



ARTHUR AUGUSTO REIS GUEDES ALVES

**APLICATIVO MOBILE PARA APOIO NO PRÉ-DIMENSIONAMENTO
DE INSTALAÇÕES PREDIAIS DE ÁGUA FRIA POR MEIO DO
MÉTODO DO CONSUMO MÁXIMO PROVÁVEL DOS PESOS
RELATIVOS**

**LAVRAS - MG
2023**

ARTHUR AUGUSTO REIS GUEDES ALVES

**APLICATIVO MOBILE PARA APOIO NO PRÉ-DIMENSIONAMENTO DE
INSTALAÇÕES PREDIAIS DE ÁGUA FRIA POR MEIO DO MÉTODO DO
CONSUMO MÁXIMO PROVÁVEL DOS PESOS RELATIVOS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Universidade Federal de Lavras como parte das
exigências do Curso de Engenharia Civil, para a
obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Michael Silveira Thebaldi
Orientador

**LAVRAS- MG
2023**

ARTHUR AUGUSTO REIS GUEDES ALVES

**APLICATIVO MOBILE PARA APOIO NO PRÉ-DIMENSIONAMENTO DE
INSTALAÇÕES PREDIAIS DE ÁGUA FRIA POR MEIO DO MÉTODO DO
CONSUMO MÁXIMO PROVÁVEL DOS PESOS RELATIVOS**

**MOBILE APPLICATION TO SUPPORT THE PRE-DESIGN OF POTABLE WATER
BUILDING NETWORKS BY THE MAXIMUM PROBABLE CONSUMPTION
METHOD OF RELATIVE WEIGHTS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Universidade Federal de Lavras como parte das
exigências do Curso de Engenharia Civil, para a
obtenção do título de Bacharel.

APROVADO em 21 de julho de 2023.

Dr. Michael Silveira Thebaldi UFLA

Ms. Alice Raquel Caminha UFLA

Eng. Pâmela Rafanele França Pinto UFLA



Prof. Dr. Michael Silveira Thebaldi
Orientador

**LAVRAS- MG
2023**

AGRADECIMENTOS

O presente Trabalho de Conclusão de Curso não poderia ter chegado a um bom porto sem o precioso apoio e compreensão das pessoas que me cercaram e fizeram com que eu enxergasse o quão longe eu poderia chegar. Por esses e tantos outros motivos, expresso meus agradecimentos:

A Deus, pela dádiva da vida e por me permitir realizar tantos sonhos nesta existência. Obrigado por me permitir errar, aprender e crescer, por Sua eterna compreensão e tolerância, por Seu infinito amor e pela Sua voz "invisível" que não me permitiu desistir. Agradeço também por ter me dado saúde em tempos tão difíceis.

Ao professor Michael Silveira Thebaldi, pela orientação, competência, profissionalismo e dedicação. Obrigado por todo o aprendizado! Mesmo sabendo que os desafios seriam grandes em um curto espaço de tempo, agradeço por acreditar em mim e por toda a disponibilidade e agilidade em me atender. Tenho certeza de que não teria chegado a este ponto sem o seu apoio.

Às membras da banca, Alice Raquel Caminha e Pâmela Rafanele França Pinto pela disponibilidade em participar da banca e contribuir para este trabalho.

À minha mãe, Maria Laura dos Reis, pelo exemplo de dignidade e perseverança, pela confiança na minha capacidade e pelo total apoio nos momentos em que me encontrei desmotivado.

Aos meus irmãos, por estarem presentes e por todo o suporte dado para que eu pudesse, enfim, concluir este trabalho. Em especial, agradeço a Gustavo Emmanuel Reis Guedes Alves, que esteve comigo desde o início, trocando conhecimentos e me instruindo para a realização do aplicativo.

À minha amada República Mato Dentro, aos moradores e ex-moradores que estiveram comigo por toda essa jornada, me apoiando e me distraíndo tanto nos momentos bons quanto nos momentos difíceis.

Finalmente, gostaria de agradecer à Universidade Federal de Lavras por me ensinar muito e por proporcionar mais do que a busca de conhecimento técnico e científico, mas também diversas lições de vida. Obrigado a todos!

RESUMO

O desenvolvimento de aplicativos móveis tem trazido benefícios significativos para a Engenharia Civil, permitindo o acesso a informações técnicas, cálculos complexos e colaboração eficiente entre equipes. No entanto, apesar da existência de softwares comerciais para o dimensionamento hidráulico, a falta de aplicativos móveis específicos para auxiliar no pré-dimensionamento de instalações de água fria foi identificada como uma lacuna. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi desenvolver um aplicativo mobile utilizando o *framework Ionic* para auxiliar no pré-dimensionamento de instalações prediais de água fria, utilizando o método do consumo máximo provável dos pesos relativos. O aplicativo, nomeado PRE-AF, foi avaliado por meio da comparação dos resultados com o cálculo manual, utilizando exemplos específicos. Os resultados mostraram que o aplicativo foi eficiente, fornecendo resultados precisos e economizando tempo. Os desvios dos resultados obtidos, comparando os dois modos de solução, ocorreram devido a arredondamentos. O desenvolvimento do aplicativo atingiu os objetivos propostos, contribuindo para a modernização da Engenharia Civil e otimização do pré-dimensionamento de instalações prediais de água fria.

Palavras-chave: Carga de pressão de trabalho. Dimensionamento. *Framework Ionic*.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Partes constituintes de um sistema predial de água fria.	23
Figura 2 – Fluxograma de funcionamento do aplicativo.	26
Figura 3 – Primeira tela do aplicativo – cadastramento dos trechos.	26
Figura 4 – Segunda tela – escolha dos aparelhos sanitários.	27
Figura 5 – Primeira tela do aplicativo – calcular pré-dimensionamento.	28
Figura 6 – Sexta tela do aplicativo – resultados pré-dimensionamento.	28
Figura 7 – Tela três do aplicativo – comprimento real.	29
Figura 8 – Tela quatro – peças especiais.	29
Figura 9 – Tela cinco – carga de pressão estática.	30
Figura 10 – Primeira tela – calcular pressão dinâmica.	30
Figura 11 – Sexta tela do aplicativo – resultado pressão dinâmica.	31
Figura 12 – Traçado da rede “Exemplo 1”.	31
Figura 13 – Traçado da rede “Exemplo 2”.	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Banco de dados: Peso relativo dos aparelhos sanitários.....	24
Tabela 2 – Banco de dados: Equivalência de DN por meio da soma dos pesos relativos.....	24
Tabela 3 – Banco de dados: Equivalência de Di por meio de DN.	25
Tabela 4 – Banco de dados: Comprimento equivalente expresso em diâmetros.....	25
Tabela 5 – Banco de dados: comprimento equivalente do registro de pressão.	25
Tabela 6 – Resultados obtidos manualmente para o estudo de caso 1.	34
Tabela 7 – Resultados gerados pelo aplicativo para o estudo de caso 1.	34
Tabela 8 – Resultados obtidos manualmente pelo autor para no estudo de caso 2.	35
Tabela 9 – Resultados gerados pelo aplicativo para o estudo de caso 2.	35

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
2 OBJETIVOS.....	10
2.1 Objetivo geral	10
2.2 Objetivos específicos.....	10
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	11
3.1 Instalações prediais de água fria no Brasil: principais diretrizes para o projeto	11
3.2 Método dos Pesos Relativos	15
3.3 Estimativa da perda de carga total e carga dinâmica disponível	16
3.4 Aplicativos móveis	18
3.4.1 Aplicativos relacionados à Engenharia Civil.....	18
3.4.2 Aplicativos relacionados às instalações hidráulicas de água.....	20
3.4.3 Desenvolvimento de aplicativos móveis em <i>Framework Ionic</i>	21
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	23
4.1 Estudo de caso 1	31
4.2 Estudo de caso 2	32
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
6 CONCLUSÃO.....	37
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38
ANEXO A – Cálculo manual do estudo de caso 1	41
ANEXO B – Resultados do aplicativo para o estudo de caso 1	46
ANEXO C – Cálculo manual do estudo de caso 2	48
ANEXO D – Resultados do aplicativo para o estudo de caso 2.....	52

1 INTRODUÇÃO

As instalações prediais de água fria desempenham um papel fundamental em edifícios, pois são responsáveis por fornecer água em quantidade suficiente e com a pressão adequada para todos os pontos de consumo (CARVALHO JÚNIOR, 2019). No Brasil, o projeto, execução e manutenção destes sistemas são regulamentados pela NBR 5626 (ABNT, 2020), que estabelece os requisitos mínimos para o bom desempenho, uso racional da água, segurança sanitária e desempenho dos sistemas prediais de água fria e quente.

Com o avanço das tecnologias, os aplicativos móveis surgiram como ferramentas práticas e eficientes para diversas áreas, incluindo a engenharia. Eles oferecem uma variedade de funcionalidades que facilitam operações específicas para os usuários, sendo acessíveis a partir de smartphones e facilmente disponíveis para download (NEVES, 2017). Na área da Engenharia Civil, essas ferramentas têm sido amplamente utilizadas, proporcionando acesso a informações técnicas, realização de cálculos complexos, visualização de projetos em formato digital e gerenciamento de tarefas (RIBEIRO, 2017; COELHO, 2021). Há aplicativos desenvolvidos para auxiliar em suas atividades diárias, que permite a visualização, edição, recursos de gerenciamento de documentos e colaboração de projetos (ANDRADE et al., 2015; PRAT et al., 2020). Além disso, alguns possibilitam a visualização imersiva de modelos *Building Information Modeling* (BIM), do português “Modelagem de Informação da Construção” e permitem visualizar e revisar projetos de infraestrutura civil diretamente em dispositivos móveis em 3D. (TAYEH et al., 2018; AL-BAYARI et al., 2019).

Em relação a softwares para o dimensionamento de instalações prediais de água fria, é possível encontrar no mercado algumas opções, como o PRO-Hidráulica, um software comercial que permite a realização de projetos hidráulicos e instalações sanitárias, incluindo água fria (MULT PLUS, 2023). Outra opção, é o AltoQi Builder, um software que permite o dimensionamento das tubulações como água fria, além de verificar a pressão nas conexões e pontos de utilização de forma integrada com sua própria base CAD (AltoQi, 2017).

No entanto, apesar da disponibilidade desses softwares comerciais e outros estudos, não foram encontrados aplicativos móveis voltados para o pré-dimensionamento de instalações hidráulicas de água fria utilizando o método do consumo máximo provável dos pesos relativos. Assim, a criação de um aplicativo com essa finalidade traria inúmeros benefícios agilizando o processo de pré-dimensionamento oferecendo uma maior praticidade para os profissionais como também a possibilidade de revisão de projetos já finalizados durante a execução da obra.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Desenvolver um aplicativo *mobile* para apoio no pré-dimensionamento de instalações prediais de água fria por meio do método do consumo máximo provável dos pesos relativos.

2.2 Objetivos específicos

- Elaborar o código do aplicativo na plataforma *Ionic Framework*, que proporcione uma interação amigável e fluida para o usuário;
- Avaliar os resultados do pré-dimensionamento de água fria e verificação da carga de pressão feito pelo aplicativo comparando com resultados obtidos por meio de cálculo manual, em exemplos reais.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Instalações prediais de água fria no Brasil: principais diretrizes para o projeto

De maneira geral, as instalações prediais hidrossanitárias têm como objetivo distribuir água em quantidade suficiente e com pressão adequada para todas as peças de uso e aparelhos sanitários do prédio, além de promover a coleta adequada das águas pluviais e servidas, evitando o retorno de águas poluídas nas tubulações de alimentação dos aparelhos e a entrada de gases, roedores ou insetos nos edifícios. Isso cria condições favoráveis ao conforto e segurança dos usuários (CARVALHO JÚNIOR, 2019).

No que diz respeito aos sistemas prediais de água fria e quente (SPAFAQ), eles são regulamentados pela NBR 5626 - "Sistemas prediais de água fria e água quente - Projeto, execução, operação e manutenção" (ABNT, 2020), elaborada pelo Comitê Brasileiro da Construção Civil (ABNT/CB-002) e pela Comissão de Estudo de Sistemas Prediais de Água Fria e Água Quente (CE-002:146.003). Essa norma estabelece os requisitos mínimos para o bom desempenho dos sistemas, o uso racional da água e energia, garantindo a potabilidade da água, assim como a segurança sanitária e o desempenho dos sistemas em questão (ABNT, 2020).

De acordo com a ABNT NBR 5626 (ABNT, 2020), o projeto do SPAFAQ deve ser elaborado por um profissional qualificado, respeitando o uso de materiais e componentes adequados. Além disso, o projeto regulamentado pela norma deve contemplar os seguintes requisitos ao longo da vida útil da instalação:

- a) preservar a potabilidade da água potável;
- b) assegurar o fornecimento de água de forma contínua, em quantidade adequada e com pressões e vazões compatíveis com o funcionamento previsto dos aparelhos sanitários, peças de utilização e demais componentes e em temperaturas adequadas ao uso;
- c) considerar acesso para verificação e manutenção;
- d) prover setorização adequada do sistema de distribuição;
- e) evitar níveis de ruído inadequados à ocupação dos ambientes;
- f) proporcionar aos usuários peças de utilização adequadamente localizadas, de fácil operação;
- g) minimizar a ocorrência de patologias;
- h) considerar a manutenibilidade;
- i) proporcionar o equilíbrio de pressões da água fria e da água quente a montante de misturadores convencionais, quando empregados (ABNT, 2020).

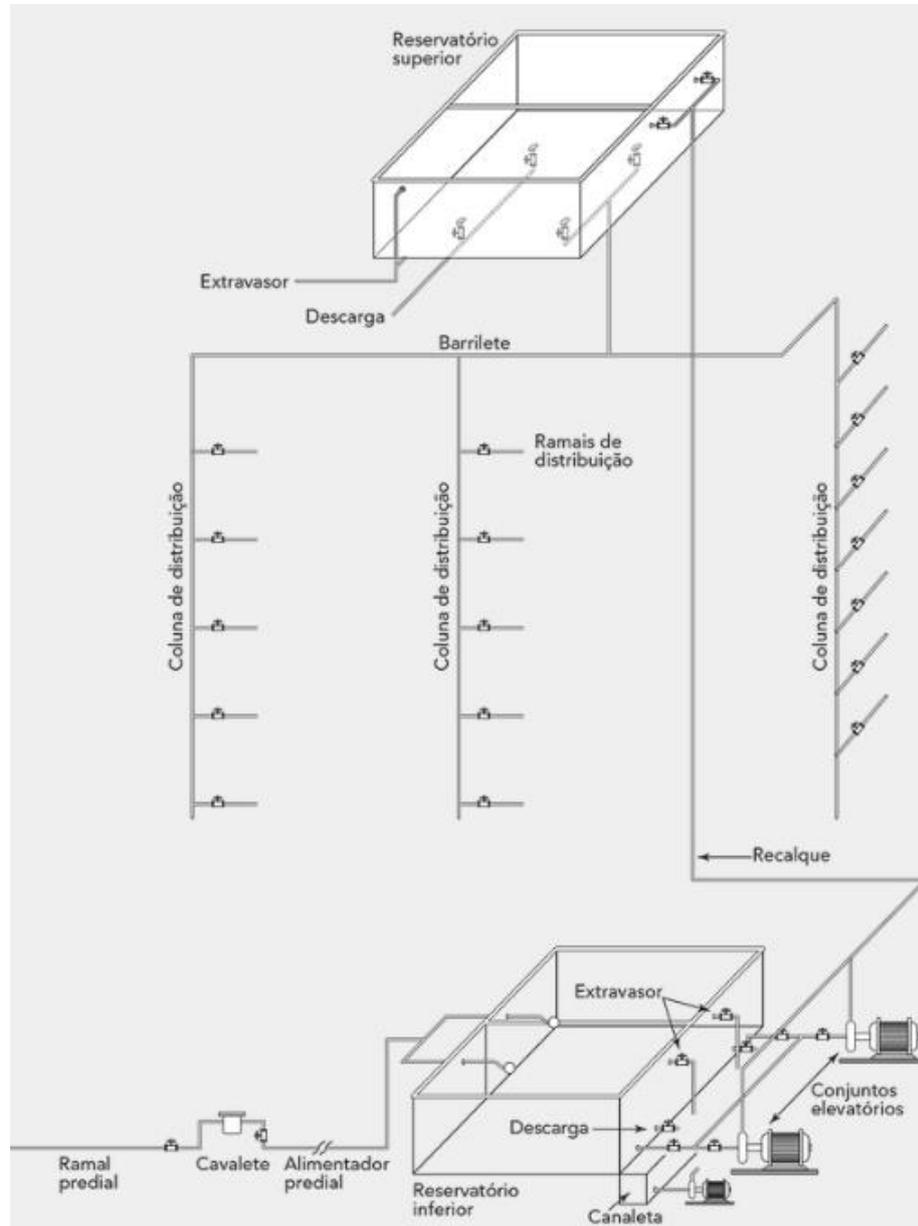
O objetivo do projeto de água fria é abastecer os pontos de consumo considerando a melhor técnica e economia. Portanto, o projetista deve analisar a interdependência das diversas partes do sistema (CREDER, 2012).

De acordo com Carvalho Júnior (2019), uma instalação predial de água fria pode ser alimentada pela rede pública de abastecimento ou por um sistema privado. No caso da alimentação pela rede pública, existem três tipos de distribuição de água nas instalações prediais, conforme Azevedo Netto e Fernández (2015): i) distribuição direta, em que não há reservatório residencial e a água é fornecida diretamente da rede municipal; ii) distribuição indireta, que utiliza um reservatório domiciliar para evitar problemas relacionados à intermitência ou irregularidades no abastecimento de água e variações de pressão na rede pública; e iii) sistemas mistos, nos quais parte da alimentação vem diretamente da rede de distribuição e parte de forma indireta.

No Brasil e na maioria dos países da América Latina, o abastecimento de água não garante um fluxo contínuo. Portanto, é mais comum o uso da distribuição mista, tanto para reduzir problemas causados pelas oscilações do fluxo quanto para atender a edifícios de grande altura (AZEVEDO NETTO; FERNÁNDEZ, 2015).

Segundo Carvalho Júnior (2019), as principais partes constituintes de um sistema predial de água fria são: ramal predial, cavalete, alimentador predial, reservatório inferior, conjuntos elevatórios, tubulações de sucção e recalque, reservatório superior, barrilete, colunas e ramais de distribuição. A seguir é apresentado um desenho esquemático.

Figura 1: Partes constituintes de um sistema predial de água fria



Fonte: CARVALHO JR, 2019, p. 20.

A ABNT NBR 5626 (ABNT, 2020) define barrilete como a tubulação da qual derivam as colunas de distribuição. Carvalho Júnior (2019) também menciona que o barrilete pode ser concentrado ou ramificado. O tipo concentrado tem a vantagem de abrigar os registros de operação em uma área restrita, facilitando a segurança e o controle do sistema. Isso possibilita a criação de um local fechado, embora de maiores dimensões. Já o tipo ramificado é mais econômico, requer menos tubulações junto ao reservatório e possui registros mais espaçados, colocados antes do início das colunas de distribuição (CARVALHO JÚNIOR, 2019).

As colunas de distribuição são tubulações verticais que derivam do barrilete e alimentam os sub-ramais (CARVALHO JÚNIOR, 2019), enquanto os ramais são tubulações localizadas a jusante das colunas de distribuição, cuja função é conectar a coluna de distribuição aos sub-ramais. Estes, por sua vez, abastecem os pontos de utilização e aparelhos sanitários (BOTELHO; RIBEIRO JUNIOR, 2010).

“Em virtude de as tubulações serem dimensionadas como condutos forçados, é necessário que fiquem perfeitamente definidos no projeto hidráulico, para cada trecho da canalização, os quatro parâmetros hidráulicos do escoamento: vazão, velocidade, perda de carga e pressão” (CARVALHO JÚNIOR, 2019).

Portanto, é importante respeitar os quatro parâmetros hidráulicos do escoamento para um dimensionamento eficiente, a fim de obter valores dentro dos limites necessários para o bom funcionamento da rede hidráulica e dos equipamentos a serem abastecidos.

Netto (2018) define vazão (Q) como o volume de água que passa por uma seção em um determinado intervalo de tempo. Cada peça de utilização requer uma vazão específica para um funcionamento perfeito (CARVALHO JÚNIOR, 2019). A NBR 5626 (ABNT, 2020) também destaca que o projeto deve estabelecer e explicitar as vazões consideradas quando um ou mais pontos de utilização estiverem em uso.

As tubulações devem ser dimensionadas de forma a limitar a velocidade do escoamento a valores que evitem a geração e propagação de ruído, bem como golpes de aríete com intensidades prejudiciais aos componentes (ABNT, 2020). A antiga NBR 5626 (ABNT, 1998) estabelecia o valor máximo de velocidade da água em 3m/s. Segundo Botelho e Ribeiro Junior (2010), o limite de velocidade também deve ser inferior a quatorze vezes a raiz do diâmetro da tubulação, a fim de prevenir ruídos e golpes de aríete.

A perda de carga, conforme explicado por Botelho e Ribeiro Junior (2010), é um fenômeno que ocorre em sistemas de fluxo de fluidos, como tubulações, dutos e canais, no qual há uma redução na pressão do fluido devido à resistência ao seu escoamento. Essa resistência é causada por diversos fatores, como a rugosidade interna das paredes do conduto, mudanças na direção do fluxo e obstruções, entre outros. As perdas de carga podem ser classificadas como distribuídas, ocasionadas pelo movimento da água na tubulação, ou localizadas (ocasionadas por conexões, válvulas, registros, entre outros. (CARVALHO JÚNIOR, 2019).

Carvalho Júnior (2019) considera que em instalações prediais, existem três tipos de pressão: estática (pressão nos tubos com água parada), dinâmica (pressão com a água em movimento) e pressão de serviço (pressão máxima que pode ser aplicada a um tubo, conexão, válvula ou outro dispositivo durante o uso normal). A NBR 5626 (ABNT, 2020) estabelece que

a pressão dinâmica mínima nos pontos de utilização deve ser determinada para garantir a vazão de projeto, não podendo ser inferior a 10 kPa, exceto no caso da caixa de descarga, cujo mínimo permitido é 5 kPa. A pressão estática não pode exceder 400kPa.

3.2 Método dos Pesos Relativos

Botelho e Ribeiro Junior (2010) explicam que o dimensionamento das tubulações de distribuição de água fria deve ser realizado em trechos individuais, levando em consideração o método do máximo provável ou do máximo possível, selecionando o método com base nas características específicas da edificação para alcançar economia e eficiência.

O método do consumo máximo possível, conforme descrito por Carvalho Júnior (2019), considera o uso simultâneo de todas as peças de utilização atendidas por um mesmo ramal. O consumo simultâneo ocorre em locais onde as peças são utilizadas ao mesmo tempo, em horários específicos, como quartéis, vestiários, escolas e estabelecimentos industriais, onde, em determinados momentos, lavatórios e chuveiros são usados simultaneamente.

Já o método do consumo máximo provável, visando economia, pressupõe uma demanda simultânea de água menor do que a máxima possível. De acordo com a NBR 5626 (ABNT, 2020) essa demanda simultânea pode ser estimada utilizando a teoria das probabilidades ou com base em observações de instalações semelhantes. Esse método, também conhecido como método dos pesos relativos, envolve prever quais peças (no ramal que está sendo dimensionado) serão utilizadas simultaneamente, somar seus pesos relativos com base no quadro dos pesos relativos nos pontos de utilização, identificados em função do aparelho sanitário e peça de utilização, verificar o diâmetro nominal (DN) correspondente no Normograma de pesos, vazões e diâmetros. Assim, por meio da Equação 1, é possível determinar a vazão máxima provável (CARVALHO JÚNIOR, 2019).

$$Q = C \times \sqrt{\sum P} \quad (1)$$

$$Q = 0,3 \times \sqrt{\sum P} \quad (2)$$

Em que:

Q : Vazão estimada na seção considerada em litros por segundo (L/s);

$\sum P$: Soma dos pesos relativos de todas as peças de utilização alimentadas pela tubulação considerada; e

C : Coeficiente de descarga (igual a 0,3; em L/s).

3.3 Estimativa da perda de carga total e carga dinâmica disponível

Após o pré-dimensionamento dos diâmetros de cada trecho da tubulação, do sub-ramal ao barrilete, é importante verificar a pressão existente na instalação para garantir que esteja dentro dos limites propostos pela NBR 5626 (BOTELHO; RIBEIRO JUNIOR, 2010). Conforme explicado por Carvalho Júnior (2019), os tubos com maior comprimento, maior número de conexões, maior rugosidade e menor diâmetro causam maiores perdas de carga. As perdas de carga unitárias podem ser estimadas utilizando as seguintes fórmulas, levando em consideração suas respectivas restrições: i) fórmula de Fair-Whipple Hsiao, para diâmetros de até 50 mm em tubos lisos (Equação 3) e tubos rugosos (Equação 4); ii) fórmula de Flamant (Equação 5) para diâmetros entre 16 mm e 160 mm; e iii) fórmula de Darcy-Weisbach (Equação 6).

$$J = 8,69 \times 10^5 \times Q^{1,75} \times d^{-4,75} \quad (3)$$

$$J = 20,2 \times 10^5 \times Q^{1,88} \times d^{-4,88} \quad (4)$$

$$J = 8,24 \times 10^5 \times Q^{1,75} \times d^{-4,75} \quad (5)$$

$$J = f \times \frac{v^2}{d \times 2g} \quad (6)$$

Em que:

J: perda de carga unitária (m. c. a./m);

Q: vazão (L/s);

d: diâmetro interno (mm)

f: fator de atrito;

v: velocidade média do escoamento na seção considerada (m/s); e

g: aceleração da gravidade (m/s²).

As perdas de carga localizadas, que ocorrem nas discontinuidades dos trechos retilíneos, como em conexões, registros, entre outros, devido à turbulência extra da água nesses pontos, podem ser estimadas utilizando o Quadro dos comprimentos equivalentes em metros de

canalização de PVC rígido, que apresenta os coeficientes representativos de diferentes conexões em termos de comprimento equivalente da tubulação.

O engenheiro responsável pelo projeto prevê quais conexões serão utilizadas em cada trecho a ser dimensionado somando os valores de comprimento equivalente (L_{eq}) para cada conexão selecionada. Assim é possível estimar a perda de carga total de um trecho do sistema por meio da Equação 7 e Equação 8 (CARVALHO JÚNIOR, 2019).

$$L_{\text{virtual}} = L_{\text{real}} + L_{\text{eq}} \quad (7)$$

Em que:

L_{real} : comprimento real do trecho (m); e

L_{eq} : comprimento equivalente do trecho (m).

$$\Delta h = J \times L_{\text{virtual}} \quad (8)$$

Em que:

Δh : perda de carga no trecho (m);

J : perda de carga unitária (m/m); e

L_{virtual} : comprimento virtual (m).

A NBR 5626 (ABNT, 2020) estabelece a necessidade de verificar a pressão dinâmica, ou seja, a pressão exercida pelo fluido em movimento, nos pontos de utilização, a fim de garantir o adequado funcionamento hidráulico. O cálculo da pressão dinâmica no ponto de utilização é realizado utilizando a Equação 9, conforme descrito por Carvalho Júnior (2019).

$$PD = PE - \Delta h \quad (9)$$

Em que:

PD : carga de pressão dinâmica (m. c. a.);

PE : carga de pressão estática (m. c. a.); e

Δh : perda de carga total (m. c. a.).

3.4 Aplicativos móveis

Um aplicativo móvel, também conhecido como *app*, é um *software* que oferece uma variedade de funcionalidades para facilitar operações específicas aos usuários, como jogos, educação, engenharia, entre outros. A principal vantagem dos aplicativos móveis é a capacidade de serem acessados em qualquer local por meio de smartphones e são facilmente disponíveis ao público, pois podem ser baixados e instalados em dispositivos móveis por qualquer pessoa após estarem disponíveis em plataformas de download (NEVES, 2017).

A construção de um aplicativo requer o uso de uma plataforma de desenvolvimento na qual o programador utiliza uma linguagem de programação para criar um algoritmo e desenvolver o *software*. Existem várias plataformas e linguagens de programação disponíveis, cada uma com suas vantagens e desvantagens, e cabe ao programador escolher a opção mais adequada para atingir seus objetivos (NEVES, 2017).

No início do século XXI, o uso de aplicativos móveis (*mobile*, em inglês) se expandiu para diversos setores, com destaque nos meios de comunicação e informação. O avanço das tecnologias de informação beneficiou a sociedade de muitas maneiras diferentes, tornando o trabalho mais produtivo por meio de inovações modernas aplicadas no cotidiano das pessoas. Um exemplo notável dessa evolução está na área de telecomunicações, que tem presenciado uma grande expansão de inovações (COELHO, 2021).

Com o desenvolvimento de aplicativos móveis, os smartphones passaram a ser utilizados em várias áreas, desenvolvidos com a finalidade de automatizar tarefas e auxiliar na comunicação. Esses aplicativos oferecem soluções práticas e eficientes, permitindo que os profissionais de diferentes setores, incluindo engenharia, aproveitem os recursos oferecidos pelos dispositivos móveis para otimizar seu trabalho e facilitar suas atividades diárias (ARAMUNI; MAIA, 2014; AZEVEDO; RIBEIRO, 2023).

3.4.1 Aplicativos relacionados à Engenharia Civil

A engenharia é uma das áreas que tem se beneficiado amplamente dos aplicativos móveis. Essas ferramentas permitem aos engenheiros acessarem informações técnicas, realizar cálculos complexos, visualizar projetos em formato digital, gerenciar tarefas e colaborar de forma mais eficiente com suas equipes. Com a utilização de aplicativos específicos para engenharia, os profissionais podem economizar tempo e recursos, aumentar a precisão dos projetos e melhorar a comunicação com os clientes (RIBEIRO, 2017; COELHO, 2021).

Diversos processos, tanto dentro quanto fora da área da engenharia, passaram a fazer uso de tecnologias para a produção de insumos. Anteriormente, onde era comum a intervenção humana, agora tem-se a ascensão de sistemas controlados de forma autônoma. Historicamente, a construção civil tendia a ser mais tradicional, mas ao longo dos anos, essa área também passou por mudanças significativas, adotando práticas mais modernas (RIBEIRO, 2019).

Dentre as mudanças observadas na construção civil, destaca-se a utilização de softwares, como o AutoCAD, Revit e AltoQi Builder por exemplo, que facilitam o trabalho do engenheiro civil. Essas ferramentas permitem um uso mais racional do tempo, elevando o nível de produtividade e eficiência em um projeto. Com a ampla popularização e utilização desses *softwares*, surgiu a demanda por uma ferramenta mais prática no dia a dia da construção, dando origem aos aplicativos móveis (RIBEIRO, 2017).

Atualmente *softwares* podem ser instalados em dispositivos móveis, como celulares ou tablets, por meio de arquivos com extensão .apk ou podem ser obtidos pelo usuário por meio de lojas virtuais. Esses aplicativos podem ser disponibilizados gratuitamente ou em versões pagas, e possuem o objetivo principal proporcionar facilidade na execução de tarefas específicas em qualquer local, o que resulta em economia de tempo e praticidade para o usuário, possuindo impactos diretos e indiretos no campo de obras e planejamentos (CLEMENTE et al., 2018).

Segundo Rios (2018), para os engenheiros, a oportunidade de gerenciar uma obra por meio de um aplicativo é extremamente prática e necessária nos tempos atuais. Esses aplicativos também podem ser utilizados para gerir o canteiro de obras de maneira mais eficiente e organizada. Além disso, os aplicativos móveis podem auxiliar na documentação e compartilhamento de informações, na gestão de equipes e cronogramas, no controle de estoque e até mesmo na realização de medições e cálculos específicos para a construção civil. Essas ferramentas proporcionam agilidade, precisão e facilidade de acesso às informações, contribuindo para a otimização dos processos e a redução de erros (RIBEIRO, 2019).

Existem diversos aplicativos disponíveis para engenheiros civis que podem facilitar e aprimorar seu trabalho. Um desses aplicativos é o AutoCAD 360, que permite a visualização, edição e compartilhamento de projetos em formato .dwg, o que possibilita o acesso a desenhos técnicos em dispositivos móveis (ANDRADE et al., 2015; PAULA, 2016; SOETHE, 2016). Outra ferramenta útil é o PlanGrid, que oferece recursos de gerenciamento de documentos e colaboração para projetos de construção, que facilita o acesso e compartilhamento de plantas, desenhos e outros documentos relevantes (PRAT et al., 2020; GRAITEC, 2023).

Para a visualização imersiva de modelos BIM em 3D, o aplicativo Revit Live é uma excelente opção, permitindo a exploração interativa dos projetos de construção, oferecendo uma compreensão mais detalhada dos elementos (ANDRADE et al., 2015; TAYEH et al., 2018; AUTODESK, 2023). No campo da infraestrutura civil, o Civil 3D Mobile, que é uma extensão do software Autodesk Civil 3D, possibilita visualizar e revisar projetos de estradas, redes de drenagem e outros elementos diretamente em dispositivos móveis (AL-BAYARI et al., 2019; BESSONI, 2019).

Para auxiliar na quantificação e estimativa de materiais de construção, o aplicativo Tally é bastante útil. Visto que contribui para a gestão de custos e o planejamento de projetos, otimizando o uso dos recursos disponíveis (RINKEVICIUS et al., 2021). A ferramenta Fieldwire é voltada para o gerenciamento de projetos de construção, facilitando a comunicação e o acompanhamento das atividades realizadas no canteiro de obras, sendo possível melhorar a colaboração entre as equipes envolvidas (ANDRADE et al., 2015).

O BIMx é um aplicativo que permite a visualização interativa de modelos BIM em dispositivos móveis. Assim os usuários podem explorar e interagir com os elementos do projeto em 3D, proporcionando uma compreensão mais imersiva e detalhada (ABANDA et al., 2015; FIOCRUZ, 2020; AMORIN; LIMA, 2021). Por fim, no que diz respeito à medição e cálculo de áreas, o aplicativo Measure Square se destaca, possibilitando levantamentos precisos e estimativas confiáveis de superfícies em projetos de construção (MARZOUK et al., 2014; MEASURE SQUARE, 2023).

Os diversos exemplos de aplicativos oferecem várias funcionalidades e recursos para os engenheiros civis, proporcionando maior eficiência, colaboração e precisão no desenvolvimento e gestão de projetos de construção. Cada um deles possui características e benefícios específicos, sendo importante analisar suas funcionalidades e adequação às necessidades individuais de cada profissional (SILVA et al., 2019).

3.4.2 Aplicativos relacionados às instalações hidráulicas de água

Há *softwares* e aplicativos que oferecem diversas funcionalidades e recursos para auxiliar os engenheiros civis, contribuindo para a precisão e eficiência no desenvolvimento de projetos de engenharia. Estudos realizados por Raupp (2018) e; Silva (2019) são exemplos de desenvolvimento de *software* para o dimensionamento de instalações hidráulicas, sendo o segundo especificamente de água fria.

O PRO-Hidráulica é um exemplo de *software*, que está à venda, para projetos hidráulicos e instalações sanitárias: água quente e fria, esgoto, bomba de recalque, águas pluviais, fossas sépticas, gás natural e GLP (MULT PLUS, 2023). O *software* permite lançar tubulações em toda a estrutura correlacionando com todos os elementos do projeto hidráulico. Trabalha com projetos unifilares, projetos detalhados e permite também a visualização tridimensional do conjunto. Para os cálculos do dimensionamento, o programa segue as exigências e formulações estabelecidas pela NBR 5626: 2020 (ZANONI, 2018).

O Hydros V4 é um *software* comercial, desenvolvido pela AltoQi para projetos de instalações hidrossanitárias prediais, com ferramentas para lançamento automatizado da tubulação. O *software* permite efetuar o dimensionamento das tubulações de água fria, quente, e alimentação, verificando o resultado de pressão nas conexões e pontos de utilização, tudo de forma integrada em sua própria base CAD (AltoQi, 2017). E assim como o PRO-Hidráulica, o Hydros V4 também realiza os dimensionamentos de acordo com a NBR 5626: 2020 (ZANONI, 2018).

Apesar de existir alguns *softwares* disponíveis, não foi possível encontrar um aplicativo móvel para realização do pré-dimensionamento de instalações hidráulicas de água fria por meio do método do consumo máximo provável dos pesos relativos. Mesmo sabendo que a adoção dessas tecnologias, sendo móveis, no dimensionamento de instalações prediais de água fria contribuiria para a modernização da engenharia civil e para a busca por práticas mais sustentáveis. Pois, ao otimizar o uso de recursos, como água e materiais, o aplicativo poderá contribuir para a redução do desperdício e para a preservação do meio ambiente. Essa abordagem alinha-se com as demandas atuais por construções mais eficientes e sustentáveis, demonstrando a relevância e o impacto positivo que o desenvolvimento desse aplicativo pode trazer para a área da engenharia civil (SILVA, 2019).

3.4.3 Desenvolvimento de aplicativos móveis em *Framework Ionic*

A estrutura *Ionic* é um código aberto que permite a criação de aplicativos móveis. Ela oferece diversas ferramentas e recursos para desenvolver interfaces móveis com aparência e desempenho nativos. Para que um aplicativo *Ionic* possa ser executado em diferentes dispositivos móveis, é necessário empacotá-lo em um "*wrapper*" nativo. O *Ionic* utiliza códigos *Hypertext Markup Language* (HTML), *Cascading Stylesheets* (CSS) e JavaScript para criar aplicativos móveis multiplataforma, sendo uma estrutura baseada em HTML5, que trata da

aparência e usabilidade da interface do usuário em aplicativos móveis híbridos (CHAUDHARY, 2018).

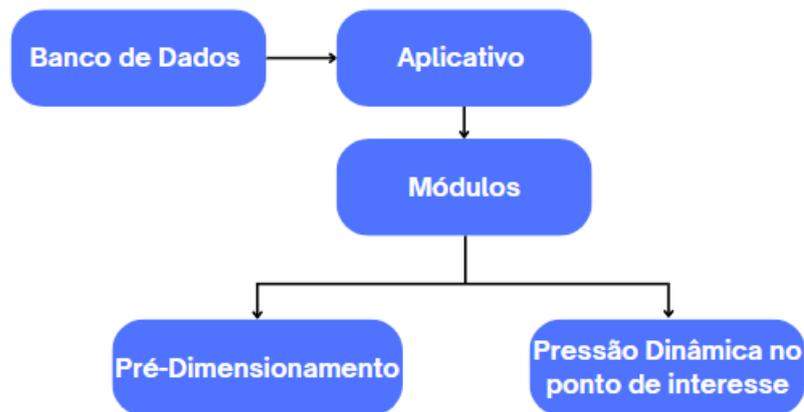
Existem dois tipos principais de desenvolvimento de aplicativos móveis: nativos e híbridos. Os aplicativos nativos são desenvolvidos para sistemas operacionais móveis específicos, utilizando *Software Development Kits* (SDKs), em português – kits de desenvolvimento de *software* e linguagens específicas para cada plataforma, como Objective-C para iOS e Java para Android. Por outro lado, os aplicativos híbridos utilizam linguagens web para implementação. Eles são executados em um contêiner nativo, permitindo a execução em diferentes sistemas operacionais móveis. Esses aplicativos são desenvolvidos de forma semelhante a um site, mas são executados em um *WebView* hospedado em um contêiner nativo, em vez de um navegador móvel. Essa abordagem possibilita o acesso aos recursos de *hardware* do dispositivo móvel. A tecnologia Apache Cordova é amplamente utilizada no desenvolvimento de aplicativos móveis híbridos, fornecendo um conjunto consistente de APIs (*Application Programming Interfaces*) em JavaScript e diversos plugins para acessar os recursos do dispositivo por meio de código nativo (WARANASHIWAR et al., 2018).

O *Ionic* oferece todas as funcionalidades presentes nos SDKs nativos de ambientes móveis. Ele permite que os desenvolvedores criem e personalizem aplicativos para diferentes plataformas, como iOS e Android, implantando-os por meio do Cordova. A estrutura inclui uma ampla variedade de componentes móveis, temas personalizáveis e opções de tipografia. O *Ionic* utiliza o *framework* AngularJS, que oferece componentes personalizados e métodos de interação para a criação de aplicativos móveis (SILVA et al., 2018).

4 MATERIAL E MÉTODOS

O desenvolvimento do aplicativo, nomeado PRE-AF, foi realizado com base na definição do fluxograma de processos (Figura 1), utilizando o *framework Ionic*. Este *framework* possui diversos componentes prontos para serem usados, como o menu lateral, os botões ou listas, por exemplo. Para este trabalho foi utilizado o banco de dados local do aplicativo para armazenar algumas informações necessárias para a realização dos cálculos e visualização dos resultados. Além disso, foram implementadas as fórmulas para cálculo do pré-dimensionamento e pressão dinâmica, divididos em dois módulos dentro do aplicativo: Módulo 1 - pré-dimensionamento de aparelhos sanitários; e Módulo 2 - pressão dinâmica no ponto de interesse. Os cálculos realizados pelo aplicativo de ambos os módulos seguem a NBR 5626 (ABNT, 2020) e banco de dados adicionado ao aplicativo, criado em planilha eletrônica do *software* Excel, a partir dos dados apresentados nas Tabelas de 1 a 5 e utilizando as Equações 2, 5, 7, 8 e 9.

Figura 1 – Fluxograma do desenvolvimento do aplicativo.



Fonte: Do Autor, 2023.

Tabela 1 – Banco de dados: Peso relativo dos aparelhos sanitários.

Aparelhos Sanitários	Peso relativo
Bacia sanitária com caixa de descarga	0,3
Bacia sanitária com válvula de descarga	32
Banheira	1
Bebedouro/Filtro	0,1
Bidê	0,1
Ducha	0,4
Ducha Higiênica	0,1
Chuveiro elétrico	0,1
Lavadora de pratos	1
Lavadora de roupas	1
Lavatório	0,3
Mictório cerâmico com sifão integrado	2,8
Mictório cerâmico sem sifão integrado	0,3
Mictório tipo calha	0,3
Pia com torneira ou misturador	0,7
Pia com torneira elétrica	0,1
Tanque	0,7
Torneira de jardim	0,4

Fonte: Adaptado de Carvalho Júnior, 2014.

Tabela 2 – Banco de dados: Equivalência de DN por meio da soma dos pesos relativos.

Soma dos pesos	DN (mm) Soldável
0-1,1	20
1,1-3,5	25
3,5-15	32
18-40	40
44-150	50
150-350	60
350 - 1200	75
1200-2500	85
2500-6000	110

Fonte: Adaptado de Carvalho Júnior, 2014.

Tabela 3 – Banco de dados: Equivalência de Di por meio de DN.

DN (mm)	Di (mm)
20	17
25	21,6
32	27,8
40	35,2
50	44
60	53,4
75	66,6
85	75,6
110	97,8

Fonte: Adaptado de Carvalho Júnior, 2014.

Tabela 4 – Banco de dados: Comprimento equivalente expresso em diâmetros.

Peças especiais	Diâmetros
Ampliação gradual	12
Joelho 90°	45
Joelho 45°	20
Curva 90°	30
Curva 45°	15
Entrada normal	17
Entrada de borda	35
Junção	30
Redução gradual	6
Registro de gaveta	8
Registro de globo	350
Registro de ângulo	170
Saída de tubulação	35
Tê passagem direta	20
Tê saída de lado	50
Tê saída bilateral	65
Válvula de pé	250
Válvula de retenção	100

Fonte: Fonte: Adap. Carvalho Júnior, 2014.

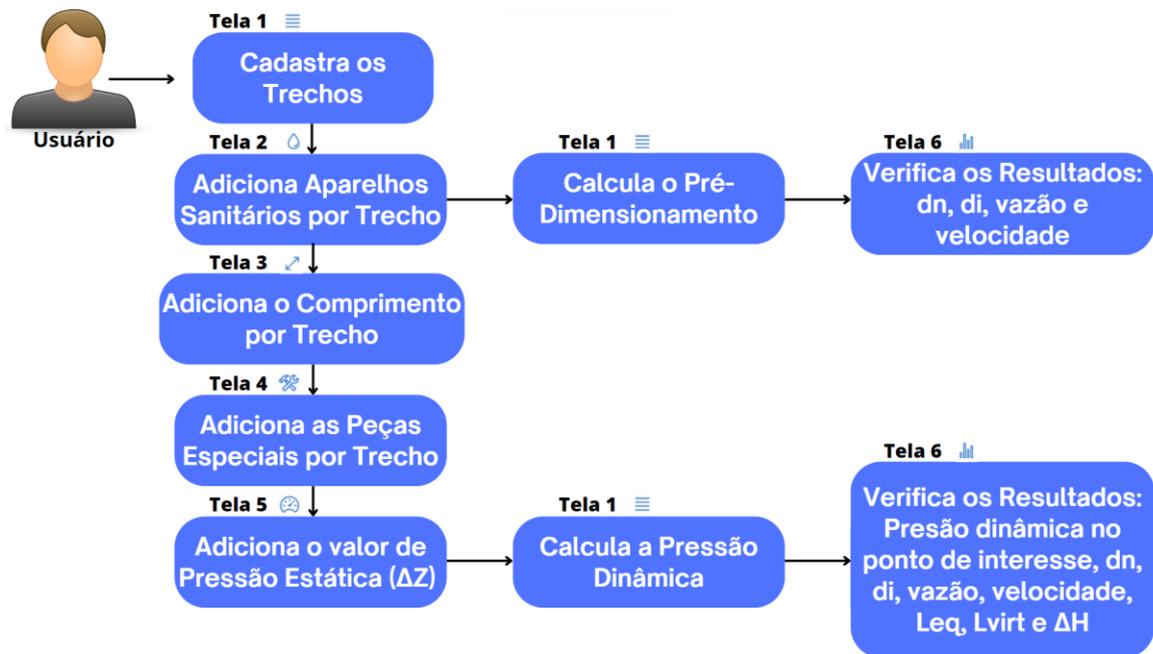
Tabela 5 – Banco de dados: comprimento equivalente do registro de pressão.

Peça especial	Leq(m)
Registro de pressão	49,7

Fonte: Nhamússua, 2022.

Já o fluxograma de funcionamento do aplicativo é apresentado na Figura 2. Ele possui seis telas diferentes, que são representadas por um símbolo.

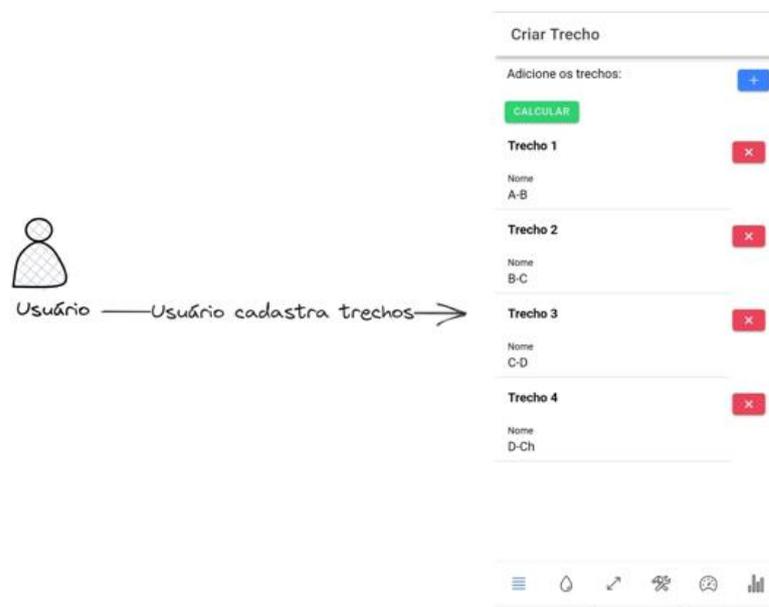
Figura 2 – Fluxograma de funcionamento do aplicativo.



Fonte: Do Autor, 2023.

Ao abrir o aplicativo, é apresentada ao usuário a primeira tela onde este deve cadastrar cada trecho do projeto que gostaria de realizar o pré-dimensionamento (Figura 3). Para cada trecho é solicitado somente um nome único que o identifique.

Figura 3 – Primeira tela do aplicativo – cadastramento dos trechos.



Fonte: Do Autor, 2023.

Após o cadastramento de todos os trechos, na segunda tela, devem ser escolhidos os aparelhos sanitários para cada trecho (Figura 4). Nesta tela é requisitado ao usuário que selecione cada aparelho sanitário abastecido por trecho, em seu projeto, e preencha as suas quantidades.

Figura 4 – Segunda tela – escolha dos aparelhos sanitários.



Fonte: Do Autor, 2023.

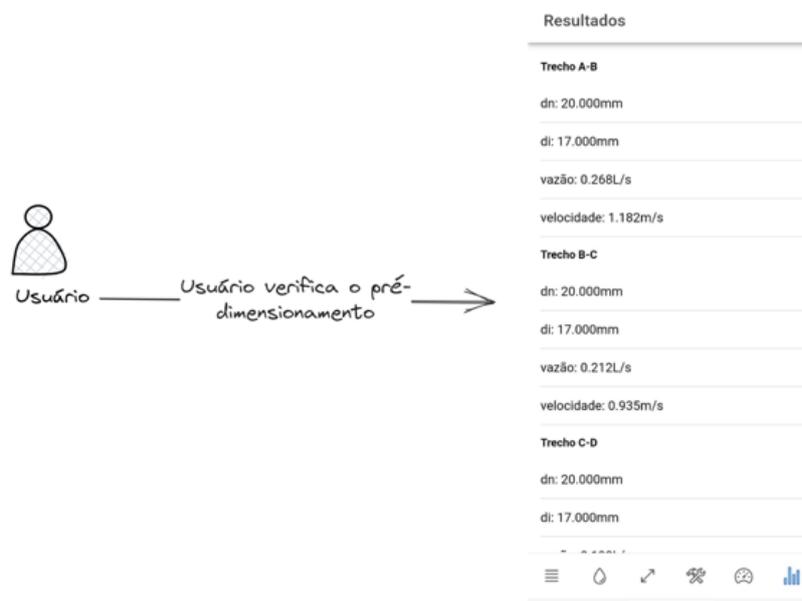
Com essas informações fornecidas ao aplicativo, ao voltar para a primeira tela, o botão indicado na cor verde “Calcular” deve ser acionado pelo usuário para que seja realizado o pré-dimensionamento (Figura 5), ou seja, a definição dos diâmetros nominais (DN) de cada um trechos, a partir do ábaco do Método do Consumo Máximo Provável dos Pesos Relativos, seus diâmetros internos (D_i), vazão por trecho e velocidade média na seção do trecho (Figura 6).

Figura 5 – Primeira tela do aplicativo – calcular pré-dimensionamento.



Fonte: Do Autor, 2023.

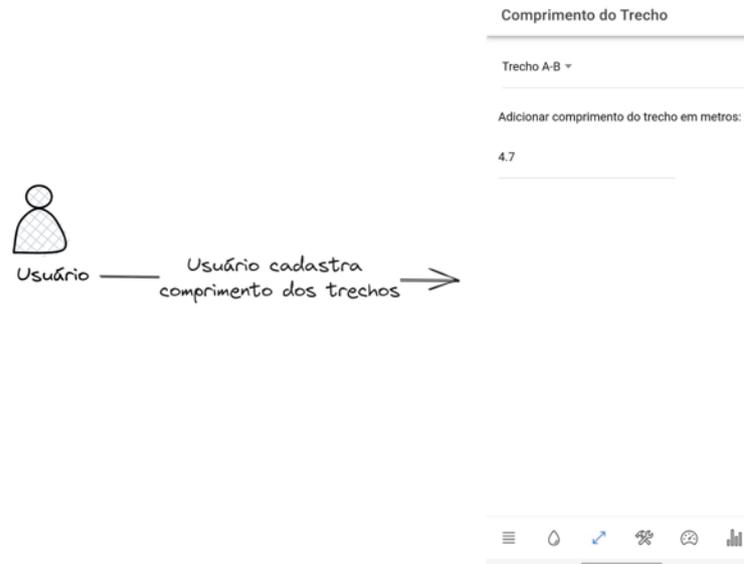
Figura 6 – Sexta tela do aplicativo, com resultados pré-dimensionamento.



Fonte: Do Autor, 2023.

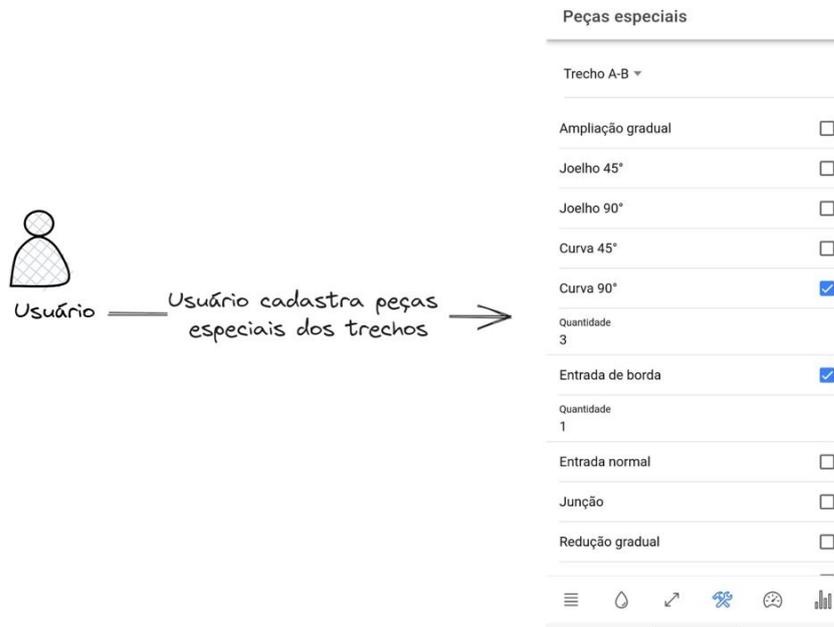
Caso o usuário tenha a necessidade de verificar a pressão disponível em um ponto de interesse, esta operação pode ser feita por meio do módulo 2 do aplicativo. Para isso, na tela três, o usuário deve adicionar o comprimento real em cada trecho (Figura 7), e na tela quatro, selecionar as peças especiais e determinar as suas respectivas quantidades para cada trecho (Figura 8).

Figura 7 – Terceira tela do aplicativo – comprimento real.



Fonte: Do Autor, 2023.

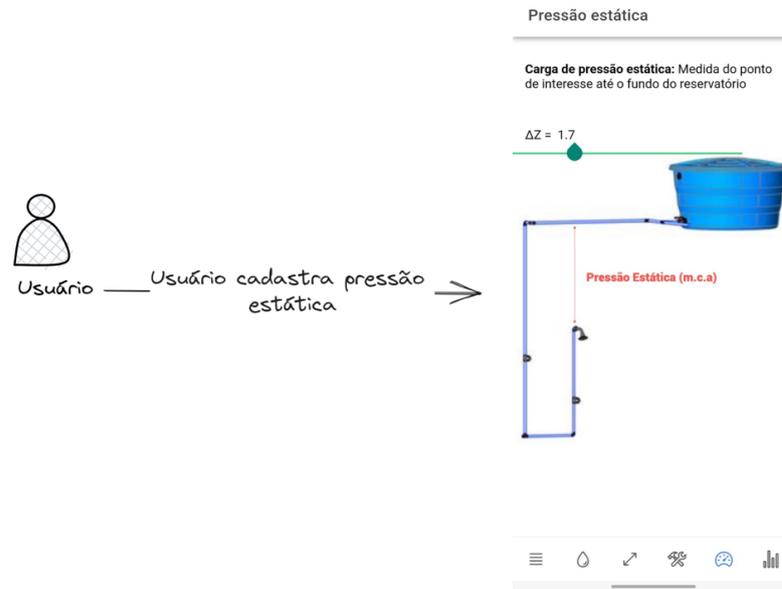
Figura 8 – Tela quatro – definição de peças especiais.



Fonte: Do Autor, 2023.

Já na quinta tela do aplicativo, deve ser apresentada a última informação a ser inserida para a verificação da pressão dinâmica, ou seja, a carga de pressão estática sobre o ponto de interesse (Figura 9), medida a partir do fundo reservatório, conforme determinado pela NBR 5626 (ABNT, 2020). Apenas como exemplo, é mostrado no aplicativo a carga estática sobre um chuveiro elétrico.

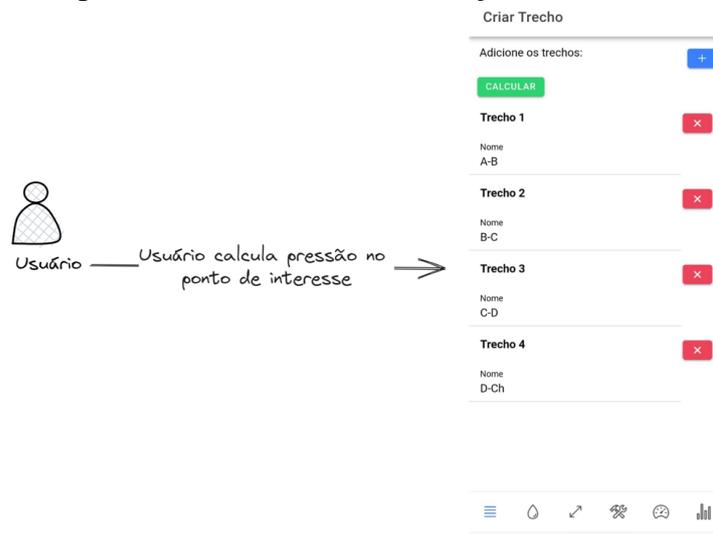
Figura 9 – Tela cinco – carga de pressão estática.



Fonte: Do Autor, 2023.

Com essas informações fornecidas ao aplicativo, ao voltar para a primeira tela, o botão indicado na cor verde “Calcular” deve ser novamente acionado pelo usuário para que seja realizado o cálculo de pressão dinâmica no ponto de interesse (Figura 10).

Figura 10 – Primeira tela – calcular pressão dinâmica.



Fonte: Do Autor, 2023.

A partir destas operações, na sexta tela do aplicativo, pode-se ver o resultado da pressão dinâmica do ponto de interesse, juntamente com os resultados obtidos de pré-dimensionamento, bem como outras variáveis hidráulicas do sistema (Figura 11).

Figura 11 – Sexta tela do aplicativo, mostrando resultado pressão dinâmica.

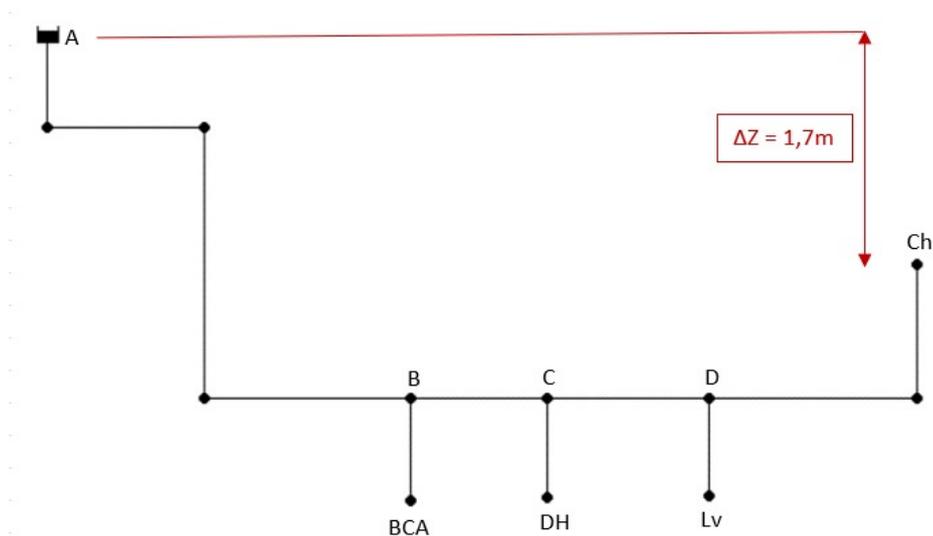


Fonte: Do Autor, 2023.

4.1 Estudo de caso 1

O traçado da rede do estudo de caso 1, pode ser vista na Figura 12.

Figura 12 – Traçado da rede “Exemplo 1”.



Fonte: Do Autor, 2023.

O sistema é composto por um reservatório elevado que abastece uma bacia sanitária com caixa acoplada (BCA), ducha higiênica (DH), lavatório (Lv) e chuveiro elétrico (Ch). Podem ser determinados quatro trechos, para abastecimento até o chuveiro elétrico:

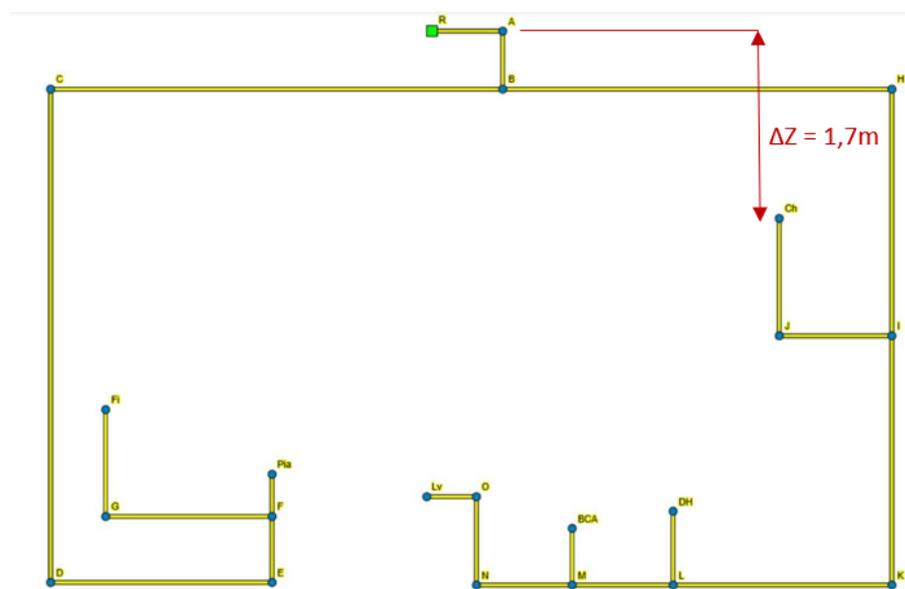
- A – B: composto por barrilete, coluna e trecho de ramal. Deve ser dimensionado para o abastecimento de BCA, DH, Lv e Ch.
- B – C: composto por parte do ramal. Deve ser dimensionado para o abastecimento de DH, Lv e Ch.
- C - D: composto por parte do ramal. Deve ser dimensionado para o abastecimento de Lv e Ch.
- D - Ch: composto por parte do ramal. Deve ser dimensionado para o abastecimento do Ch.

O objetivo é a verificação da pressão dinâmica no Ch, assim, tem-se uma carga de pressão estática sobre este aparelho de 1,7 m.

4.2 Estudo de caso 2

O traçado da rede do estudo de caso 2, pode ser visto na Figura 13.

Figura 13 – Traçado da rede “Exemplo 2”.



Fonte: Do Autor, 2023.

O sistema é composto por um reservatório elevado que abastece uma Pia, um filtro (Fi), um lavatório (Lv), uma bacia sanitária com caixa acoplada (BCA), uma ducha higiênica (DH) e um chuveiro elétrico (Ch). Podem ser determinados três trechos, para abastecimento até o chuveiro elétrico:

- R – B: composto por trecho de barrilete. Deve ser dimensionado para o abastecimento de Pia, Fi, Lv, BCA, DH e Ch.
- B – I: composto por trecho de barrilete e coluna. Deve ser dimensionado para o abastecimento de Lv, BCA, DH e Ch.
- I – Ch: composto por parte do ramal. Deve ser dimensionado para o abastecimento de Ch.

O objetivo é a verificação da pressão dinâmica no Ch, assim, tem-se uma carga de pressão estática sobre este aparelho de 1,7 m.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O método adotado para a avaliação do aplicativo desenvolvido consistiu na comparação dos resultados por este gerados com o cálculo manual, para os estudos de caso 1 e 2. Os resultados obtidos manualmente para o estudo de caso 1 podem ser verificados na Tabela 6, sendo que o memorial de cálculo está apresentado no Anexo A.

Tabela 6 – Resultados obtidos manualmente para o estudo de caso 1.

TRECHO S	Q (L/s)	DN (mm)	Di (mm)	V (m/s)	Leq (m)	Lvirt (m)	ΔH (m)	HPdCh (m.c.a)
A-B	0,268	20	17	1,181	2,737	7,437	0,875	
B-C	0,212	20	17	0,934	0,34	1,84	0,144	-0,443
C-D	0,190	20	17	0,837	0,34	1,34	0,086	
D-Ch	0,095	20	17	0,419	50,975	54,175	1,038	

Em que: Q – vazão; DN – diâmetro nominal; Di – diâmetro interno; v – velocidade; Leq – comprimento equivalente; Lvirt – comprimento virtual; ΔH – perda de carga; HPdCh – carga de pressão dinâmica no chuveiro.
Fonte: Do Autor, 2023.

Já os resultados obtidos por meio do aplicativo para o estudo de caso 1 são mostrados na Tabela 7, com imagens demonstrativas apresentadas no Anexo B.

Tabela 7 – Resultados gerados pelo aplicativo para o estudo de caso 1.

TRECHOS	Q (L/s)	DN (mm)	Di (mm)	v (m/s)	Leq (m)	Lvirt (m)	ΔH (m)	HPdCh (m.c.a)
A-B	0,268	20	17	1,182	2,737	7,437	0,877	
B-C	0,212	20	17	0,935	0,34	1,84	0,144	-0,442
C-D	0,190	20	17	0,836	0,34	1,34	0,086	
D-Ch	0,095	20	17	0,418	50,975	54,175	1,035	

Em que: Q – vazão; DN – diâmetro nominal; Di – diâmetro interno; v – velocidade; Leq – comprimento equivalente; Lvirt – comprimento virtual; ΔH – perda de carga; HPdCh – carga de pressão dinâmica no chuveiro.
Fonte: Do Autor, 2023.

Ao comparar as Tabelas 6 e 7, para o estudo de caso 1, observou-se que os valores obtidos para todas as variáveis hidráulicas (Q), diâmetro nominal (DN), diâmetro interno (Di), comprimento equivalente (Leq) e comprimento virtual (Lvirt) foram iguais. No entanto, para a velocidade (v), perda de carga (ΔH) e carga de pressão dinâmica no chuveiro (HPdCh), houve pequenas variações.

No trecho A-B, houve diferença na velocidade e na perda de carga. A velocidade apresentada pelo aplicativo foi de 1,182 m/s, enquanto no cálculo manual foi de 1,181 m/s. Já

a perda de carga calculada pelo aplicativo foi de 0,877 m, enquanto no cálculo manual foi de 0,875 m.

Nos trechos B-C e C-D, apenas a velocidade apresentou variação. No primeiro trecho, a velocidade calculada pelo aplicativo foi de 0,935 m/s, enquanto no cálculo manual foi de 0,954 m/s. No segundo trecho, a velocidade calculada pelo aplicativo foi de 0,836 m/s, enquanto no cálculo manual foi de 0,837 m/s.

No último trecho, D-Ch, ocorreram variações tanto na velocidade quanto na perda de carga. A velocidade calculada pelo aplicativo foi de 0,418 m/s, enquanto no cálculo manual foi de 0,419 m/s. A perda de carga no aplicativo foi de 1,035 m, enquanto no cálculo manual foi de 1,038 m.

Além dessas variações, o valor da carga de pressão dinâmica no chuveiro no aplicativo foi de -0,442 m.c.a., enquanto no cálculo manual foi de -0,443 m.c.a. Os resultados obtidos manualmente para o estudo de caso 2 podem ser verificados na Tabela 8, sendo que o memorial de cálculo está apresentado no Anexo C.

Tabela 8 – Resultados obtidos manualmente pelo autor para no estudo de caso 2.

TRECHOS	Q (L/s)	DN (mm)	Di (mm)	v(m/s)	Leq (m)	Lvirt (m)	ΔH (m)	HPdCh
R-B	0,379	25	21,6	1,036	1,577	2,877	0,199	
B-I	0,268	20	17	1,182	2,601	9,201	1,082	-0,584
I-Ch	0,095	20	17	0,419	50,975	52,375	1,003	

Em que: Q – vazão; DN – diâmetro nominal; Di – diâmetro interno; v – velocidade; Leq – comprimento equivalente; Lvirt – comprimento virtual; ΔH – perda de carga; HPdCh – carga de pressão dinâmica no chuveiro.

Fonte: Do Autor, 2023.

Já os resultados obtidos por meio do aplicativo para o estudo de caso 2 são mostrados na Tabela 9, com imagens demonstrativas apresentadas no Anexo D.

Tabela 9 – Resultados gerados pelo aplicativo para o estudo de caso 2.

TRECHO	Q	DN	Di	V	Leq	Lvirt	ΔH	HPdCh
S	(L/s)	(mm)	(mm)	(m/s)	(m)	(m)	(m)	
R-B	0,379	25	21,6	1,036	1,577	2,877	0,199	
B-I	0,268	20	17	1,182	2,601	9,201	1,085	-0,585
I-Ch	0,095	20	17	0,418	50,975	52,375	1,001	

Em que: Q – vazão; DN – diâmetro nominal; Di – diâmetro interno; v – velocidade; Leq – comprimento equivalente; Lvirt – comprimento virtual; ΔH – perda de carga; HPdCh – carga de pressão dinâmica no chuveiro.

Fonte: Do Autor, 2023.

Com a comparação entre as tabelas do cálculo manual com as do aplicativo para o estudo de caso 2 (Tabelas 8 e 9), observou-se que, como para o estudo de caso 1, os valores obtidos para as variáveis vazão (Q), diâmetro nominal (DN), diâmetro interno (Di), comprimento equivalente (Leq) e comprimento virtual (Lvirt) foram iguais; e para velocidade (v), perda de carga (ΔH) e carga de pressão dinâmica no chuveiro (HPdCh), apresentaram algumas variações.

No trecho R-B, não houve diferença nos valores entre o aplicativo e o cálculo manual para nenhum dos parâmetros. No trecho B-I, houve diferença na perda de carga, com o valor calculado pelo aplicativo sendo de 1,085 m, enquanto no cálculo manual foi de 1,082 m. Já no trecho I-Ch, ocorreram variações tanto na velocidade quanto na perda de carga. A velocidade calculada pelo aplicativo foi de 0,418 m/s, enquanto no cálculo manual foi de 0,419 m/s. A perda de carga no aplicativo foi de 1,001 m, enquanto no cálculo manual foi de 1,003 m. Além dessas variações, o valor da carga de pressão dinâmica no chuveiro no aplicativo foi de -0,585 m.c.a., enquanto no cálculo manual foi de -0,584 m.c.a.

Portanto, os resultados obtidos por meio do aplicativo nos estudos de caso 1 e 2 se assemelharam aos valores obtidos pelo cálculo manual, com exceção de algumas variáveis como v (m/s), ΔH (m) e HPdCh, que apresentaram variações. Vale ressaltar que essas variações foram inferiores a 1%, consideradas pequenas segundo Silva (2019).

No estudo de caso 1, as variações foram encontradas nos trechos A-B (v = 0,08%; ΔH = 0,23%), trechos B-C e C-D (v = 0,10%), trecho D-Ch (v = 0,24%; ΔH = 0,28%) e HPdCh (0,22%). Já no estudo de caso 2, houve menos variações, sendo no trecho B-I (ΔH = 0,27%), trecho I-Ch (v = 0,23%; ΔH = 0,20%) e HPdCh (0,17%). A quantidade de variações entre os casos pode ser devido ao número de trechos, já que o estudo de caso 1 com mais trechos apresentou maiores variações em comparação ao estudo de caso 2, que tinha menos trechos.

Dessa forma, as variações são consideradas pequenas e podem ser explicadas pelo procedimento de cálculo, devido aos arredondamentos realizados. O cálculo manual foi realizado com arredondamento de três casas decimais para cada etapa, enquanto o aplicativo utilizou valores sem arredondamento, fazendo arredondamentos apenas para três casas decimais nos valores dos resultados apresentados, para melhor visualização. Trabalhos que relacionaram cálculos manuais com cálculos em *softwares* de dimensionamento também apresentaram poucas variações, assim como neste estudo, e justificaram essas variações pelo mesmo motivo de arredondamentos (ZANONI, 2018; SILVA, 2019). É interessante ressaltar que ao avaliar os resultados do aplicativo em comparação com resultados realizados através de planilha eletrônica de cálculo desenvolvida no Excel, os resultados são exatamente os mesmos.

6 CONCLUSÃO

A utilização do aplicativo PRE-AF, no pré-dimensionamento de instalações prediais de água fria, utilizando o método do consumo máximo provável dos pesos relativos, mostrou-se eficiente e prática. O aplicativo desenvolvido em *Ionic Framework* permitiu à realização do pré-dimensionamento de forma ágil, simplificada e precisa. Além disso, com o aplicativo é possível a verificação da carga de pressão dinâmica em pontos de interesse, podendo ou não indicar um redimensionamento da rede ou elevação do reservatório para funcionamento adequado do sistema. A utilização do aplicativo proporcionou redução de erros, uma vez que os cálculos foram automatizados, sem arredondamentos, e as informações necessárias estavam disponíveis de forma rápida e prática.

Dessa forma, o desenvolvimento do aplicativo cumpriu o objetivo geral e os objetivos específicos propostos, sendo uma ferramenta eficiente e confiável para auxiliar os engenheiros civis no pré-dimensionamento das tubulações das redes de água fria, agilizando o processo, garantindo a precisão dos resultados e proporcionando maior praticidade.

No entanto, atualmente o aplicativo não permite redimensionar a tubulação para corrigir a pressão dinâmica nos pontos de interesse quando necessário. Portanto, uma possível implementação seria adicionar a opção de alterar os diâmetros da tubulação realizando o redimensionamento.

Além disso, existem limitações relacionadas à dificuldade de realizar o pré-dimensionamento de instalações multifamiliares, devido à quantidade de trechos e aparelhos sanitários que devem ser cadastrados. Assim, adicionar a função de multiplicar os parâmetros em relação à quantidade de pavimentos simétricos, que possuem o mesmo traçado, seria interessante. Além disso, embora o aplicativo apresente os resultados, seria útil gerar um relatório final mais organizado com um memorial de cálculo.

A utilização do aplicativo é de responsabilidade do usuário, visto que a habilitação profissional é fundamental para garantir que a pessoa que está usando o aplicativo possua o conhecimento, a formação e a experiência necessária para fazê-lo de forma adequada, segura e eficiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABANDA, F. H. et al. A critical analysis of Building Information Modelling systems used in construction projects. **Advances in Engineering Software**, v. 90, p. 183-201, 2015.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5626 – Sistemas prediais de água fria e água quente – projeto, execução, operação e manutenção**. Rio de Janeiro, 2020.

AL-BAYARI, O. Mobile mapping systems in civil engineering projects (case studies). **Applied Geomatics**, v. 11, n. 1, p. 1-13, 2019.

AMORIM, Al. R.; LIMA, N. A. S. **A importância do uso do BIM nos projetos hidrossanitários**. 2021. 58 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2021.

ANDRADE, M.; ASSIS, J.; BROCHARDT, M. O uso de visualizadores portáteis como fator de aumento na produtividade da construção civil. In: **VII Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção**, Recife: TIC, 2015. p. 473-480.

ARAMUNI, J. P. C.; MAIA, L. C. G. **A influência da engenharia semiótica na experiência do usuário de aplicativos mobile**: Uma reflexão sobre a relação entre semiose e o desenvolvimento de APPs. **Portal de Periódicos da UFPB**, v. 31, 2014.

AUTODESK. **Autodesk Revit: software BIM para projetar e criar qualquer coisa**. Software Revit Subscription, 2023. Disponível em: <<https://www.autodesk.com.br/products/revit/overview?term=1-YEAR&tab=subscription&plc=RVT>>. Acesso em: 06 de Jun. 2023.

AUTODESK. **What's New in Autodesk Revit 2024**. AEC Tech Drop, Abr. 2023. Disponível em: <<https://blogs.autodesk.com/aec/2023/04/04/whats-new-in-autodesk-revit-2024/?redirected=1>>. Acesso em: 06 de Jun. 2023.

AZEVEDO NETTO, J. M., FERNÁNDEZ, M. F. **Manual de Hidráulica**. 9. ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda, 2015.

AZEVEDO, J. B.; RIBEIRO, S. A. Indicação de diretrizes para elaboração de projetos hidrossanitários em BIM. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, v. 18, **Anais [...]** Porto Alegre: ANTAC, 2020. p. 1–8.

BESSONI, A. **AutoCAD Civil 3D – Introdução**. BIM Experts, Mar. 2019. Disponível em: <<https://www.bimexperts.com.br/post/autocad-civil-3d-introducao>>. Acesso em: 08 de Jun. 2023.

BOTELHO, M. H. C.; RIBEIRO JUNIOR, G. A. **Instalações Hidráulicas Prediais Usando Tubos de PVC e PPR**. 3ª ed. São Paulo: Editora Blucher, 2010. 347 p.

CARVALHO JUNIOR, R. C. **Instalações Prediais Hidráulico-Sanitárias: Princípios básicos para elaboração de projetos**. São Paulo: Blucher, 2014. 350 p.

CARVALHO JÚNIOR, R. C. **Instalações prediais hidráulico-sanitárias**. São Paulo: Editora Blucher, 2016. 343 p.

CHAUDHARY, P. Ionic framework. **International Research Journal of Engineering and Technology**, v. 5, n. 05, p. 3181-3185, 2018.

CLEMENTE, A. C. et al. **Aplicativo mobile para dimensionamento e verificações de fundações profundas**. 2018. 95 f. Projeto de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) – Instituto Ensinar Brasil, Doctum, Juiz de Fora, 2018.

COELHO, G. R. **Desenvolvimento do aplicativo mobile IFGEO - sistema de orientação e auxílio dentro do IFG - Campus Goiânia**. 2021. 98 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Goiânia, GO, 2021.

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

FIOCRUZ. **A tecnologia BIM e seus benefícios para a construção civil**. COGIC, Mai. 2020. Disponível em: <<https://www.cogic.fiocruz.br/2020/05/a-tecnologia-bim-e-seus-beneficios-para-a-construcao-civil/>>. Acesso em: 10 de Jun. 2023.

GRAITEC. **PlanGrid Build**. Product Autodesk, 2023. Disponível em: <<https://graitec.com/pt/products/plangrid-build/>>. Acesso em: 05 de Jun. 2023.

MARZOUK, M.; ABDELATY, A. Monitoring thermal comfort in subways using building information modeling. **Energy and buildings**, v. 84, p. 252-257, 2014.

MEASURE SQUARE. **MeasureSquare Mobile changes the way your business does on-site measure, estimating, & quoting in real time**. APP, 2023. Disponível em: <<https://www.measuresquare.com/measure-estimating-app-retail-flooring/>>. Acesso em: 09 de Jun. 2023.

MULTIPLUS. **PRO-Saneamento: Software para Projeto de Saneamento**. Softwares Técnicos, 2023. Disponível em: <<https://multiplus.com/software/pro-saneamento/index.html>>. Acesso em: 09 de Jun. 2023.

MULTIPLUS. **PRO-Hidráulica: Software para projetos hidráulicos, incêndio e gás**. Softwares Técnicos, 2023. Disponível em: <https://multiplus.com/software/pro-hidraulica/index.html?gad=1&gclid=CjwKCAjwhJukBhBPEiwAniIcNb0_eYAW6Am-GRsyIRMF3egT7RxtVStybDwZ8IOZdv5XHMfip6skjRoCTe4QAvD_BwE>. Acesso em: 09 de Jun. 2023.

NETTO, A.; FERNÁNDEZ, M. F. Y. **Manual de hidráulica**. 9ª ed. São Paulo: Editora Blucher, 2018. 669 p.

NEVES, I. N. **Aplicativo para dimensionamento do reservatório de um Sistema de captação de águas pluviais**. 2017. 56 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel Engenharia Civil) – Centro Universitário do Sul de Minas, Varginha, MG, 2017.

PAULA, G. **O Infracad 360 possibilita você a trabalhar como Engenheiro**. Mundo AEC, Autodesk, Out. 2016. Disponível em: <<https://blogs.autodesk.com/mundoaec/o-infracad-360-possibilita-voce-a-trabalhar-como-engenheiro/>>. Acesso em 10 de Jun. 2023.

PRAT, J. et al. Optimization of the control process in residential buildings using technological tools. In: **2020 Congreso Internacional de Innovación y Tendencias en Ingeniería (CONIITI)**. Bogotá, Colômbia: IEEE, 2020. p. 1-6.

RAUPP, O. M. **Desenvolvimento de software de dimensionamento de instalações hidráulicas**. 2018. 16 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Artigo para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil) – Universidade do Extremo Sul Catarinense, Santa Catarina, 2018.

RIBEIRO, M. **Uso prático do aplicativo construct-app: um estudo de caso**. 2019. 75 f. Monografia (Pós-Graduação em Engenharia de Obras) – Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2019.

RIBEIRO, M. **Você sabe a importância da tecnologia na construção civil?** Mais Controle, 2017. Disponível em: <<https://maiscontroleerp.com.br/tecnologia-na-construcao-civil/>>. Acesso em: 10 de Jun. 2023.

RINKEVICIUS, R. M. et al. Uso do aplicativo Tally na avaliação do ciclo de vida de edifícios. **Revista de Arquitetura, Cidade e Contemporaneidade**, v. 5, n. 17, p. 214-237, 2021.

SILVA, E. P. A.; SOTTO, E. C. S. A utilização do Ionic Framework no desenvolvimento de aplicações híbridas em arquitetura orientada a serviço. **Revista Interface Tecnológica**, v. 15, n. 1, p. 97-108, 2018.

SILVA, I. B. **Desenvolvimento de um software em linguagem vba para Dimensionamento de instalações de água fria**. 2019. 72 f. Monografia (Bacharel em Engenharia Civil) – Universidade Federal Rural do Semi-árido, Pau dos Ferros, RN, 2019.

SOETHE, P. **Liberadas novas versões: AutoCAD Civil 3D 2017 e Infracad 360**. Mundo AEC, Autodesk, Abr. 2016. Disponível em: <<https://blogs.autodesk.com/mundoaec/o-lancamento-do-autocad-civil-3d-2017-e-o-infracad-360-mais-recente-ja-estao-disponiveis-e-nos-achamos-que-voce-va/>>. Acesso em 10 de Jun. 2023.

TAYEH, R. et al. Using revit live in construction management education. In: **Proceedings of the 13th Annual AiC Conference**. Las Vegas: NV, 2018. p. 75-82.

WARANASHIWAR, J.; UKEY, M. Ionic framework with angular for hybrid app development. **International Journal of New Technology and Research**, v. 4, n. 5, p. 263068, 2018.

ZANONI, E. B. **Análise comparativa entre métodos de dimensionamento de instalações prediais de água fria: manual e com utilização de software**. 2018. 58 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo, 2018.

ANEXO A – Cálculo manual do estudo de caso 1

Trecho A-B

Comprimento (L) = **4,7m**

∑Pesos:

Bacia Sanitária com caixa de descarga = 0,3

Bidê = 0,1

Lavatório = 0,3

Chuveiro elétrico = 0,1

Total = **0,8**

Vazão (Q):

$$Q = 0,3\sqrt{0,8}$$

$$Q = \mathbf{0,268 \text{ l/s}}$$

Diâmetros:

Dn = **20mm**

Di = **17mm**

Velocidade:

$$V = \frac{4 * Q}{\pi * Di^2} = \frac{4 * 0,000268}{\pi * 0,017^2} = \mathbf{1,181 \text{ m/s}}$$

Comprimento Equivalente (Leq):

Entrada de Borda = 35*0,017 = 0,595

2 Registros Gaveta = 2*8*0,017 = 0,272

3 Curvas 90° = 3*30*0,017 = 1,53

T passagem direta = 20*0,017 = 0,34

Leq = **2,737 m**

Comprimento virtual (Lvirt):

Lvirt = L + Leq = 4,7 + 2,737

Lvirt = **7,437m**

Perda de carga (ΔH):

$$\Delta h = 0,000824 * \frac{Q^{1,75}}{Di^{4,75}} * Lvirt = 0,000834 * \frac{0,000268^{1,75}}{0,017^{4,75}} * 7,437$$

Δh = **0,875 m**

Trecho B-CComprimento (L) = **1,5m**∑Pesos:

Bidê = 0,1

Lavatório = 0,3

Chuveiro elétrico = 0,1

Total = **0,5**Vazão (Q):

$$Q = 0,3\sqrt{0,5}$$

$$Q = \mathbf{0,212\ l/s}$$

Diâmetros:Dn = **20mm**Di = **17mm**Velocidade:

$$V = \frac{4 * Q}{\pi * Di^2} = \frac{4 * 0,000212}{\pi * 0,017^2} = \mathbf{0,934\ m/s}$$

Comprimento Equivalente (Leq):

$$T \text{ passagem direta} = 20 * 0,017 = 0,34$$

$$Leq = \mathbf{0,34\ m}$$

Comprimento virtual (Lvirt):

$$Lvirt = L + Leq = 1,5 + 0,34$$

$$Lvirt = \mathbf{1,84}$$

Perda de carga (ΔH):

$$\Delta h = 0,000824 * \frac{Q^{1,75}}{Di^{4,75}} * Lvirt = 0,000834 * \frac{0,000212^{1,75}}{0,017^{4,75}} * 1,84$$

$$\Delta h = \mathbf{0,144\ m}$$

Trecho C-DComprimento (L) = **1m**ΣPesos:

Lavatório = 0,3

Chuveiro elétrico = 0,1

Total = **0,4**Vazão (Q):

$$Q = 0,3\sqrt{0,4}$$

$$Q = \mathbf{0,190\ l/s}$$

Diâmetros:Dn = **20mm**Di = **17mm**Velocidade:

$$V = \frac{4 * Q}{\pi * Di^2} = \frac{4 * 0,00019}{\pi * 0,017^2} = \mathbf{0,837\ m/s}$$

Comprimento Equivalente (Leq):

$$T \text{ passagem direta} = 20 * 0,017 = 0,34$$

$$Leq = \mathbf{0,34\ m}$$

Comprimento virtual (Lvirt):

$$Lvirt = L + Leq = 1 + 0,34$$

$$Lvirt = \mathbf{1,34}$$

Perda de carga (ΔH):

$$\Delta h = 0,000824 * \frac{Q^{1,75}}{Di^{4,75}} * Lvirt = 0,000834 * \frac{0,00019^{1,75}}{0,017^{4,75}} * 1,34$$

$$\Delta h = \mathbf{0,086\ m}$$

Trecho D-ChComprimento (L) = **3,2m**∑Pesos:

Chuveiro elétrico = 0,1

Total = **0,1**Vazão (Q):

$$Q = 0,3\sqrt{0,1}$$

$$Q = \mathbf{0,095\ l/s}$$

Diâmetros:Dn = **20mm**Di = **17mm**Velocidade:

$$V = \frac{4 * Q}{\pi * Di^2} = \frac{4 * 0,000095}{\pi * 0,017^2} = \mathbf{0,419\ m/s}$$

Comprimento Equivalente (Leq):

$$\text{Curva } 90^\circ = 30 * 0,017 = 0,51$$

$$\text{Registro de pressão} = 49,7$$

$$\text{Joelho } 90^\circ = 45 * 0,017 = 0,765$$

$$\text{Leq} = \mathbf{50,975\ m}$$

Comprimento virtual (Lvirt):

$$L_{virt} = L + Leq = 3,2 + 50,975$$

$$L_{virt} = \mathbf{54,175}$$

Perda de carga (ΔH):

$$\Delta h = 0,000824 * \frac{Q^{1,75}}{Di^{4,75}} * L_{virt} = 0,000834 * \frac{0,000095^{1,75}}{0,017^{4,75}} * 54,175$$

$$\Delta h = \mathbf{1,038\ m}$$

Pressão Estática:

$$PE = 1,7m$$

Δh_{total} :

$$\Delta h_{total} = 0,875 + 0,144 + 0,086 + 1,038$$

$$\Delta h_{total} = 2,143m$$

Pressão Dinâmica no ponto de interesse:

$$PD = PE - \Delta h_{total} = 1,7 - 2,143$$

$$PD = -0,443 \text{ m.c.a}$$

ANEXO B – Resultados do aplicativo para o estudo de caso 1

Resultados	Resultados
<p>Pressão dinâmica no ponto de interesse: -0.442 m.c.a</p>	<p>Trecho B-C</p>
<p>Trecho A-B</p>	<p>dn: 20.000mm</p>
<p>dn: 20.000mm</p>	<p>di: 17.000mm</p>
<p>di: 17.000mm</p>	<p>vazão: 0.212L/s</p>
<p>vazão: 0.268L/s</p>	<p>velocidade: 0.935m/s</p>
<p>velocidade: 1.182m/s</p>	<p>Leq: 0.340m</p>
<p>Leq: 2.737m</p>	<p>Lvirt: 1.840m</p>
<p>Lvirt: 7.437m</p>	<p>ΔH: 0.144m</p>
<p>ΔH: 0.877m</p>	<p>Trecho C-D</p>
<p>Trecho B-C</p>	<p>dn: 20.000mm</p>
<p>dn: 20.000mm</p>	<p>di: 17.000mm</p>
<p>di: 17.000mm</p>	<p>vazão: 0.190L/s</p>
<p>vazão: 0.212L/s</p>	<p>velocidade: 0.836m/s</p>
<p>☰ 💧 ↗ ⚙️ 🗣️ 📊</p>	<p>Leq: 0.340m</p>
	<p>☰ 💧 ↗ ⚙️ 🗣️ 📊</p>

Resultados

Trecho C-D

dn: 20.000mm

di: 17.000mm

vazão: 0.190L/s

velocidade: 0.836m/s

Leq: 0.340m

Lvirt: 1.340m

ΔH : 0.086m

Trecho D-Ch

dn: 20.000mm

di: 17.000mm

vazão: 0.095L/s

velocidade: 0.418m/s

Leq: 50.975m



Resultados

vazão: 0.190L/s

velocidade: 0.836m/s

Leq: 0.340m

Lvirt: 1.340m

ΔH : 0.086m

Trecho D-Ch

dn: 20.000mm

di: 17.000mm

vazão: 0.095L/s

velocidade: 0.418m/s

Leq: 50.975m

Lvirt: 54.175m

ΔH : 1.035m



ANEXO C – Cálculo manual do estudo de caso 2

Trecho R-B

Comprimento (L) = **1,3 m**

∑Pesos:

Chuveiro elétrico = 0,1

Ducha Higiênica = 0,1

Bacia Sanitária com caixa de descarga = 0,3

Lavatório = 0,3

Pia = 0,7

Filtro = 0,1

Total = **1,6**

Vazão (Q):

$$Q = 0,3\sqrt{1,6}$$

$$Q = \mathbf{0,379 \text{ l/s}}$$

Diâmetros:

$$D_n = \mathbf{25\text{mm}}$$

$$D_i = \mathbf{21,6\text{mm}}$$

Velocidade:

$$V = \frac{4 * Q}{\pi * D_i^2} = \frac{4 * 0,000379}{\pi * 0,0216^2} = \mathbf{1,036 \text{ m/s}}$$

Comprimento Equivalente (Leq):

$$\text{Entrada de Borda} = 35 * 0,0216 = 0,756$$

$$\text{Registro Gaveta} = 8 * 0,0216 = 0,1728$$

$$\text{Curva } 90^\circ = 30 * 0,0216 = 0,648$$

$$\text{Leq} = \mathbf{1,577 \text{ m}}$$

Comprimento virtual (Lvirt):

$$L_{virt} = L + Leq = 1,3 + 1,577$$

$$L_{virt} = \mathbf{2,877\text{m}}$$

Perda de carga (ΔH):

$$\Delta h = 0,000824 * \frac{Q^{1,75}}{D_i^{4,75}} * L_{virt} = 0,000834 * \frac{0,000379^{1,75}}{0,0216^{4,75}} * 2,877$$

$$\Delta h = \mathbf{0,199 \text{ m}}$$

Trecho B-IComprimento (L) = **6,6 m**ΣPesos:

Chuveiro elétrico = 0,1

Ducha Higiênica = 0,1

Bacia Sanitária com caixa de descarga = 0,3

Lavatório = 0,3

Total = **0,8**Vazão (Q):

$$Q = 0,3 \sqrt{0,8}$$

$$Q = \mathbf{0,268 \text{ l/s}}$$

Diâmetros:Dn = **20 mm**Di = **17 mm**Velocidade:

$$V = \frac{4 * Q}{\pi * Di^2} = \frac{4 * 0,000268}{\pi * 0,017^2} = \mathbf{1,182 \text{ m/s}}$$

Comprimento Equivalente (Leq):

Tê saída bilateral = 65*0,017 = 1,105

Registro Gaveta = 8*0,017 = 0,136

Curva 90° = 30*0,017 = 0,51

Tê saída de lado = 50*0,017 = 0,85

Leq = **2,601 m**Comprimento virtual (Lvirt):

Lvirt = L + Leq = 6,6 + 2,601

Lvirt = **9,201 m**Perda de carga (ΔH):

$$\Delta h = 0,000824 * \frac{Q^{1,75}}{Di^{4,75}} * Lvirt = 0,000834 * \frac{0,000268^{1,75}}{0,017^{4,75}} * 9,201$$

Δh = **1,082 m**

Trecho I-ChComprimento (L) = **1,4 m**∑Pesos:

Chuveiro elétrico = 0,1

Total = **0,1**Vazão (Q):

$$Q = 0,3\sqrt{0,1}$$

$$Q = \mathbf{0,095 \text{ l/s}}$$

Diâmetros:Dn = **20 mm**Di = **17 mm**Velocidade:

$$V = \frac{4 * Q}{\pi * Di^2} = \frac{4 * 0,000095}{\pi * 0,017^2} = \mathbf{0,419 \text{ m/s}}$$

Comprimento Equivalente (Leq):

$$\text{Curva } 90^\circ = 30 * 0,017 = 0,51$$

$$\text{Registro de pressão} = 49,7$$

$$\text{Joelho } 90^\circ = 45 * 0,017 = 0,765$$

$$\text{Leq} = \mathbf{50,975 \text{ m}}$$

Comprimento virtual (Lvirt):

$$L_{\text{virt}} = L + Leq = 1,4 + 50,975$$

$$L_{\text{virt}} = \mathbf{52,375 \text{ m}}$$

Perda de carga (ΔH):

$$\Delta h = 0,000824 * \frac{Q^{1,75}}{Di^{4,75}} * L_{\text{virt}} = 0,000834 * \frac{0,000095^{1,75}}{0,017^{4,75}} * 52,375$$

$$\Delta h = \mathbf{1,003 \text{ m}}$$

Pressão Estática:

$$PE = 1,7\text{m}$$

Δh_{total} :

$$\Delta h_{total} = 0,199 + 1,082 + 1,003$$

$$\Delta h_{total} = 2,284 \text{ m}$$

Pressão Dinâmica no ponto de interesse:

$$PD = PE - \Delta h_{total} = 1,7 - 2,284$$

$$PD = -0,584 \text{ m.c.a}$$

ANEXO D – Resultados do aplicativo para o estudo de caso 2

Resultados	Resultados
Pressão dinâmica no ponto de interesse: -0.585 m.c.a	Trecho B-I
Trecho R-B	dn: 20.000mm
dn: 25.000mm	di: 17.000mm
di: 21.600mm	vazão: 0.268L/s
vazão: 0.379L/s	velocidade: 1.182m/s
velocidade: 1.036m/s	Leq: 2.601m
Leq: 1.577m	Lvirt: 9.201m
Lvirt: 2.877m	ΔH : 1.085m
ΔH : 0.199m	Trecho I-Ch
Trecho B-I	dn: 20.000mm
dn: 20.000mm	di: 17.000mm
di: 17.000mm	vazão: 0.095L/s
vazão: 0.268L/s	velocidade: 0.418m/s
     	Leq: 50.975m
	     

Resultados

vazão: 0.268L/s

velocidade: 1.182m/s

Leq: 2.601m

Lvirt: 9.201m

ΔH : 1.085m

Trecho I-Ch

dn: 20.000mm

di: 17.000mm

vazão: 0.095L/s

velocidade: 0.418m/s

Leq: 50.975m

Lvirt: 52.375m

ΔH : 1.001m

