

I-1197 – TECNOLOGIA BIM: DESENVOLVIMENTO DE UM PLUG-IN NO REVIT PARA O DIMENSIONAMENTO AUTOMÁTICO DAS TUBULAÇÕES DE SUÇÃO E RECALQUE DE SISTEMAS DE BOMBEAMENTO DE ÁGUA

Paulo Roberto Monteiro Marques⁽¹⁾

Acadêmico de engenharia civil da Universidade Estadual Vale do Acaraú.

Carlos Vinícius de Carvalho Silva⁽²⁾

Engenheiro Civil.

Gustavo Paiva Weyne Rodrigues⁽³⁾

Engenheiro Civil. Diretor-Presidente do Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Sobral. Professor Adjunto da Universidade Estadual Vale do Acaraú (UVA).

Endereço⁽¹⁾: Av. Dr. Guarani, 786, apto. 302 - Pedrinhas - Sobral – Ceará - CEP: 62380-000 - Brasil - Tel: +55 (88) 9762-1080 - e-mail: paulo.robertogba@hotmail.com.

RESUMO

A tecnologia BIM (*Build Information Modeling*) cresce continuamente no mundo e tem se mostrado como uma ferramenta eficaz no que se refere ao gerenciamento qualitativo de projetos da construção civil. Diversos erros, principalmente de incompatibilidade, praticados ainda na fase de criação do projeto geram problemas futuros nas obras, como atrasos no cronograma, necessidade de retrabalho e custos adicionais. Esta tecnologia preza pela elaboração do projeto levando em conta todas as informações necessárias além do desenho de plantas e cortes. Mesmo com todas as funcionalidades, a maioria dos programas que utilizam BIM não estão configurados de acordo com as normas brasileiras, o que pode dificultar e até mesmo atrasar a produção de alguns projetos. O Revit utiliza a tecnologia BIM para desenvolver projetos de engenharia e arquitetura, sendo possível criar elementos em 2D e 3D, além de agregar dados de construção. O presente trabalho apresenta um *plug-in* desenvolvido para dimensionar tubulações de sucção e recalque de forma automática e atualizar os parâmetros referentes a esse dimensionamento, preenchendo tabelas e modificando o desenho criado. Para validar os resultados, aplicou-se o *plug-in* em dois estudos de casos referentes ao dimensionamento de sistemas de recalque. Nos dois estudos de caso, obtiveram-se resultados satisfatórios, atingindo-se valores muito semelhantes aos valores originais. O *plug-in* também obteve êxito em executar a atualização dos parâmetros e modificar a geometria dos tubos, bem como preencher tabelas de forma automática.

PALAVRAS-CHAVE: BIM, Revit, sistema de bombeamento de água.

INTRODUÇÃO

A tecnologia BIM (*Build Information Modeling*) cresce continuamente no mundo e tem se mostrado como uma ferramenta eficaz no que se refere ao gerenciamento qualitativo de projetos da construção civil. Esta última ainda apresenta inúmeros problemas que afetam a produtividade e qualidade dos serviços e do produto final, mesmo com todas as possibilidades de desenvolvimento, tais como erros, ou falta de planejamento nos projetos, dificuldades burocráticas, irregularidades em documentos, irregularidades durante a execução das obras – como falta de Equipamento de Proteção Individual (EPI) e trabalhadores sem registro na carteira de trabalho – e excesso de informações mal organizadas que geram complexidade e prejudicam a compreensão dos projetos.

Muitas dessas dificuldades ocorrem devido à falta de informatização dos processos e à limitação de muitos sistemas operacionais existentes no mercado atualmente, além da falta de conhecimento técnico dos profissionais envolvidos.

A adoção de soluções tecnológicas mais modernas e capazes de gerar colaboração faz-se necessária entre as partes envolvidas nos serviços, de forma didática e compreensível para todos, com o intuito de suprir a principal dificuldade da construção civil: a falta de organização em todas as etapas construtivas, desde o planejamento até a execução. Muitos dos softwares atuais utilizam a tecnologia *Computer Aided Design* (CAD), traduzida para o português como Desenho Auxiliado por Computador. A tecnologia CAD permite que o usuário faça desenhos

técnicos em duas ou três dimensões, e foi uma solução tecnológica adotada para facilitar a criação desses desenhos, que costumavam ser feitos a mão.

É comum e recorrente o surgimento de erros de incompatibilidade encontrados durante a execução de obras, tendo como principal motivo a falta de compatibilização dos projetos. Normalmente, os projetos são feitos por mais de uma pessoa e sem a comunicação necessária para agrupar os dados e informações referentes à uma determinada estrutura, e a tecnologia CAD não contribui nesse sentido, uma vez que ela foi desenvolvida visando principalmente a facilitação na hora de desenhar, mas não prevê a compatibilização entre diferentes desenhos. Um projeto hidrossanitário desenhado sem se considerar o projeto estrutural, por exemplo, pode gerar uma tubulação passando por dentro de uma viga. Esse tipo de problema pode causar dúvidas na hora da execução, podendo causar atrasos, custos desnecessários e retrabalho.

Nesse contexto, surgiu o modelo virtual BIM (*Building Information Modeling*), Modelagem da Informação da Construção, em português, como alternativa aos tradicionais softwares CAD. A tecnologia BIM também é um desenho auxiliado por computador, mas que permite o armazenamento de dados de construção por meio de parâmetros, que podem ser manipulados pelo usuário de acordo com as necessidades.

Um dos *softwares* mais populares a utilizar a tecnologia BIM é o Revit de domínio da *Autodesk*. Segundo Netto (2020), o Revit é uma ferramenta computacional que utiliza BIM para criar um modelo virtual de uma edificação, sendo capaz de verificar as interferências entre as diversas disciplinas de construção, quantificar elementos, simular custos e gerar documentações referentes ao modelo construído. Para isso, o Revit utiliza parâmetros que podem ser manipulados ou criados pelo usuário. Dessa forma, é possível programar regras específicas para cada elemento construído e, a partir disso, automatizar diversos cálculos, facilitando o dimensionamento e a criação de desenhos e tabelas.

Segundo Arguelhes (2020), o decreto nº 10.306 de 2 de abril de 2020 apresenta três fases de implementação do BIM no setor público, pelos órgãos e pelas entidades da administração pública federal. A primeira fase, iniciada em janeiro de 2021, determina que o BIM deve ser utilizado na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia. A segunda fase, que iniciará em janeiro de 2024, exige que o BIM deverá ser utilizado, de forma direta ou indireta, na gestão de obras. E a terceira fase, que iniciará de janeiro de 2028, tornará a tecnologia obrigatória no gerenciamento e na manutenção dos empreendimentos após a construção, desde que os projetos e obras tenham sido desenvolvidos ou executados em BIM.

OBJETIVOS

A pesquisa tem como objeto o desenvolvimento de um *plug-in* para o Revit que acrescente comandos a este último referentes ao dimensionamento de estações elevatórias de água, permitindo manipular parâmetros de diâmetros e velocidades de forma automática por meio dos dados de entrada fornecidos pelo utilizador. A atualização dos parâmetros altera o tamanho dos tubos no desenho e quantifica de forma automática as tabelas com quantitativos de peças e informações referente às tubulações, tais como comprimento, material utilizado e velocidade.

METODOLOGIA UTILIZADA

A programação do *plug-in* desta pesquisa utiliza a linguagem de programação *C#* para acessar a *Application Programming Interface* (API) do Revit, bem como uma ferramenta de programação visual, denominada *Dynamo*. Uma API é um grupo de ferramentas, de definições e de protocolos utilizados para integrar um *software* e serviços de aplicativos, sendo a responsável pela interoperabilidade entre diversos produtos e serviços tecnológicos, facilitando a comunicação entre eles sem a necessidade de construir uma nova infraestrutura de conexão, ou seja, programar tudo novamente.

Para acessar a API do Revit, foi desenvolvida uma solução de códigos no *Visual Studio Community*, programa gratuito fornecido pela Microsoft, que permite adicionar arquivos do tipo *Dynamic-Link Library* (DLL).

Segundo Liang (2023), uma DLL é uma biblioteca que contém códigos e dados que podem ser usados em mais de um programa simultaneamente. A figura 1 apresenta o fluxograma da pesquisa.

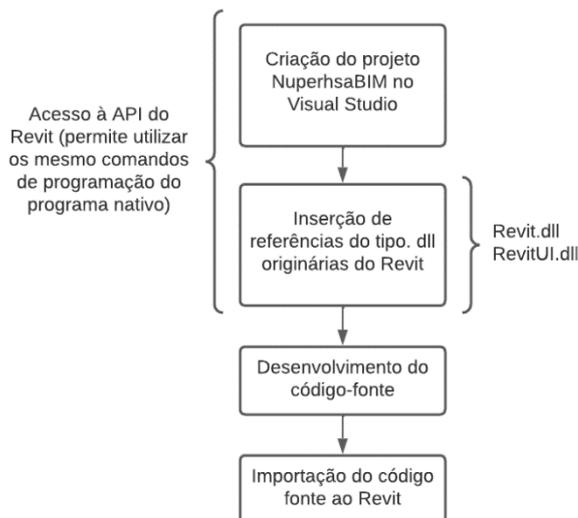


Figura 1: Fluxograma da pesquisa

A importação do código fonte ao Revit é feita por meio do arquivo NuperhsaBIM.dll que deve ser inserido na pasta de instalação do Revit. A programação em C# nesta pesquisa é utilizada para criar uma interface em que o usuário possa manipular o programa. A figura 2 apresenta a interface do *plug-in* que realiza os cálculos.

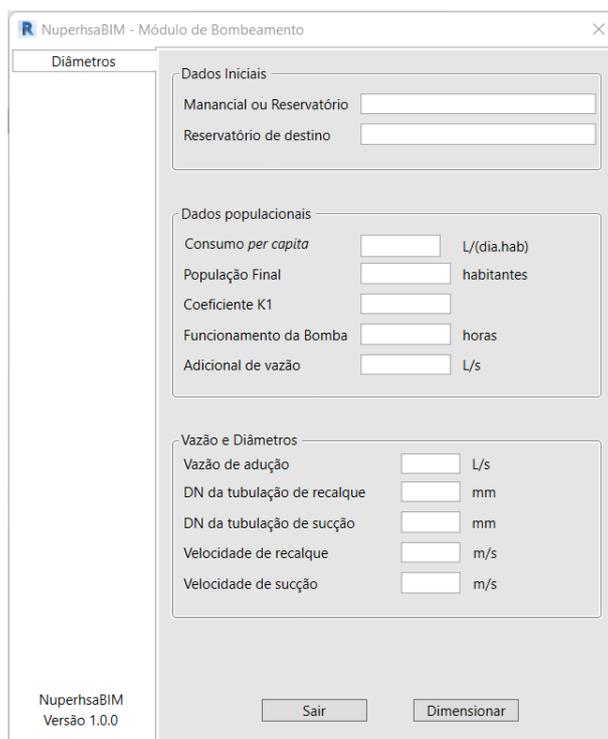


Figura 2: Interface do Usuário (NuperhsaBIM)

A automatização de fluxos de trabalho é realizada com a utilização do Dynamo. Conde (2019) explica que o Dynamo é uma ferramenta de programação visual que permite aos usuários criar rotinas lógicas capazes de automatizar fluxos de trabalho no Revit e quem também possui a facilidade de comunicação com o Revit e ampla interoperabilidade.

O processo do Dynamo permite a programação por meio da conexão entre elementos para definir o comportamento e as sequências de ações dos algoritmos. Os conceitos básicos do Dynamo são os Nós e Fios, responsáveis por construir a lógica do *plug-in*. A figura 3 exemplifica o que são nós e fios e como eles estão relacionados.

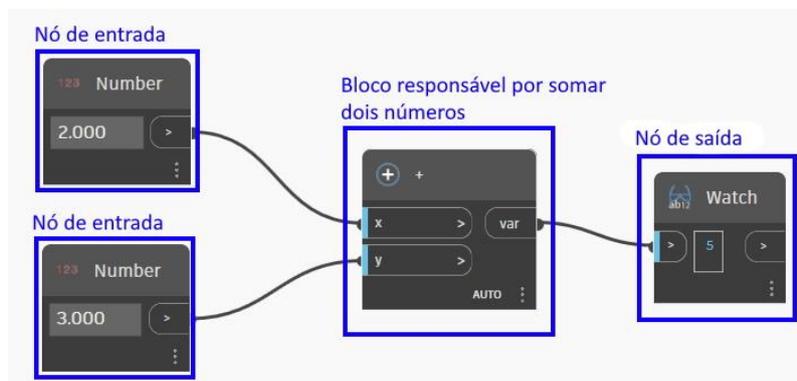


Figura 3: Exemplificação do funcionamento do Dynamo

Na figura 3 é possível ver dois nós de entrada, cada um com um número, sendo um nó que possui a função de somar dois números e um nó com o resultado obtido. Além de números, o Dynamo permite trabalhar diretamente com elementos do Revit, sem necessidade de programar linhas de código adicionais. Nesse caso, o Revit pode ser entendido como uma API que permite acessar os diversos elementos do programa.

A primeira função do *plug-in* é determinar os diâmetros das tubulações de recalque e sucção. Para tal, arbitra-se o tipo de operação, que pode ser contínua ou descontínua. No caso de operação contínua, optou-se por utilizar a fórmula de Bresse, apresentada na equação 1, para determinar o diâmetro de recalque.

$$D_R = K \cdot \sqrt{Q} \quad \text{Equação (1)}$$

Em que:

Dr: diâmetro de recalque

Q: vazão, em m³/s

Para o caso de funcionamento de apenas algumas horas do dia, utiliza-se a fórmula proposta por Netto et al. (2018) – equação 2.

$$D_R = 1,3 \cdot t^{1/4} \cdot \sqrt{Q} \quad \text{Equação (2)}$$

Em que:

t: número de horas de funcionamento por dia dividido por 24

O fluxograma da Figura 4 apresenta o procedimento que o programa deverá seguir para calcular os diâmetros.

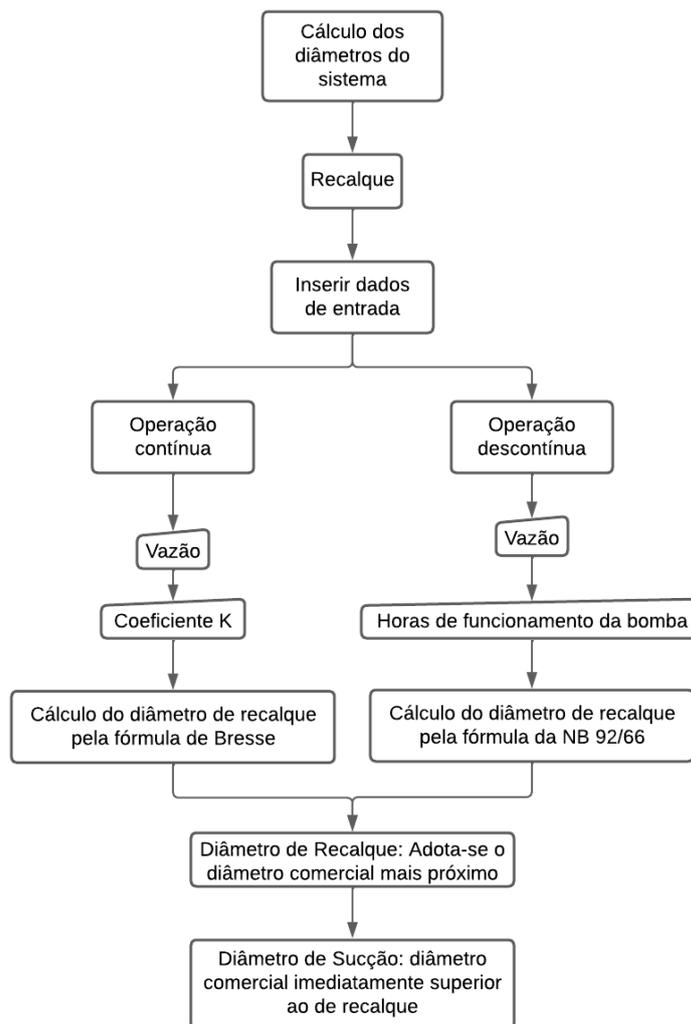


Figura 4: Fluxograma de cálculo dos diâmetros do sistema

Antes de prosseguir para a geração do código em Dynamo, faz-se necessário configurar os elementos que serão processados por ele, utilizando-se dos parâmetros do Revit. André (2022) explica que parâmetros no Revit são características que permitem definir ou comparar algo. Elas armazenam informações dos elementos no projeto, podendo ser acessadas e comunicadas a todos os envolvidos com o projeto a qualquer momento. O Revit, utiliza cinco tipos de parâmetros, sendo eles:

- Parâmetro de sistema (incorporado): existentes desde o início da modelagem. São nativos no Revit e não podem ser removidos ou alterados;
- Parâmetro de família: parâmetros disponíveis apenas para as famílias à qual são adicionados;
- Parâmetro de projeto: são específicos para um determinado projeto no Revit, ou seja, pertencente apenas ao arquivo que se está trabalhando;
- Parâmetro compartilhado: definidos dentro de um arquivo de texto externo, podendo ser usada para múltiplas famílias ou projetos;
- Parâmetro global: são específicos para um único arquivo de projeto, mas não são atribuídos a nenhuma categoria específica, ou seja, afetam vários elementos de um projeto ao mesmo tempo.

Para o correto funcionamento do *plug-in*, foram criados alguns parâmetros compartilhados que permitem atribuir e manipular novas informações dentro do Revit. Os parâmetros criados para essa pesquisa foram: horas de funcionamento da bomba; tipo de sistema; vazão; velocidade. O primeiro parâmetro é do tipo número que

armazena a quantidade de horas de funcionamento da bomba, conforme a necessidade do usuário, sendo os demais específicos para as tubulações.

Para a execução do *plug-in*, é necessário possuir um elemento de bomba já existente. Adotou-se uma bomba genérica disponibilizada por Obayashi (2021). A figura 5 apresenta uma imagem da bomba.

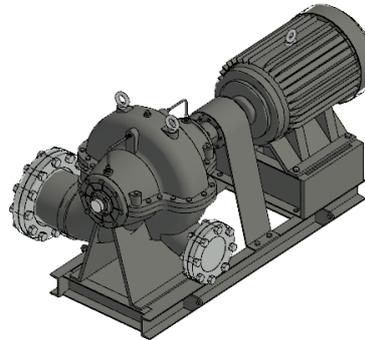


Figura 5: Bomba genérica

Ao se acessar a bomba no ambiente do Revit, o parâmetro aparecerá dentro da aba de hidráulica, conforme ilustra a figura 6.

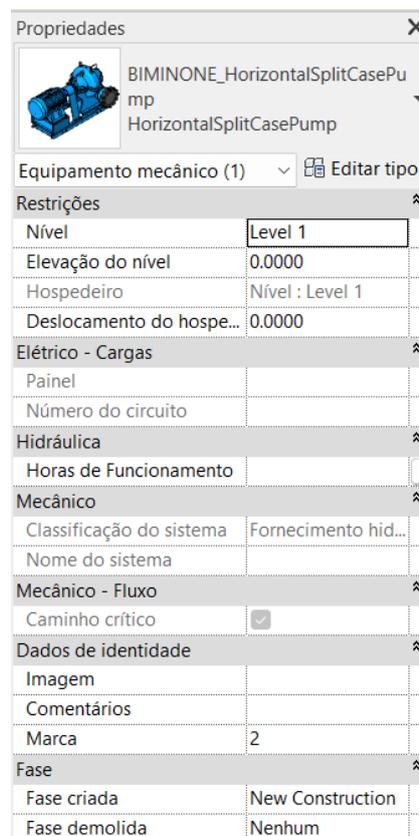


Figura 6: Parâmetros da bomba

Com os parâmetros definidos, criou-se o código no Dynamo. O fluxograma da figura 7 explica o procedimento de cálculo para o caso de operação descontínua.

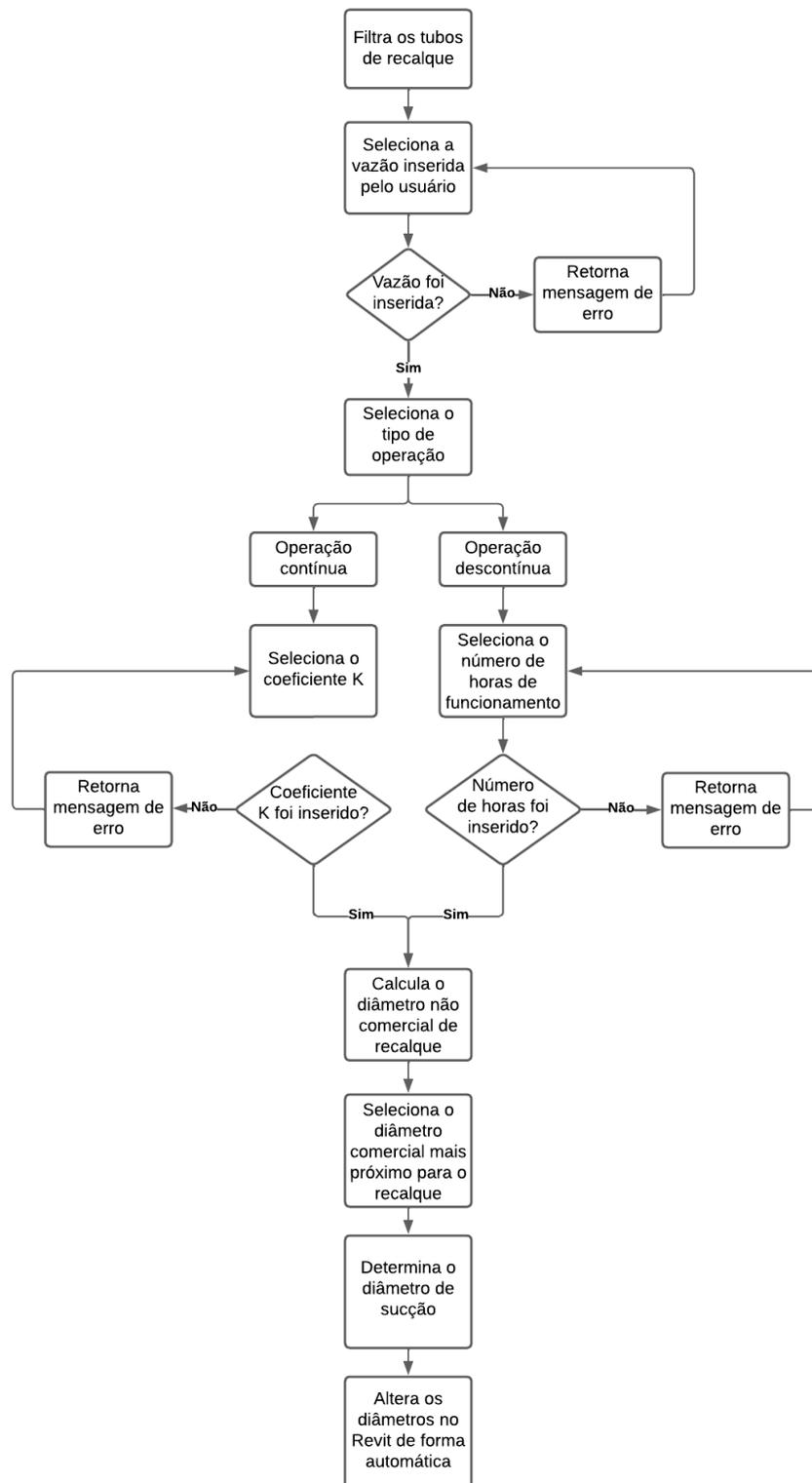


Figura 7: Fluxograma do *plug-in* para o caso de operação descontínua

RESULTADOS OBTIDOS

O *plug-in*, denominado NuperhsaBIM acessa a API do Revit e acrescenta os comandos necessários para a execução. É de suma importância ressaltar que essa operação não é possível de forma nativa, sendo necessário recorrer ao uso de programação para que ela ocorra.

Para demonstrar os resultados obtidos com o programa, é necessário inicialmente fazer uma modelagem simples do sistema. Utilizou-se a bomba da figura 5 e realizou-se a modelagem, resultando em um desenho esquemático apresentado na figura 8.

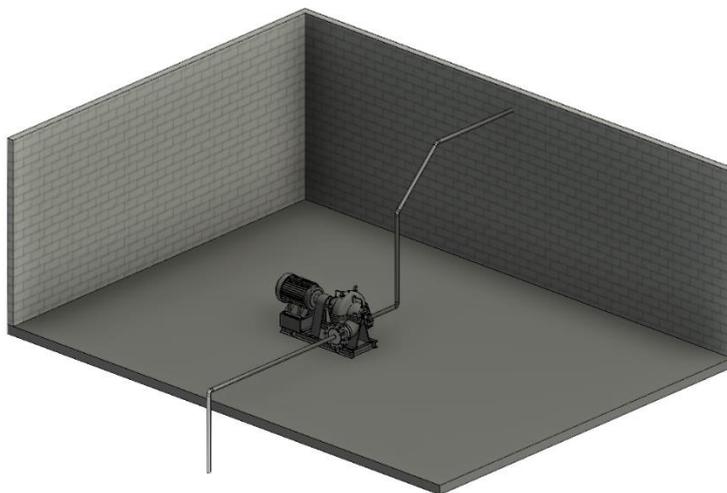


Figura 8: Desenho esquemático

Importante ressaltar que o sistema não possui, de início, os diâmetros definidos, pois esses serão dimensionados e automaticamente alterados pelo *plug-in*. A próxima etapa é definir o tipo de sistema, contínuo ou descontínuo, selecionado pelo usuário, para que o *plug-in* realize os cálculos de forma adequada. Com o tipo de sistema definido, o usuário insere os parâmetros na interface do usuário e fazer o dimensionamento das tubulações de forma adequada.

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Para análise dos resultados foram considerados dois estudos de caso de dimensionamento de sistema de recalque, um para infraestrutura (bombeamento para abastecimento de água) e outro para instalação predial. O primeiro estudo de caso refere-se a um sistema de recalque para sistema de abastecimento de água da comunidade de Macundú, distrito de São João Marcos, município de Rio Claro/RJ, oriundo de Justino et al. (2012).

O estudo considera que a área delimitada possui 156 residências e uma população de 624 habitantes, além de ser considerado um consumo per capita, para cada habitante, de 200 litros por dia, cujo resultado é 124.800 L/dia. Foi estimado um incremento de 20.000 litros por dia para a realização de limpeza e para a manutenção das tubulações, totalizando 144.800 litros por dia, no qual foram adotados 144.000 litros por dia e oito horas de funcionamento da bomba. Na tabela 1 está um comparativo entre os valores obtidos e os de projeto.

Tabela 1: Comparação entre os resultados do estudo de caso 01

	PROJETO	NUPERHSABIM
Vazão (L/s)	5	5,43
Diâmetro de recalque (mm)	60	75
Diâmetro de sucção (mm)	75	100
Velocidade de recalque (m/s)	1,80	1,23
Velocidade de sucção (m/s)	1,13	0,69

Os valores apresentaram divergência entre si em função dos arredondamentos utilizados por Justino *et al.* (2012). O diâmetro de recalque também passou por alteração. O valor não comercial calculado, utilizando a vazão de 5 L/s, é de 69,85 mm.

Por decisão do projetista, o diâmetro adotado foi de 60 mm. O programa, por realizar o cálculo automaticamente, selecionou o diâmetro mais próximo: 75 mm. Entretanto, do ponto de vista prático, os resultados obtidos pelo NuperhsaBIM são condizentes com as necessidades reais do sistema de recalque, uma vez que obedecem as normas vigentes.

Pode-se efetuar a atualização dos tubos de forma automática por meio do preenchimento dos parâmetros calculados. Após o dimensionamento, o resultado apresentado pode ser visualizado na figura 9.

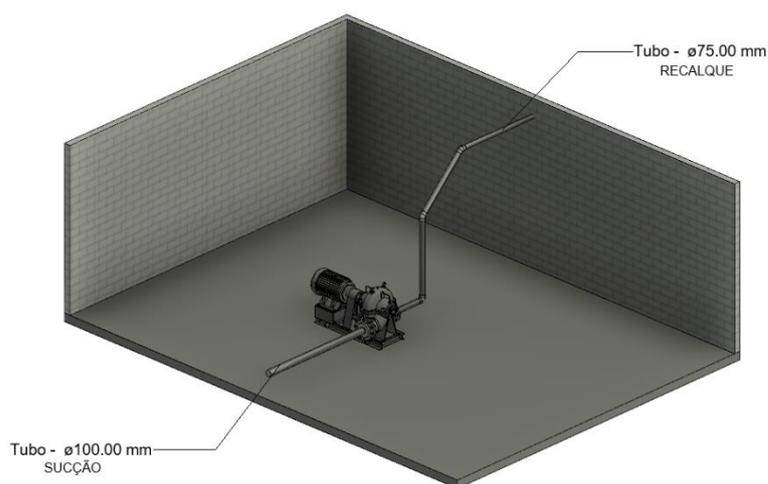


Figura 9: Tubulações atualizadas após a execução do plug-in (primeiro estudo de caso)

O segundo estudo de caso refere-se ao dimensionamento de um sistema de recalque hidráulico predial fictício, apresentado em Alves, Ferreira e Santos (2018). Os autores consideraram um consumo per capita de 200 litros por segundo e uma população de 80 pessoas, além de adotarem horas de funcionamento para a bomba.

O coeficiente K1 refere-se à variação de consumo diário de água ao longo do ano e é geralmente utilizado para dimensionar redes de abastecimento de água. Como nesse caso trata-se do dimensionamento de um sistema predial, não há necessidade de inserir um acréscimo de valor na vazão calculada. Portanto, considerou-se o coeficiente K1 como sendo igual a um.

Seguindo a metodologia, a tabela 2 apresenta a comparação entre os resultados obtidos pelo NuperhsaBIM e os valores originais do estudo de caso 2.

Tabela 2: Comparação entre os resultados do estudo de caso 02

	PROJETO	NUPERHSABIM
Vazão (L/s)	2,22	2,22
Diâmetro de recalque (mm)	33	40
Diâmetro de sucção (mm)	38	50
Velocidade de recalque (m/s)	Não apresentado	2,763
Velocidade de sucção (m/s)	Não apresentado	1,768

O valor de vazão obtida foi exatamente igual ao do estudo, com diferença apenas nos diâmetros escolhidos para as tubulações. Entretanto, os valores calculados pelo NuperhsaBIM estão de acordo com as fórmulas apresentadas previamente. Ademais, a velocidade máxima permitida de três metros por segundo, conforme a ABNT (1998), foi obedecida. Substituindo-se os parâmetros de vazão e horas de funcionamento da bomba no desenho do Revit e executando-se o *plug-in*, os diâmetros são alterados automaticamente, obtendo-se o resultado ilustrado na figura 10.

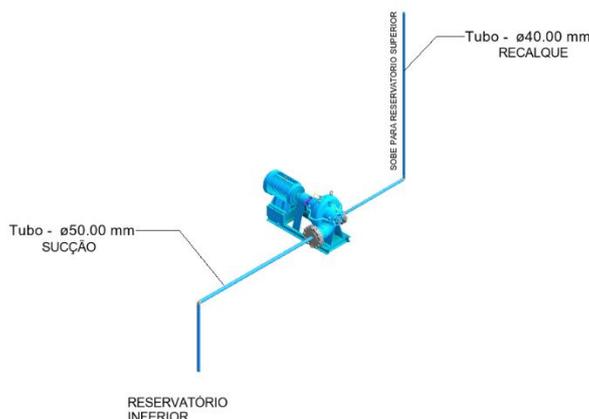


Figura 8 Tubulações atualizadas após a execução do *plug-in* (estudo de caso 2)

CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

A pesquisa realizada demonstra importância da utilização do BIM na área de recursos hídricos e saneamento por meio da automatização de processos. Com o avanço de novas tecnologias, é possível criar projetos mais assertivos.

O *plug-in* permite dimensionar as tubulações de sucção e de recalque em sistemas de bombeamento de água, além de atualizar os parâmetros de diâmetro e de velocidade para alterar a geometria dos tubos de forma automática. A tecnologia BIM também possibilita efetuar o quantitativo de peças mediante tabelas geradas pelo modelo, tornando possível diminuir os erros que podem ocorrer em orçamentos não automatizados. Dessa forma, compreende-se que a tecnologia BIM opera não apenas com a geometria dos desenhos, mas também com dados importantes como os quantitativos de peças em um projeto. No contexto de obras públicas, isso é de fundamental importância, pois permite economizar recursos do erário público.

Considerando os dois estudos de caso, concluiu-se que a similaridade entre os resultados obtidos foi satisfatória, obtendo um índice de proximidade de cerca de 92% para a vazão do distrito de Macundú e 100% para o sistema predial proposto. As diferenças de diâmetro no segundo estudo de caso podem estar relacionadas às especificações de diâmetros de tubos diferentes das tradicionais, pois os tamanhos utilizados no projeto original não estão contemplados no *plug-in*.

Além disso, o *plug-in*, para ambos os casos, conseguiu realizar a alteração dos parâmetros e, conseqüentemente, dos desenhos e das tabelas, sem reportar erros. Logo, conclui-se que o *plug-in* é válido para o dimensionamento de tubulações de sucção e de recalque.

Diante do exposto, o *plug-in* desenvolvido pretende contribuir para o avanço da implementação do BIM no Brasil na área de infraestrutura hidráulica.

Como recomendações para futuros trabalhos citam-se o desenvolvimento de comandos referentes ao cálculo de perda de carga, às pressões, à potência da bomba e apresentação das curvas características do sistema e da bomba e, assim, obter o ponto de operação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5626: Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro, 1998.
2. ALVES, José; FERREIRA, Lucas; SANTOS, Leon. Dimensionamento de um sistema hidráulico predial. Manaus, 2018.
3. ANDRÉ, Luís. O que são parâmetros no Revit. QualificAD. 2022. Disponível em: <<https://qualificad.com.br/o-que-sao-parametros-no-revit/>>. Acesso em: 07 de novembro de 2022.
4. ARGUELHES, Ricardo. Lei determina uso obrigatório do BIM em 2021. Inforchannel. 2020. Disponível em: <<https://inforchannel.com.br/2020/08/24/lei-determina-uso-obrigatorio-do-bim-em-2021/>>. Acesso em: 08 de fevereiro de 2022.
5. CONDE, Juliana. Como o Dynamo é capaz de otimizar fluxos de trabalho em escritórios de arquitetura. Autodesk. 2019. Disponível em: <<https://blogs.autodesk.com/mundoaec/como-o-uso-do-dynamo-e-capaz-de-otimizar-fluxos-de-trabalho-01-programflow-png/#:~:text=O%20Dynamo%20%C3%A9%20uma%20ferramenta,v%C3%A9rias%20linguagens%20de%20programa%C3%A7%C3%A3o%20textual.>>. Acesso em: 17 de janeiro de 2023.
6. EASTMAN, Chuck et al. Manual de BIM: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores. 1ª. Ed. Editora Bookman, 2014.
7. JUSTINO, Damião *et al.* Dimensionamento do Sistema de Recalque para Abastecimento De Água Da Comunidade De Macundú, Distrito De São João Marcos, Município de Rio Claro, Rio de Janeiro. Cadernos UniFOA, 2012.
8. LIANG, Han. O que é um DLL. Microsoft. 2023. Disponível em <<https://learn.microsoft.com/pt-br/troubleshoot/windows-client/deployment/dynamic-link-library>>. Acesso em: 17 de janeiro de 2023.
9. NASCIMENTO, Luiz Antonio; SANTOS, Eduardo Toledo. Barreiras para o uso da tecnologia da informação na indústria da construção civil. 2002.
10. NETTO, Azevedo; Y FERNÁNDEZ, Miguel Fernández. Manual de hidráulica. Editora Blucher, 2018.
11. NETTO, Cláudia Campos. Autodesk Revit Architecture 2020 – Conceitos e Aplicações. 1. ed. São Paulo: Editora Érica, 2020.
12. OBAYASHI, Thai. BIMobject TH x Thai Obayashi_HorizontalSplitCase. Bim Object. Tailândia. Disponível em: <https://www.bimobject.com/pt-br/bimobject-th-x-thai-obayashi/product/bimobjectthxthaiobayashi_horizontalSplitCasepump> Acesso em: 09 de janeiro de 2023.
13. SANTOS, Luís. O que é um arquivo DXF? Tecnoblog, São Paulo, 04 de abril de 2021. Disponível em: <<https://recoverit.wondershare.com.br/photo-recovery/what-is-dxf-file.html>> Acesso em: 10 de abril de 2023.
14. TSUTIYA, Milton Tomoyuki. Abastecimento de água. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 2006.