Ds)		
Diâmetro de sucção (mm): <input type="text"/>		
Perda de carga no recalque (jr)		
(lr) Comprimento real de recalque (m): <input type="text" value="9"/>		
9a	<input type="checkbox"/> Joelho 90°	9d
9b	<input type="checkbox"/> Joelho 45°	9e
9c	<input type="checkbox"/> Curva 90°	9f
		9g
		9h
		9i
		9j
		<input type="checkbox"/> Té saída lateral
		<input type="checkbox"/> Té passagem direta
		<input type="checkbox"/> Té saída de lado
		<input type="checkbox"/> Válv. De retenção
		<input type="checkbox"/> Registro de gaveta aberto
		<input type="checkbox"/> Válvula de pé e crivo
(lv) Comprimento virtual de recalque (m):		
(Lt) Comprimento total de recalque (m):		
J		
Jr		
Perda de carga na sucção (Js)		
(lr) Comprimento real de Sucção (m): <input type="text" value="10"/>		
10a	<input type="checkbox"/> Joelho 90°	10d
10b	<input type="checkbox"/> Joelho 45°	10e
10c	<input type="checkbox"/> Curva 90°	10f
		10g
		10h
		10i
		10j
		<input type="checkbox"/> Curva 45°
		<input type="checkbox"/> Té passagem direta
		<input type="checkbox"/> Té saída de lado
		<input type="checkbox"/> Té saída lateral
		<input type="checkbox"/> Válv. De retenção
		<input type="checkbox"/> Registro de gaveta aberto
		<input type="checkbox"/> Válvula de pé e crivo
(lv) Comprimento virtual de recalque (m):		
(Lt) Comprimento total de recalque (m):		
J		
Js		
Altura manométrica (Hm)		
hr (m):	<input type="text" value="11"/>	
hs (m):	<input type="text" value="12"/>	
Hm (m):	<input type="text"/>	
Conjunto motobomba (P)		
η (%):	<input type="text" value="13"/>	
Q (m3/s):	<input type="text"/>	
Potência (cv)	<input type="text"/>	

Fonte: Elaborado pelo autor.

Vide legenda abaixo:

- 8- Período de funcionamento da moto bomba: Deve-se escolher uma das opções da barra de seleção, as opções são, três períodos com 1 hora e meia cada, dois períodos de 2 horas cada e 3 períodos com 2 horas cada.
- 9- Comprimento da tubulação de recalque: Deve-se indicar no campo 9 o comprimento em metros da tubulação, isso mensurado no projeto.
- 9a- Número de joelhos 90° na tubulação de recalque: Se a caixa de seleção do joelho 90°, estiver com um sinal de “cheque”, ou seja, selecionado deve-se indicar a quantidade correta de joelhos de 90°, presente na tubulação de recalque.
- 9b- Número de joelhos 45° na tubulação de recalque: Se a caixa de seleção do joelho 45°, estiver com um sinal de “cheque”, ou seja, selecionado deve-se indicar a quantidade correta de joelhos de 45°, presente na tubulação de recalque.
- 9c- Número de curvas 90° na tubulação de recalque: Se a caixa de seleção da curva 90°, estiver com um sinal de “cheque”, ou seja, selecionado deve-se indicar a quantidade correta de curvas de 90°, presente na tubulação de recalque.
- 9d- Número de curvas 45° na tubulação de recalque: Se a caixa de seleção da curva 45°, estiver com um sinal de “cheque”, ou seja, selecionado deve-se indicar a quantidade correta de curvas de 45°, presente na tubulação de recalque.
- 9e- Número de TÊ de passagem direta, na tubulação de recalque: Se a caixa do TÊ passagem direta, estiver com um sinal de “cheque”, ou seja, selecionado deve-se indicar a quantidade correta de TÊ passagem direta, presente na tubulação de recalque.
- 9f- Número de TÊ de saída de lado, na tubulação de recalque: Se a caixa do TÊ saída de lado, estiver com um sinal de “cheque”, ou seja, selecionado deve-se indicar a quantidade correta de TÊ saída de lado, presente na tubulação de recalque.
- 9g- Número de TÊ de saída lateral, na tubulação de recalque: Se a caixa do TÊ saída lateral, estiver com um sinal de “cheque”, ou seja, selecionado deve-se indicar a quantidade correta de TÊ saída lateral, presente na tubulação de recalque.
- 9h- Número de válvula de retenção, na tubulação de recalque: Se a caixa do válv. De retenção, estiver com um sinal de “cheque”, ou seja, selecionado deve-se indicar a quantidade correta de válvula de retenção, presente na tubulação de recalque.
- 9i- Número de registro de gaveta aberto, na tubulação de recalque: Se a caixa do registro de gaveta aberto, estiver com um sinal de “cheque”, ou seja, selecionado deve-se indicar a quantidade correta de registro de gaveta aberto, presente na tubulação de recalque.
- 9j- Número de válvula de pé e crivo, na tubulação de recalque: Se a caixa da válvula de pé e crivo, estiver com um sinal de “cheque”, ou seja,

selecionado deve-se indicar a quantidade correta de válvula de pé e crivo, presente na tubulação de recalque.

- 10- Comprimento da tubulação de sucção: Deve-se indicar no campo 10 o comprimento em metros da tubulação de sucção, isso mensurado no projeto.

- 10a- Número de joelhos 90° na tubulação de sucção: Se a caixa de seleção do joelho 90°, estiver com um sinal de “cheque”, ou seja, selecionado deve-se indicar a quantidade correta de joelhos de 90°, presente na tubulação de sucção.

- 10b- Número de joelhos 45° na tubulação de sucção: Se a caixa de seleção do joelho 45°, estiver com um sinal de “cheque”, ou seja, selecionado deve-se indicar a quantidade correta de joelhos de 45°, presente na tubulação de sucção.

- 10c- Número de curvas 90° na tubulação de sucção: Se a caixa de seleção da curva 90°, estiver com um sinal de “cheque”, ou seja, selecionado deve-se indicar a quantidade correta de curvas de 90°, presente na tubulação de sucção.

- 10d- Número de curvas 45° na tubulação de sucção: Se a caixa de seleção da curva 45°, estiver com um sinal de “cheque”, ou seja, selecionado deve-se indicar a quantidade correta de curvas de 45°, presente na tubulação de sucção.

- 10e- Número de TÊ de passagem direta, na tubulação de sucção: Se a caixa do TÊ passagem direta, estiver com um sinal de “cheque”, ou seja, selecionado deve-se indicar a quantidade correta de TÊ passagem direta, presente na tubulação de sucção.

- 10f- Número de TÊ de saída de lado, na tubulação de sucção: Se a caixa do TÊ saída de lado, estiver com um sinal de “cheque”, ou seja, selecionado deve-se indicar a quantidade correta de TÊ saída de lado, presente na tubulação de sucção.

- 10g- Número de TÊ de saída lateral, na tubulação de sucção: Se a caixa do TÊ saída lateral, estiver com um sinal de “cheque”, ou seja, selecionado deve-se indicar a quantidade correta de TÊ saída lateral, presente na tubulação de sucção.

- 10h- Número de válvula de retenção, na tubulação de sucção: Se a caixa do válv. De retenção, estiver com um sinal de “cheque”, ou seja, selecionado deve-se indicar a quantidade correta de válvula de retenção, presente na tubulação de sucção.

- 10i- Número de registro de gaveta aberto, na tubulação de sucção: Se a caixa do registro de gaveta aberto, estiver com um sinal de “cheque”, ou seja, selecionado deve-se indicar a quantidade correta de registro de gaveta aberto, presente na tubulação de sucção.

- 10j- Número de válvula de pé e crivo, na tubulação de sucção: Se a caixa da válvula de pé e crivo, estiver com um sinal de “cheque”, ou seja, selecionado deve-se indicar a quantidade correta de válvula de pé e crivo, presente na tubulação de sucção.

- 11- Altura da tubulação de recalque: Deve-se indicar no capô 11 a dimensão da altura em metros da tubulação de recalque, altura compreendida entre o eixo da motobomba e o nível da água do reservatório elevado.
- 12- Altura da tubulação de sucção: Deve-se indicar no capô 11 a dimensão da altura em metros da tubulação de sucção, altura compreendida entre o eixo da motobomba até aproximadamente 20 centímetros do nível da base do reservatório inferior. Caso a motobomba seja instalada em nível inferior ao da água do reservatório inferior, esta é dita como “afogada” tornando assim a altura da tubulação de sucção negativa.
- 13- Rendimento da motobomba: Deve-se indicar no campo 13 o índice de rendimento da motobomba em porcentagem, índice indicado na embalagem ou na própria motobomba, depende do modelo e do fabricante girando em torno de 70%.
- Os demais campos são expressos automaticamente após a introdução dos dados referenciados acima.

PARÂMETROS E MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO ADOTADO

O dimensionamento realizado com o auxílio de tabelas dinâmicas, segue como parâmetros todas as recomendações da NBR 5626 - Norma brasileira de instalações predial de água fria de 1998.

Reservatório de água potável

Os reservatórios armazenam a água que será utilizada na edificação, inclusive para ingestão e produção de alimentos, entre outras finalidades. Podendo ser classificados quanto ao aspecto do material em concreto armado, metálico, polietileno, aço-inoxidável e outros. Já quanto à forma podem ser classificados em cilíndrico, prismático e outros. Porém este trabalho se limita apenas em reservatórios cilíndricos e prismáticos. A ABNT NBR 5626 estabelece algumas recomendações sobre os reservatórios, as principais e utilizadas neste trabalho, estão listadas abaixo:

- O volume de água acumulado no (s) reservatório (s) não poderá ser inferior ao volume consumido diariamente no prédio;
- Reservatórios com volume superior a 4000 litros devem ter dois compartimentos comunicantes por meio de uma tubulação com registro de manobra;
- Reservatórios enterrados devem possuir folga mínima de 0,60m entre as paredes laterais qualquer obstáculo lateral;
- Devem ser construídos com material estanque e de comprovada qualidade. Tais materiais e impermeabilizações eventuais não devem transmitir à água substâncias que venham a causar poluição;
- Não é permitida qualquer conexão das tubulações de limpeza e extravasor com esgotos ou qualquer outra fonte de contaminação;

- Devem ser providos de aberturas que permitam o fácil acesso ao seu interior, a fim de permitir inspeções e limpeza. A abertura deverá conter tampa que evite a entrada de insetos;
- A reserva total (R_t) deve ser menor que o triplo do consumo diário (C_d), evitando-se a reserva de grandes volumes: $R_t < 3 C_d$.
- A reserva total (R_t) deve ser maior que o consumo diário (C_d): $R_t > C_d$.
- O reservatório para residências deve ser no mínimo de 500 l.

Determinação do consumo de água em edifícios residenciais

O consumo de água em edificações verticais residências, depende de algumas variáveis, porém o padrão do edifício interfere de forma significativa na quantidade de consumo de água, quanto maior o conforto da edificação, maior o consumo de água.

O consumo de água pode variar muito, dependendo da disponibilidade de acesso ao abastecimento e de aspectos culturais da população, entre outros. Alguns estudos mostram que, por dia, uma pessoa no Brasil gasta de 50 litros a 200 litros de água. Portanto, com 200 litros/dia utilizados de forma racional, vive-se confortavelmente. (CARVALHO JÚNIOR, 2013, p. 43).

Com as características do edifício do estudo de caso definido, pode-se então calcular o consumo para prédio. O dimensionamento proposto no trabalho é de forma a utilizar tabelas, porém as tabelas necessitam de fórmulas, recursos avançados de formulários do MS Excel ou configurações (VBA do MS Excel)⁵, para calcular o consumo diário, requer a mescla dos três recursos, a equação utilizada será disseminada abaixo:

$$Cd = Cp * n \quad (3.1)$$

Em que:

- Cd = Consumo diário;
- Cp = Consumo por pessoa;
- n = Número de ocupantes.

O número de ocupantes (n) ou população, como algumas literaturas o nomeiam, depende do funcionamento do prédio, podendo ser residencial, comercial, hospitalar, escolar, entre tantos outros. Para isso deve-se consultar a taxa de ocupação do edifício, através de tabela abaixo:

⁵ Sistemas de hidrantes e de mangotinhos para combate a incêndio de 2000.

Tabela 3
Estimativa de população

LOCAL	TAXA DE OCUPAÇÃO
Residências e apartamentos	Duas pessoas por dormitório
Bancos	Uma pessoa por 5,00 m ²
Escritórios	Uma pessoa por 6,00 m ²
Pavimento Térreo	Uma pessoa por 2,50 m ²
Lojas – Pavimento superior	Uma pessoa por 5,00 m ²
Museus e bibliotecas	Uma pessoa por 5,00 m ²
Salas de hotéis	Uma pessoa por 5,50 m ²
Restaurantes	Uma pessoa por 1,40 m ²
Salas de operações (Hospitais)	Oito pessoas
Teatro, cinemas e auditórios	Uma pessoa por

Fonte: AZEVEDO NETO, p. 24, 2004.

Já o consumo de água unitário, é a quantidade de água que uma pessoa gasta em um dia, ou seja, é o consumo unitário, a norma sugere alguns consumos, listados abaixo na tabela 4.

Tabela 4
Consumo predial diário

TIPO DE CONSTRUÇÃO	UN	CONSUMO MÉDIO (LITROS/DIA)
Alojamento provisórios	Pessoa	80
Casas populares	Pessoa	120
Residências	Pessoa	150
Apartamentos	Pessoa	200
Hotéis (S/cozinhas e s/Lavanderia)	Hóspede	120
Escolas - internatos	Pessoa	150
Escolas - semi-internatos	Pessoa	100
Escolas - externatos	Pessoa	50
Quartéis	Pessoa	150
Edifícios públicos ou comerciais	Pessoa	50

Escritórios	Pessoa	50
Cinemas e teatros	Lugar	2
Templos	Lugar	2
Restaurantes e similares	Refeição	25
Garagens	Automóvel	50
Lavanderias	Kg de roupas secas	30
Mercados	m2	5
Matadouros - animais de grande porte	Cabeça abatida	300
Matadouros - animais de pequeno porte	Cabeça abatida	150
Postos de serviços p/ automóveis	Veículo	150
Cavalariças	Cavalo	100
Jardins	m2	1,5
Orfanato, asilo, berçário	Pessoa	150
Ambulatório	Pessoa	25
Creches	Pessoa	50
Oficinas de costuras	Pessoa	50

Fonte: AZEVEDO NETO, p. 25, 2004.

A reserva total é definida após a determinação do consumo diário, a qual já com as características pré-estabelecidas, no caso edificações residenciais, definem os tipos de reserva que o edifício deve dotar, dentre elas:

- Reserva mínima: Consumo diário (C_d) < Reserva total (R_{min}) < 3 C_d , portanto calcula-se a reserva mínima por meio da equação 3.2.

$$R_{min} = 2 * C_d \quad (3.2)$$

- Reserva técnica de incêndio (RTI): É em função das características do prédio e da (NBR 13714)⁶ sob o comando e normas do corpo de bombeiro.

A (lei complementar Nº 003)⁷ em seu capítulo II e inciso 2º “estabelece que as edificações com área construída igual ou maior que 750 m² devem ter anotações de responsabilidades técnicas de projetos de instalações de combate a incêndio aprovadas em corpo de bombeiros” (2014). Como o projeto de estudo é implantado hipoteticamente na cidade de Manaus, e não possuindo área construída igual ou maior de 750 m², não

⁶ Sistemas de hidrantes e de mangotinhos para combate a incêndio de 2000.

⁷ Código de obras e edificações do município de Manaus, de 16 de janeiro de 2014.

necessita de reserva de incêndio, proposta na (IT 22)⁸. Porém considerando para efeitos de cálculo o método utilizado por Creder afirma que devemos “prever uma reserva para incêndio estimada entre 15% e 20% do consumo diário do edifício” (2012). Adotou-se para este trabalho a reserva técnica de incêndio (R_{ti}) de 20% do consumo diário, calcula-se a reserva total (R_t), por meio da equação 3.3.

$$R_t = 2 * C_d + R_{ti} \tag{3.3}$$

$$R_{ti} = 0,2 * C_d \tag{3.4}$$

Com as principais características do prédio apresentado no item 3.3 e expresso nos anexos 2 e 3 deste trabalho. Introduzimos as principais características na tabela 1 - dimensionamento de reservatório elevado. Como mostra a seguir na figura 1. Temos:

Figura 1 - Introdução das características do edifício.

Características do edifício:	Padrão:	Residencial popular
<input type="checkbox"/> Pavimento térreo	4	Nº de aptos por pavimento.
<input checked="" type="checkbox"/> Pavimentos tipo	2	Nº de quartos por apto.
<input type="checkbox"/> Pavimento cobertura	2	
<input type="checkbox"/> Quarto de serviço		

Fonte: Elaborado pelo autor.

Conforme os dados indicados no item 3.3, o edifício é composto somente de pavimentos tipos, ou seja, todos os pavimentos contêm as mesmas características e dimensões, são semelhantes. Contudo é marcado somente a caixa de seleção do pavimento tipo, e nos campos indicados acima, deve-se indicar o número de pavimentos que contêm na torre – 4, número de aptos por pavimentos - 2, número de quartos por aptos - 2. Além de indicar o padrão - residencial popular.

Conforme o preenchimento das características do edifício na tabela 1 e demonstrado na figura 1, outros campos são calculados, como mostra abaixo na figura 2.

⁸ Instruções técnicas de sistemas de hidrantes e de mangotinhos para combate a incêndio da cidade de São Paulo (2010).

Figura 2 - Resultados obtidos com a introdução das características do edifício.

(P) População		
Dormitório	C. unitário (l)	Nº de pessoas
16	150	32
(CD) Consumo diário		
CD (l):	4.800,00	CD (m3): 4,80
(Rti) Reserva de incêndio		
Rti (l):	960,00	Ri (m3): 0,96
(RT) Reserva total		
RT (l)	10.560,00	

Fonte: Elaborado pelo autor.

No cálculo de população, é realizado conforme a tabela 3, (em residências e apartamentos – 2 pessoas por quarto social), conforme a expressão abaixo.

$$n = N^{\circ}pav.* N^{\circ}apts.* N^{\circ}quartos * 2 \quad (4.1)$$

Em que:

N: Quantidade de pessoas no edifício;

Nº de pav: Quantidade de pavimentos por torre;

Nº apstos: Quantidades de apartamentos por pavimento;

Nº de quartos: Quantidade de quartos por apartamento;

2: Número de pessoas que deve ser considerado para apartamentos, segundo a tabela 3.

Substituindo os dados na equação 3.1, temos:

$$n = 4 * 2 * 2 * 2 = 32 \text{ pessoas.}$$

Já o consumo diário (CD) é calculado por meio da expressão 3.1, que substituindo os valores na mesma, temos:

$$CD = 150 * 32 = 4.800l \text{ ou } 4,8 m^3$$

A reserva técnica de incêndio adota-se as orientações dadas por Creder que afirma que devemos “prever uma reserva para incêndio estimada entre 15% e 20% do consumo diário do edifício” (2012). Calculada por meio da equação 2.4. Temos:

$$Rti = 20\% * 4800 = 960l \text{ ou } 0,96 m^3.$$

A reserva total (Rt) é a quantidade de água que devemos ter armazenada para que não falte água no edifício e nem tenha problemas com contaminação, a equação 3.3, considera-se um armazenamento para dois dias conforme a NBR 5626 - Norma brasileira de instalações predial de água fria de 1998. Aplicando os valores numéricos na fórmula 3.3, temos:

$$Rt = 2 * 4800 + 960 = 10.560l \text{ ou } 10,56m^3.$$

Volume e dimensões geométricas de reservatório elevados

Para determinar o volume dos reservatórios elevados em edificações residenciais, no sistema de abastecimento indireto com bombeamento, ou seja, sistema a qual sua alimentação precisa-se dos reservatórios elevados e inferior, e dos sistemas de recalque, adota-se na tabela método de Botelho, afirmando que “que para reservatórios domiciliares e de edifícios altos pode-se calcular a reservatório inferior como sendo 3/5 ou 60% da R_t e o superior como sendo de 2/5 ou 40% do R_t ” (2014). Então a equação 3.5 determina o volume do reservatório elevado (RS).

$$RS = 0,40 * R_t \quad (3.5)$$

Já para determina as dimensões dos reservatórios, devemos antes escolher a melhor forma para o reservatório, este trabalho se limita apenas em reservatórios prismático e cilíndrico. Caso o reservatório seja prismático, podemos encontrar as bases por meio da equação 3.6.

$$RS = b * L * h \quad (3.6)$$

Em que:

RS: Volume do reservatório superior em m^3 ;

b: Largura do reservatório em m;

L: Comprimento do reservatório em m;

h: Altura do reservatório em m.

Percebe-se que apenas uma das variáveis presente na equação é conhecida (RS), porém deve-se adotar valores para outras duas variáveis, e calcular a outra dimensão. Na tabela dinâmica é programa para encontrar a altura (h) ou o comprimento (L), expressas abaixo.

$$h = \frac{RS}{b * L} \quad (3.7)$$

$$L = \frac{RS}{b * h} \quad (3.8)$$

No caso de reservatório cilíndrico usamos a equação 3.9.

$$RS = \frac{\pi * d^2}{4} * h \quad (3.9)$$

Em que:

RS: Volume do reservatório superior em m^3 ;

d: Diâmetro do reservatório em m;

h: Altura do reservatório em m;

π : 3,1416.

Como o reservatório prismático, conhecemos apenas uma variável (RS), porém neste caso não necessita adotar dois valores, somente um, pois só temos duas variáveis que não conhecemos e necessitamos determiná-las.

A tabela dinâmica é programa para encontrar a altura (h) ou o diâmetro (d), expressas abaixo.

$$h = \frac{4 * RS}{\pi * d^2} \quad (3.10)$$

$$d = \sqrt{\frac{RS * 4}{\pi * h}} \quad (3.11)$$

SISTEMAS DE RECALQUE EM EDIFICAÇÕES VERTICAIS RESIDENCIAIS

Para dimensionar os sistemas de recalque é necessário saber alguns de seus principais componentes, para Azevedo fazem parte do sistema “o conjunto motobomba, canalização de sucção e de recalque” (2004).

A priori é necessário fazer um traçado do sistema elevatório ou do sistema de recalque. O traçado da canalização deve ser o mais racional possível, a fim de que não sejamos obrigados a utilizar motobombas com potências cada vez maiores, o que gera um custo mensal alto com o consumo de energia elétrica, pois o sistema de motor mais bomba hidráulica do estudo é do tipo centrífugas e elétricas, como já citado no trabalho. Existe inúmeras possibilidade de ser traçar o sistema, chegou ao consenso que o mais econômico e viável, para a edificação está representado abaixo, por meio do anexo 5.

Os dados extraídos do traçado demonstrado na figura 13, necessários para determinar as perdas de cargas, são relacionados abaixo:

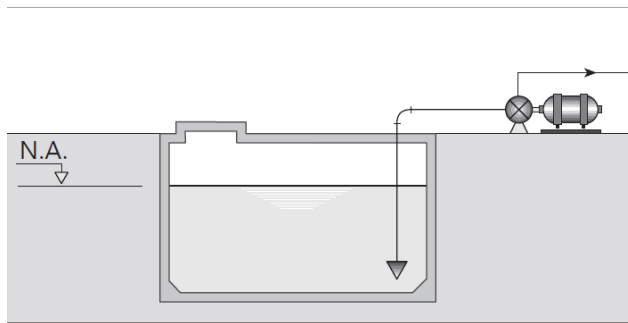
- Comprimento real de recalque: $Lr = 1,70 + 12,00 + 6,40 + 2,50 = 22,60 m$.
- Comprimento real de sucção: $Lr = 1,55 + 0,63 = 2,18 m$.
- Quantidades e tipos de conexões na tubulação de recalque: três curvas 90° com diâmetro nominal de 20 mm, um registro de gaveta aberto de ¾ polegadas, uma válvula de retenção do tipo leve de ¾ polegadas.
- Quantidades e tipos de conexões na tubulação de sucção: uma curva 90° com diâmetro nominal de 25 mm, uma válvula de pé dotada de crivo de 1 polegada.
- Altura de recalque: $hr = 12,00 + 2,50 = 14,50 m$.
- Altura de sucção: $hs = 1,55 m$.

Conjuntos motobombas

Existem muitos tipos de bombas, como centrífugas, de embolo (pistão), injetoras, a ar comprimido, carneiro hidráulico etc. Porém a mais utilizada, atualmente nos sistemas prediais é a bomba centrífuga, que será objeto desde estudos, tratando na tabela dinâmica sobre o seu dimensionamento. Devem ser previstas dois conjuntos motobombas, ficando

um de reserva, para eventuais emergências. A figura 1 mostra o conjunto motobomba e a tubulação de sucção.

Figura 3 - Sistema de motobombas e tubulação de sucção.



Fonte: CARVALHO JÚNIOR, p. 42, 2013.

A determinação da potência (P) do motor da bomba é definida por meio da equação abaixo:

$$P = \frac{\gamma * Q * Hm}{75 * \eta} * h \quad (3.12)$$

$$Q = \frac{CD}{t} \quad (3.13)$$

$$Hm = Hs + Hr + Js + Jr \quad (3.14)$$

Em que:

P: Potência do motor em CV;

γ : Peso específico do líquido bombeado, para água 1000 kg/m³;

Q: Vazão em m³/s, definida pela equação 3.13;

Hm: Altura manométrica em metro, encontrada através da equação 3.14;

Hr: Altura de recalque em metro;

Hs: Altura de sucção em metro, podendo ser negativa ou positiva, dependendo de a bomba estar afogada ou não.

Js: perda de carga total na sucção, em metros;

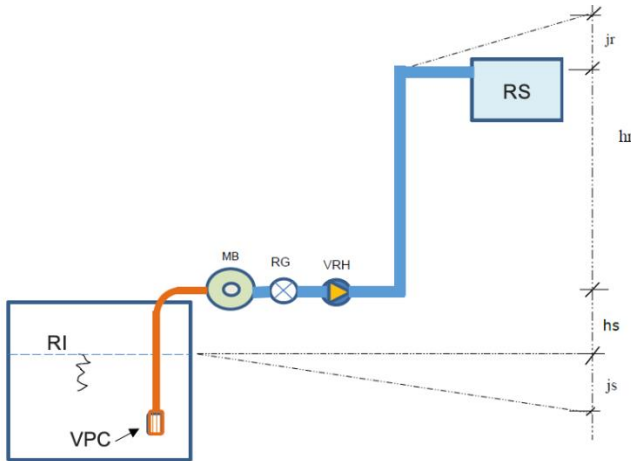
Jr: perda de carga total no recalque, em metros;

η : Rendimento do conjunto motobombas \cong 70%;

t: Tempo de funcionamento da motobomba em horas.

Todos os cálculos são realizados automaticamente na tabela após introduzir os dados necessários, expressos no item 3.1 deste trabalho.

Figura 4 - Esquema de sistemas de recalque



Fonte: Elaborado pelo autor

Vide legenda abaixo:

- MB: Motobomba;
- RG: Registro de gaveta;
- VRH: Válvula de retenção horizontal;
- RI: Reservatório inferior;
- VPC: Válvula de pé com crivo;
- RS: Reservatório superior;
- — Tubulação de recalque;
- — Tubulação de sucção.

As perdas de cargas são de extrema importância para determinar a potência do motor da bomba, são divididas em duas dentro do sistema de recalque, perda de carga na tubulação de recalque (J_r) e perda de carga na tubulação de sucção (J_s).

Canalização de recalque

Compreende a tubulação que conduz a água da bomba ao reservatório superior, também dotada de uma válvula de retenção e todas as conexões requisitadas. Calcula-se o diâmetro da tubulação de recalque por meio da equação 3.15, ou por meio do ábaco 2, ambos disponibilizados na NBR 5626.

Tubulação de recalque por meio da equação 3.15, ou por meio do ábaco 2, ambos disponibilizados na NBR 5626.

$$Dr = \left(1,3 * \sqrt[4]{\frac{t}{24}} * \sqrt{Q} \right) * 1000 \quad (3.15)$$

Em que:

Dr: Diâmetro da tubulação recalque em mm;

t: Número de horas de funcionamento da bomba por dia;

Q: Vazão em metros cúbicos por segundo ou metros cúbicos por hora.

A perda de carga na tubulação de recalque (Jr) é calculada por meio da expressão abaixo a seguir:

$$Jr = J * Lt \quad (3.16)$$

Em que:

J: Perda de carga unitária (m/m); expressa pelo ábaco 1 ou pela equação 3.17;

Lt: comprimento total de recalque em metros (m) – determinada pela fórmula 3.18;

Ir: comprimento real de recalque em metros (m) – medição direta no projeto;

Iv: comprimento virtual de recalque em metros (m) – obtenção na tabela 5;

Dr: Diâmetro da tubulação recalque em metros (m);

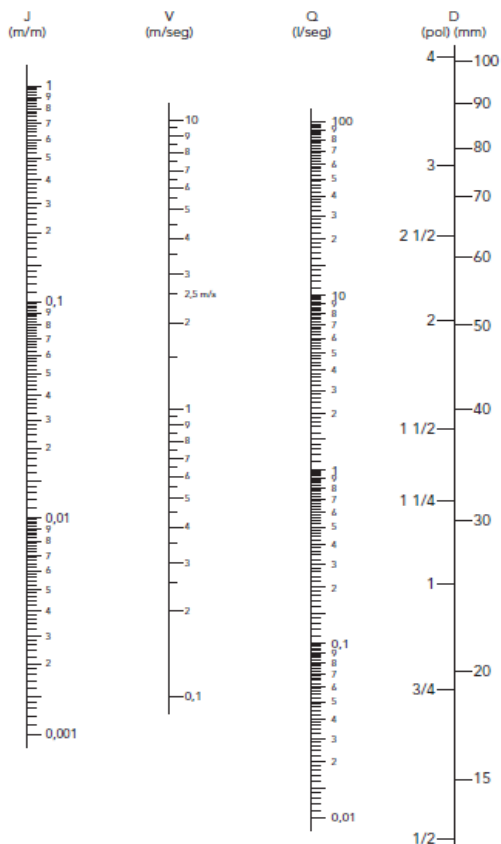
Q: Vazão em metros cúbicos por segundo (m³/s).

$$J = \sqrt[0,571]{\frac{Q}{55,934 * Dr^{2,714}}} \quad (3.17)$$

$$Lt = Ir * Iv \quad (3.18)$$

A perda de carga unitária(J) pode ser encontrada por meio do ábaco da figura 3 para tubos plásticos e de cobre, com o cruzamento de alguns dados. Como o material da tubulação, o diâmetro em milímetros e a vazão em litros por segundo (l/s), com estes dados encontramos o J.

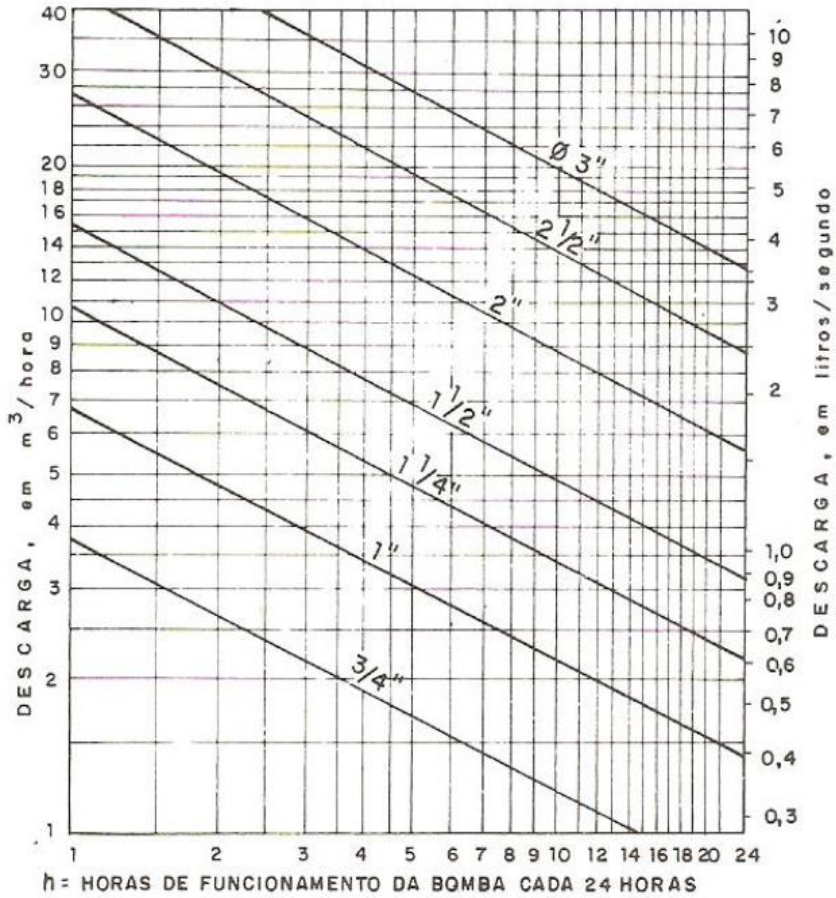
Figura 5 - Ábaco de Fair-Whipple-Hsiao para tubulações de cobre e plástico



Fonte: CARVALHO JÚNIOR, P. 87, 2013

Para encontrar o diâmetro de recalque utilizando o ábaco 2, é necessário a vazão em metros cúbicos por hora (m^3/h) e o tempo de funcionamento da motobomba em 1 dia, em horas (h).

















Figura 6 - Ábaco para determinar o diâmetro econômico de recalque de uma bomba



Fonte: AZEVEDO NETO, p. 32, 2004.

O comprimento virtual de recalque em metros (l_v) é dada através da tabela 5, sendo a perda de carga localizada, ou seja, é a perda de energia nas conexões, a qual deve-se indicar o diâmetro e o tipo da conexão, cruzando esses valores, encontra-se o valor em metros na tabela abaixo.

Tabela 5
Perdas de carga localizados – sua equivalência em metros de tubulação de PVC

		DIÂMETROS								
DN mm		20	25	32	40	50	60	75	85	110
Ref. pol.		1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	4
Joelho 90°		1,1	1,2	1,5	2,0	3,2	3,4	3,7	3,9	4,3
Joelho 45°		0,4	0,5	0,7	1,0	1,0	1,3	1,7	1,8	1,9
Curva 90°		0,4	0,5	0,6	0,7	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6
Curva 45°		0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
TE 90° passagem direta		0,7	0,8	0,9	1,5	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6
TE 90° saída de lado		2,3	2,4	3,1	4,6	7,3	7,6	7,8	8,0	8,3
TE 90° saída bilateral		2,3	2,4	3,1	4,6	7,3	7,6	7,8	8,0	8,3
Entrada normal		0,3	0,4	0,5	0,6	1,0	1,5	1,6	2,0	2,2
Entrada de borda		0,9	1,0	1,3	1,8	2,3	2,8	3,3	3,7	4,0
Saída de canalização		0,8	0,9	1,3	1,4	3,2	3,3	3,5	3,7	3,9
Válvula de pé e crivo		8,1	9,5	13,3	15,5	18,3	23,7	25,0	26,8	28,6
Válvula de re- tenção tipo leve		2,5	2,7	3,8	4,9	6,8	7,1	8,2	9,3	10,4
Válvula de re- tenção pesado		3,6	4,1	5,8	7,4	9,1	10,8	12,5	14,2	16,0
Registro globo aberto		11,1	11,4	15,0	22,0	35,8	37,9	38,0	40,0	42,3
Registro gaveta aberto		0,1	0,2	0,3	0,4	0,7	0,8	0,9	0,9	1,0
Registro ângulo aberto		5,9	6,1	8,4	10,5	17,0	18,5	19,0	20,0	22,1

Fonte: CARVALHO JÚNIOR, p.88, 2013.

Canalização de sucção

Compreende a parte da tubulação que conduz a água do reservatório inferior, ou cisterna, até a bomba. Possuindo em sua extremidade inferior uma válvula de retenção chamada válvula de pé dotada de crivo para impedir a entrada de sujeira sólida na tubulação, como mostra a figura 2.

O diâmetro da tubulação de sucção (Ds), é considerado neste estudo um diâmetro nominal imediatamente superior ao do diâmetro da tubulação de recalque. As perdas de cargas ou perdas de energia na tubulação de sucção é encontrada da mesma forma que o descrito para tubulação de recalque no item 2.2.2.2.

ESTUDO DE CASO

Tendo em vista a aplicação do método alternativo para dimensionar e determinar os elementos citados acima, buscou-se apresentar de maneira prática em um projeto criado didaticamente para o estudo, vide o anexo 3 e 4. Seque abaixo algumas características do projeto.

- Projeto: Residencial Multifamiliar;
- Padrão: Popular;
- Local de implantação: Implantado hipoteticamente na região metropolitana de Manaus;
- Tipo: Edificação residencial vertical;
- Pavimentos: 4 pavimentos tipos;
- Dormitórios: 2 dormitórios por apartamentos;
- Apartamentos: 2 apartamentos por pavimento.

RESULTADOS



Os resultados são apresentados de forma direta, aplicando as características do estudo de caso na tabela programada.

DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO DE ÁGUA ELEVADO

Partido para determinar as dimensões e o volume do reservatório superior, deve-se indicar a tabela alguns dados de partida, como o tipo de reservatório - se cilíndrico ou prismático, caso opte por um reservatório do tipo cilíndrico, deve-se indicar na tabela a dimensão que deve ser encontrado, entre diâmetro e sua altura como mostra abaixo nas figuras 7 e 8.

A tabela a seguir, mostra uma possibilidade que temos para calcular as dimensões do reservatório. Esta primeira possibilidade é configurada para reservatório do tipo cilíndrico, encontrando a altura e sugerindo o seu diâmetro em metros.

Figura 7 - Resultados obtidos com a introdução das características do edifício.

(RS) Reservatório superior:		<input type="radio"/> Res. Prismático	<input checked="" type="radio"/> Res. Cilíndrico
RS (l):	4.224,00	RS (m3):	4,22
<input type="radio"/> Calcular a altura		<input checked="" type="radio"/> Calcular altura	
<input type="radio"/> Calcular uma das bases		<input type="radio"/> Calcular o diâmetro	
	C (m): L (m): h (m):		d (m): 2,00 h (m): 1,40
Dimensões finais:	c (m): h (m): L (m):	Dimensões finais:	h (m): 1,70 d (m): 2,00



Fonte: Elaborado pelo autor.

A tabela 8 mostra além do cálculo das dimensões do reservatório elevado; o cálculo da parcela de água no reservatório elevado, utilizando a expressão 3.5,

A determinação da altura é realizada por meio da equação 3.10, porém, a mesma é feita de maneira automatizada por meio da tabela dinâmica 1.

Percebe-se que temos as dimensões finas, com o diâmetro replicado como o sugerido, já para a altura adota-se 30 centímetros a mais, pois a altura calculada é somente a do fluido (água), e altura final é a do reservatório e não a do líquido. A tabela abaixo indica outra possibilidade para o cálculo das dimensões de reservatório cilíndricos.

Figura 8 - Opção de calcular o diâmetro do reservatório cilíndrico.

(RS) Reservatório superior:		<input type="radio"/> Res. Prismático	<input checked="" type="radio"/> Res. Cilíndrico
RS (l):	4.224,00	RS (m3):	4,22
<input type="radio"/> Calcular a altura <input type="radio"/> Calcular uma das bases		Res. cilíndrico <input type="radio"/> Calcular altura <input checked="" type="radio"/> Calcular o diâmetro	
	C (m): L (m): h (m):		d (m): 1,70 h (m): 2,00
Dimensões finais:	c (m): h (m): L (m):	Dimensões finais:	h (m): 2,30 d (m): 1,70

Fonte: Elaborado pelo autor.

A determinação da altura é realizada por meio da equação 3.11, porém, a mesma é feita de maneira automatizada através da tabela dinâmica 1. Como a tabela 8, a altura aparece maior que a adotada, nos valores finais das dimensões, pela mesma questão explicada anteriormente para a figura 7.

Encerrando as possibilidades presente na tabela dinâmica para reservatório cilíndrico, parte para as duas possibilidades programadas na tabela para reservatórios prismáticos, como mostra nas figuras 9 e 10.

Figura 9 - Opção de calcular a altura do reservatório prismático.

(RS) Reservatório superior:		<input checked="" type="radio"/> Res. Prismático <input type="radio"/> Res. Cilíndrico	
RS (l): 4.224,00		RS (m ³): 4,22	
Res. Prismático <input checked="" type="radio"/> Calcular a altura <input type="radio"/> Calcular uma das bases		Res. cilíndrico <input type="radio"/> Calcular altura <input type="radio"/> Calcular o diâmetro	
	C (m): 1,00 L (m): 2,00 h (m): 2,20		d (m): h (m):
Dimensões finais: c (m): 1,00 h (m): 2,50 L (m): 2,00		Dimensões finais: h (m): d (m):	

Fonte: Elaborado pelo autor.

Caso opte pela geometria do reservatório do tipo prismático, deve-se marcar a opção “Res. Prismático”, tendo ainda de indicar qual dimensão deve ser calculada, entre a altura e umas das bases.

A determinação da altura é realizada por meio da equação 3.7, porém, a mesma é feita de maneira automatizada por meio da tabela dinâmica 1.

Percebe-se que temos as dimensões finas, com o diâmetro replicado como o sugerido, já para a altura adota-se 30 centímetros a mais, pois a altura calculada é somente a do fluido (água), e altura final é a do reservatório e não a do líquido. A tabela abaixo indica outra possibilidade para o cálculo das dimensões de reservatório cilíndricos.

Figura 10 - Opção de calcular uma das bases do reservatório prismático.

(RS) Reservatório superior:		<input checked="" type="radio"/> Res. Prismático <input type="radio"/> Res. Cilíndrico	
RS (l): 4.224,00		RS (m ³): 4,22	
Res. Prismático <input type="radio"/> Calcular a altura <input checked="" type="radio"/> Calcular uma das bases		Res. cilíndrico <input type="radio"/> Calcular altura <input type="radio"/> Calcular o diâmetro	
	C (m): 1,00 L (m): 2,20 h (m): 2,00		d (m): h (m):
Dimensões finais: c (m): 1,00 h (m): 2,30 L (m): 2,20		Dimensões finais: h (m): d (m):	

Fonte: Elaborado pelo autor.

A determinação da base (L) é realizada por meio da equação 3.8, porém, a mesma é feita de maneira automatizada por meio da tabela dinâmica 1.

DIMENSIONAMENTO DOS SISTEMAS DE RECALQUE

O dimensionamento dos sistemas de recalque em prédios residenciais consiste em determinar o diâmetro das tubulações de recalque e de sucção, e a potência do conjunto de motobombas.

Determinar a vazão de recalque

Para determinar a vazão de recalque, utiliza-se a equação 3.13, com necessidade de alguns dados, como o consumo diário (Cd) e o tempo de funcionamento da bomba hidráulica. A vazão é determinada na tabela abaixo.

Figura 11 - Determinação da vazão de recalque.

DIMENSIONAMENTO DE SISTEMA DE RECALQUE		
Vazão (Q)		
(CD) Consumo diário (m3)	4,80	
(t) tempo (h)	4	Funcionamento da bomba: 2 períodos de 2,0 horas
(Q)Vazão (m3/h)	1,20	
(Q)Vazão (l/s)	0,34	

Fonte: Elaborado pelo autor.

O consumo diário presente na figura 11, está ligado ao consumo diário calculado na tabela de dimensionamento de reservatório, já o período de funcionamento da bomba hidráulica, deve ser selecionado entre períodos, as opções são: 2 períodos de 2:00 hora cada, 3 períodos de 1:30 horas cada, 3 períodos de 2 horas cada. A vazão é dada através da relação entre o consumo diário e o tempo total de funcionamento da bomba hidráulica em 24:00 horas, conforme a equação 3.13.

Diâmetro da tubulação de Tubulação de recalque e sucção

Os diâmetros são determinados conforme a NBR 5626 - Instalação predial de água fria de 1998. Para o cálculo do diâmetro da tubulação de recalque, utilizou-se a equação 3.15 deste trabalho, como mostra a figura 12. Já o cálculo do diâmetro tubulação se sucção é determinada de forma análoga, considerando o diâmetro imediatamente superior ao da tubulação de recalque.

Figura 12 - Determinação dos diâmetros da tubulação de sucção e recalque.

(CD) Consumo diário (m ³)	4,80	Funcionamento da bomba: 2 períodos de 2,0 horas	
(t) tempo (h)	4		
(Q)Vazão (m ³ /h)	1,20		
(Q)Vazão (l/s)	0,34		
Diâmetro de recalque (Dr)			
(t)	4	(Q)	1,20
Diâmetro de recalque (mm):	20		
Diâmetro de sucção (Ds)			
Diâmetro de sucção (mm):	25		

Fonte: Elaborado pelo autor.

Como o consumo diário da edificação é considerável baixa, conseqüentemente os diâmetros nominais das tubulações de sucção e recalque serão baixos e econômicos.

Perdas de carga ou perda de energia

Perda de energia na tubulação de recalque

Com a introdução retirado do traçado no anexo 5, obtivemos os seguintes resultados, demonstrado abaixo.

Figura 13 - Perda de energia na tubulação de recalque.

Perda de carga no recalque (jr)			
(lr) Comprimento real de recalque (m):		22,60	
<input type="checkbox"/> Joelho 90°	<input type="checkbox"/> Curva 45°	<input type="checkbox"/> Té saída lateral	
<input type="checkbox"/> Joelho 45°	<input type="checkbox"/> Té passagem direta	<input checked="" type="checkbox"/> Valv. De retenção	2,7
3 <input checked="" type="checkbox"/> Curva 90°	1,5	<input checked="" type="checkbox"/> Registro de gaveta aberto	0,2
	<input type="checkbox"/> Té saída de lado	<input type="checkbox"/> Válvula de pé e crivo	
		NENHUMA	
(lv) Comprimento virtual de recalque (m):	4,4		
(lt) Comprimento total de recalque (m):	27		
	j	0,07	
	Jr	1,89	
Resultados obtidos			

Fonte: Elaborado pelo autor.

A figura acima mostra os campos para introduzir o comprimento de recalque retirado do traçado, além do tipo e quantidade de conexões. Já nos campos de resultados obtidos são detalhados abaixo:

- Comprimento virtual de recalque: É a soma das perdas de energia de cada conexão presente na tubulação de recalque, $1,50 + 2,70 + 0,2 = 4,40\text{m}$.
- Comprimento total de recalque: É a soma do comprimento real de recalque e o comprimento virtual de recalque, $22,60 + 4,40 = 27,00\text{m}$.

- Perda de carga unitária (J): É calculada por meio do ábaco expresso na figura 3, ou por meio da equação 3.17.
- A perda de carga na tubulação de recalque (jr): É o produto entre a perda de carga unitária e o comprimento total de recalque.

Perda de energia na tubulação de sucção

Com a introdução retirado do traçado no anexo 5, obtivemos os seguintes resultados, demonstrado abaixo mostra que alguns campos devem ser introduzidos, dentre eles:

- Comprimento virtual de sucção: É a soma das perdas de energia de cada conexão presente na tubulação de sucção, $0,60 + 13,30 = 13,90\text{m}$.
- Comprimento total de sucção: É a soma do comprimento real de sucção e o comprimento virtual de sucção, $2,18 + 13,90 = 16,08\text{m}$.
- Perda de carga unitária (J): É calculada por meio do ábaco expresso na figura 3, ou por meio da equação 3.17.
- A perda de carga na tubulação de sucção (jr): É o produto entre a perda de carga unitária e o comprimento total de sucção.

Figura 14 - Perda de energia na tubulação de sucção.

Perda de carga na sucção (Js)

(lr) Comprimento real de Sucção (m):

Joelho 90° Curva 45° Tê saída lateral
 Joelho 45° Tê passagem direta Valv. De retenção
1 Curva 90° 0,6 Tê saída de lado Registro de gaveta aberto
 Válvula de pé e crivo 13,3

NENHUMA

(lv) Comprimento virtual de sucção (m):

(Lt) Comprimento total de sucção (m):

J:

Js:

Resultados obtidos

Fonte: Elaborado pelo autor.

Altura Manométrica

A altura manométrica (Hm) é altura geométrica acrescida das perdas de carga no recalque e na sucção. Sendo providencial no cálculo da potência do motor da bomba hidráulica introduzindo a altura de recalque (hr) e a altura de secção (hs), encontrasse a altura manométrica, como mostra a figura abaixo.

Figura 15 - Determinação da altura manométrica.

Altura manométrica (Hm)	
hr (m):	14,5
hs (m):	1,55
Hm (m):	18,342

Fonte: Elaborado pelo autor.

Potência da motobomba

Para estimar a potência do motor que aciona a bomba hidráulica é realizada pela equação 3.12 deste estudo. Porém calculado na tabela 2, de maneira simples e prática, bastando indicar os dados expressos nos subitens acima. Demonstrando abaixo.

Figura 16 - Determinação da Potência da motobomba

Conjunto motobomba (P)	
η (%):	70%
Q (m ³ /s):	0,00034
Potência (cv)	0,2
Motobomba de 0,5 CV OU Motobomba de 372,85 W	

Fonte: Elaborado pelo autor.

Como mostra a figura acima, a potência calculada é muito baixa, pois o consumo diário é consideravelmente baixo, a altura manométrica não é tão alta. Para chegar no resultado final, sendo a potência da motobomba é necessário da indicação e cálculos dos subitens acima e a indicação do desempenho da bomba hidráulica, para a mesma utilizou-se um desempenho de 70%.

O valor obtido através da equação 3.12 demonstra um valor de 0,2 cv, porém não existe no mercado uma motobomba com potência de 0,2 cv. Com isso arredondamos a potência para ½ cv.

Tabela 6: Resumo dos resultados

Part. do sistema	CD	Vazão	J	Hm	Ø Nominal	Potência
Tub. de recalque	4,8 m ³	1,2 m ³ /h	1,89m	-	20 mm	-
Tub. de Sucção	4,8 m ³	1,2 m ³ /h	0,4m	-	25 mm	-
Motobomba	4,8 m ³	1,2 m ³ /h	-	18,3 m	-	372,85 w

Fonte: Elaborado pelo autor.

CONCLUSÃO

Com o término do estudo e análise do dimensionamento de instalações elevatórias de água potável, considera-se que o método de dimensionamento utilizado é bastante eficiente e prático, desde que sejam introduzidos os dados de maneira correta.

Porém este método é limitado por alguns fatores, como: realiza apenas dimensionamento em prédios residenciais e com gabarito máximo de altura de 40 m, ou o que equivale aproximadamente 13 pavimentos.

Com os resultados obtidos demonstrados na seção resultados e discussões, e expressa em resumo na tabela 6 mostram que a programação e análise do sistema foi como o esperado, reduzindo o tempo gasto com eventuais dimensionamentos manuais, e evitando um superdimensionamento ou subdimensionamento dos sistemas analisados no estudo.

Pode-se ainda aprimorar e acrescentar elementos às tabelas programadas, como calcular e determinar elementos hidráulicos em outros edifícios que não sejam residenciais, e ainda realizar dimensionamento de reservatórios elevados, dimensionamentos de ramais e sub-ramais, deixando assim as tabelas dinâmicas com maior amplitude e diminuindo suas limitações.

Conclui-se que com o estudo realizado, obteve-se os resultados esperados, chegando ao volume de água necessário para abastecimento residencial predial e determinação dos elementos dos sistemas de recalques.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

AZEVEDO NETO, José Martiniano de; MELO, Vanderley de Oliveira. **Instalações Prediais Hidráulico-Sanitárias.** São Paulo: Blucher, 2004.

AZEVEDO NETO, José Martiniano de; FERNANDEZ, Miguel Fernandez y. **Manual de hidráulica.** 9.ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1998.

BOTELHO, Manoel Henrique Campos; RIBEIRO JUNIOR, Geraldo de Andrade. **Instalações hidráulicas prediais utilizando tubos plásticos.** 4.ed. São Paulo: Blucher, 2014.

CARVALHO JÚNIOR, Roberto de. **Instalações hidráulicas e o projeto de arquitetura.** 7.ed. São Paulo: Blucher, 2013.

CREDER, Hélio. **Instalações hidráulicas e sanitárias.** 6.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

REIS RAMOS, Helder dos. **Manutenção de sistemas hidráulicos prediais.** Porto. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Porto, 2010.

SANTOS, Sérgio Lopes dos. **Bombas e instalações hidráulicas.** São Paulo: LCTE editora, 2007.