

I-100 – MODELAGEM COMPUTACIONAL PARA SISTEMAS ELEVATÓRIOS

Natanael Basilio Pires⁽¹⁾

Graduando em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Piauí.

Renata Shirley de Andrade Araújo⁽²⁾

Professora da Universidade Federal do Piauí, Departamento de Recursos Hídricos, Geotecnia e Saneamento Ambiental. Doutora em Engenharia Civil com concentração em Recursos Hídricos pela Universidade Federal do Ceará (UFC) – (2016). Mestre em Engenharia Civil concentração em Recursos Hídricos pela Universidade Federal do Ceará (UFC) - (2011). Graduada em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Ceará (UFC) - (2008).

Alessandro de Araújo Bezerra⁽³⁾

Professor da Universidade Federal do Piauí, Departamento de Recursos Hídricos, Geotecnia e Saneamento Ambiental. Doutor em Engenharia Civil com área de concentração em Recursos Hídricos pela Universidade Federal do Ceará (UFC) – (2018). Mestre em Engenharia Civil com área de concentração em Recursos Hídricos pela Universidade Federal do Ceará (UFC) - (2011). Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Ceará (UFC) - (2008).

Endereço⁽¹⁾: Quadra 81, Casa 18 - Conjunto Saci – Teresina -PI - CEP: 64020-410 - Brasil - Tel: (86) 998641431 - e-mail: natan_basilio@hotmail.com

RESUMO

A realização de projetos de sistemas elevatórios pode se tornar uma atividade bastante complexa e que demanda muito tempo, uma vez que vários parâmetros devem ser considerados durante sua elaboração, sendo assim, a utilização de *softwares* como o AutoCAD proporcionou uma maior eficiência na criação de projetos de maneira geral, entretanto, o mesmo não possui ferramentas específicas para a realização de projetos e cálculos hidráulicos. Desse modo, a utilização de linguagens de programação surge como uma alternativa para criação de novas funcionalidades, que podem ser usadas em conjunto aos softwares existentes, a fim de melhorar a dinâmica na elaboração de projetos. Esse trabalho utilizou as linguagens internas ao AutoCAD, para desenvolver uma ferramenta gráfica para projetos de estações elevatórias de água em sistemas de abastecimento, esgotamento sanitário e drenagem. Entre as funcionalidades desenvolvidas tem-se: o traçado das tubulações de recalque e seu respectivo perfil e as matrizes com as informações iniciais elaboradas para o cálculo de estações elevatórias de água e esgoto.

PALAVRAS-CHAVE: Sistemas Elevatórios, Programação, AutoCAD.

INTRODUÇÃO

Sistemas que facilitem o transporte da água são essenciais em qualquer sociedade, pois segundo Heller e Pádua (2010), a partir do momento em que as sociedades se desenvolveram elas foram se tornando mais complexas e a garantia de sua sobrevivência passou a exigir, ao mesmo tempo, mais segurança no suprimento de água e maiores aportes tecnológicos, o que fez com que a demanda por água só aumentasse. Portanto, a obtenção desse recurso é uma necessidade básica para a realização de diversas atividades humanas e seu consumo gera diversas demandas por sistemas de infraestrutura urbana como: sistemas de esgotamento sanitário e sistemas de drenagem urbana, por exemplo. Em cada um desses sistemas é comum a necessidade de utilização de fornecedores de energia utilizada para o escoamento adequado de fluxo, são os chamados sistemas de recalque, que são estruturas formadas por tubulações, acessórios e bombas.

Na realização de um projeto de sistemas de recalque vários parâmetros devem ser considerados, pois assim como afirma Porto (2006), o sistema de abastecimento torna-se bastante complexo, por causa do dimensionamento, operação e manutenção. O que acaba por torna-la a parte mais trabalhosa do projeto global de abastecimento, uma vez que exige considerável atenção do projetista no que concerne aos parâmetros do sistema, hipóteses de cálculo assumidas e metodologia, de modo a obter um projeto eficiente. Entre os

parâmetros relativos à tubulação pode-se citar características como seu material, diâmetro, rugosidade absoluta, coeficientes hidráulicos, dentre outras. Para o conjunto motor-bomba, tem-se a carga de energia total do sistema, que influenciará na potência e, conseqüentemente, no consumo energético durante operação do sistema. Todas essas informações são de extrema relevância na realização de um projeto de sistemas elevatórios e influenciam diretamente na sua construção.

Tsutiya (2006) afirma que nas últimas décadas, com o avanço na engenharia eletrônica, foi possível o desenvolvimento de computadores e equipamentos sofisticados que puderam ser aproveitados na automação dos sistemas de abastecimentos de água e de esgoto sanitário. Atualmente, utilizam-se de softwares avançados para se realizar esse tipo de projeto, como o AutoCAD, um software do tipo CAD (desenho auxiliado por computador) muito útil na criação de projetos, uma vez que possibilita a representação de objetos em duas ou três dimensões, entretanto, ele não possui ferramentas específicas para a realização de cálculos e simulações hidráulicas, o que dificulta sua utilização nessa área.

Forbellone e Eberspächer (2005) afirmam que a lógica de programação objetiva a racionalidade e o desenvolvimento de técnicas que cooperem para a produção de soluções logicamente válidas e coerentes, podendo assim se resolver os problemas que se devem programar. Dessa forma, a utilização das linguagens de programação presentes no AutoCAD, como o AutoLISP e o *Visual Basic Applications* (VBA), se apresenta como uma alternativa para suprir essas necessidades, uma vez que é possível se criar funções para a realização de projetos hidráulicos de sistema de recalque, promovendo uma maior praticidade na sua realização.

OBJETIVOS

Esse trabalho tem como objetivo principal desenvolver uma ferramenta computacional que, instalada no software AutoCAD, forneça suporte em projetos de sistemas elevatórios em sistemas de água, esgotamento sanitário e drenagem. Realizando isso a partir da criação de funções específicas para a criação de determinados projetos.

METODOLOGIA

A plataforma principal para a realização deste projeto foi o AutoCAD, pois se buscou utilizar de funções já existentes no software e, a partir da programação, criar novas ferramentas, que, inseridas no software, possam representar diferentes partes do projeto hidráulico e proporcionar maior eficiência na realização dos mesmos. Durante a realização desse projeto as linguagens de programação utilizadas foram o AutoLISP e o VBA.

O AutoLISP é uma linguagem baseada no processamento de listas, o que torna a mesma uma linguagem simples, mas de ampla utilidade. Já o VBA é uma linguagem derivada do Visual Basic e são utilizadas para criar caixas de diálogo e funções que permitam a interação entre desenhos diferentes. Nesse projeto, foram feitas sete funções principais: o *default*, o traçado da tubulação, o estaqueamento, o perfil, a estação elevatória de água, a estação elevatória de esgoto e o editar.

O *default*, que é a função básica para escolher e salvar as características da tubulação, foi criado a partir do VBA. Para sua elaboração foram utilizadas algumas informações importantes como o tipo de material que irá constituir a tubulação, foram selecionados: PVC PBA Classes 12, 15 e 20; Ferro Fundido K7 e K9; RPVC; PEAD; PVC DEFoFo; PRFV; Aço. O diâmetro das canalizações varia de acordo com a faixa de valores presentes nos catálogos de cada material adotado. Além disso, é proposta uma classificação das tubulações, para dividir o sistema em projetado ou existente. O estaqueamento (distância entre as estacas), recobrimento, coeficientes hidráulicos (rugosidade absoluta e coeficiente C de Hazen-Williams), tipo de equação da perda de carga e coeficientes de qualidade da água (coeficientes Kb e Kw). O levantamento de dados e estudo das especificidades para cada tipo de material foi realizado através de catálogos de empresas como TIGRE e Saint-Gobain.

O “traçado da tubulação”, função para desenhar a tubulação de recalque, foi criado a partir do AutoLISP, utilizou-se do comando “*line*” para criação das linhas segundo a seleção do usuário na interface do programa.

Além disso, cada trecho de tubulação tem uma legenda correspondente, na sua composição estão informações sobre o tipo de material, diâmetro e comprimento do trecho.

Foi desenvolvida uma função para representar o estaqueamento da tubulação, criada a partir do AutoLISP. A distância entre cada estaca é uma informação indicada no *default* e nesses pontos se insere uma representação das estacas numeradas, de modo que o projetista possa visualizar quantas estacas foram utilizadas, a numeração de cada uma e a distância parcial na conexão entre tubos.

O “perfil” é função responsável por representar o perfil do terreno e da tubulação, foi criado unindo o AutoLISP e o VBA, na qual utilizou-se o AutoLISP para a seleção da tubulação, nesse tubo a função seleciona os pontos na tubulação separados pela distância de estaqueamento e calcula a cota de todos eles a partir das curvas de nível existentes no desenho, esses valores são então passados por meio do VBA para um novo desenho, onde a partir dessas informações, é possível a partir de uma função do AutoLISP se criar um desenho que representa o perfil do terreno e abaixo dele o perfil da tubulação.

A “estação elevatória de água”, função para definir as características da estação elevatória utilizada no sistema de recalque foi criada com o uso do VBA. As características selecionadas para composição dessa rotina foram: tipo de captação (superficial ou subterrânea), tipo de bomba (afogada ou não afogada), comprimento do tubo ejetor (distância entre a cota do nível dinâmico e a cota do terreno), comprimento da tubulação de sucção, distância entre o nível d’água de sucção e o eixo da bomba, vazão bombeada, altura geométrica, coeficiente K de perdas localizadas na sucção e no barrilete de recalque, além de indicar a quantidade de acessórios na sucção e no barrilete.

A “estação elevatória de esgoto” é a função para salvar as características básicas da estação elevatória e foi criada utilizando-se o VBA. Fizeram parte na elaboração da função as seguintes características relativas à estação: tipo de bomba (afogada ou não afogada), altura geométrica, vazão média afluente, vazão máxima afluente, comprimento da tubulação de sucção, cota do eixo da bomba, distância entre a cota do nível mínimo do poço de sucção e o eixo da bomba, coeficiente K de perdas localizadas na sucção e no barrilete de recalque. Além da estação, a função também enumera características relacionadas ao poço de sucção como: formato do poço, diâmetro ou largura, comprimento, área da seção do poço, submergência mínima, cota do terreno, cota do tubo de chegada, folga entre o nível de água máximo e a soleira do tubo de chegada, vazão de bombeamento, volume útil calculado, altura útil, volume útil adotado, cota do nível máximo de água, cota do nível mínimo de água, cota do fundo do poço e profundidade do poço.

O “editar” é a função responsável por modificar características que foram salvas utilizando-se das funções do programa, ela foi realizada utilizando o VBA e o AutoLISP, de modo em que a função possa responder de acordo com o que foi selecionado pelo usuário, seja uma tubulação ou uma estação elevatória, e serve para o usuário modificar padrões durante a execução de seu projeto.

RESULTADOS

O *default* é uma caixa de diálogo para definição de padrão sobre as características da tubulação (Figura 1), na qual a partir da seleção de determinado material, os valores de diâmetros disponíveis mudam, assim como os valores dos coeficientes hidráulicos, todas as informações ficam armazenadas, uma vez que serão utilizadas por outras funções do programa.

O “traçado da tubulação” ao ser executado exibe a mensagem “Indique o ponto inicial da tubulação de recalque:”, e após seleção do usuário pede a seleção de mais pontos com a mensagem “Indique o próximo ponto da tubulação de recalque:”, criando assim as linhas correspondentes à tubulação, essa representação do traçado da tubulação corresponde as linhas de coloração vermelha conforme apresentado na figura 2. Para cada trecho são apresentadas as informações relativas ao material, diâmetro (em milímetros) e comprimento (em metros).

O estaqueamento ao longo do trecho de recalque, baseado no valor indicado para distância entre cada estaca, é caracterizado pelas linhas verdes inseridas em ângulo reto com o traçado da tubulação, como pode ser visualizado na figura 3. Cada estaca é numerada sequencialmente, entretanto, nos locais, onde haverá uma



mudança de direção no percurso da tubulação, é inserida uma estaca para indicar sua posição. Essa localização é dada pelo número da última estaca e a distância que falta até o ponto onde ocorrerá a modificação na direção, como mostrado na figura 4.

O “perfil” ocorre a partir da seleção da primeira linha da tubulação de recalque, semelhante ao estaqueamento, onde se encontram os pontos separados pela distância de estaqueamento, os valores das cotas desses pontos são enviados para um novo desenho, onde o perfil do terreno e da tubulação são desenhados automaticamente, com a distância em X sendo a mesma do real e a de Y estando na escala 1:10, facilitando a visualização do usuário. Abaixo do desenho do perfil é adicionada uma tabela com informações sobre a distância parcial e acumulada, cota e geratriz inferior para cada estaca. Além disso, é possível inserir registros de descarga e ventosas automaticamente, caso necessário. A figura 5 apresenta um exemplo de um perfil gerado com a utilização do programa, na figura é possível observar uma representação de ventosa (V1) inserida.

UFPI - CT2 : SISTEMAS DE RECALQUE - DEFINIÇÃO DE PADRÃO	
Características	
Material :	PVC DEFoFo
Diâmetro (mm) :	100
Tipo de Sistema :	Projetado
Recobrimento (m) :	0.9
Estaqueamento (m) :	20
Coeficientes Hidráulicos	
Rugosidade Absoluta (mm) :	0.06
Coeficiente C de Hazen-Williams :	150
Equação da Perda de Carga :	Darcy-Weisbach
Coeficientes de Qualidade de Água	
Coeficiente Kb (1/s.) :	0
Coeficiente Kw (m/Dia) :	0

Figura 1: Caixa de diálogo da função *default*.

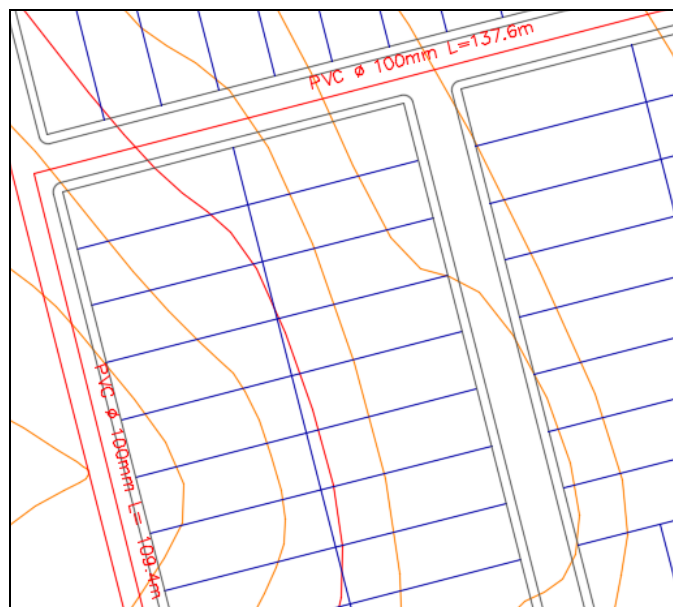


Figura 2: Tubulação desenhada pela função “traçado da tubulação”.

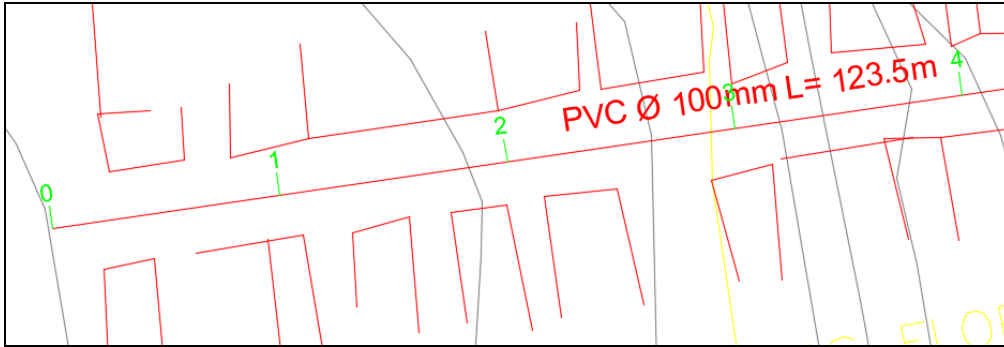


Figura 3: Tubulação estaqueada pela função “estaqueamento da tubulação”.

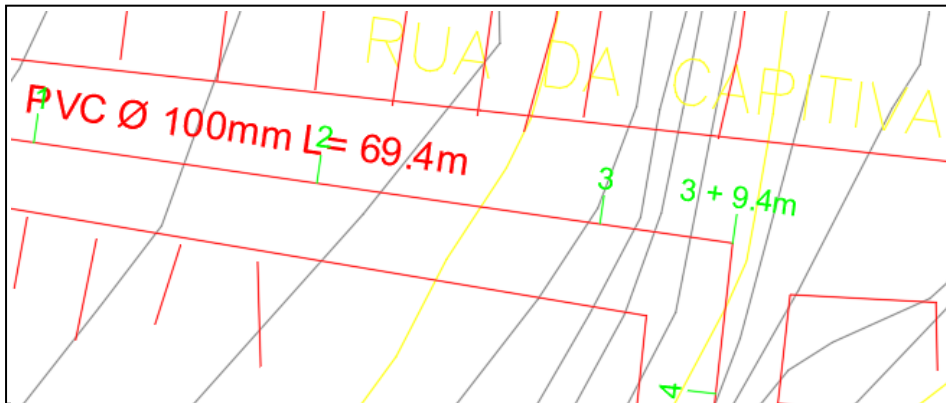


Figura 4: Estaca em mudança de direção.

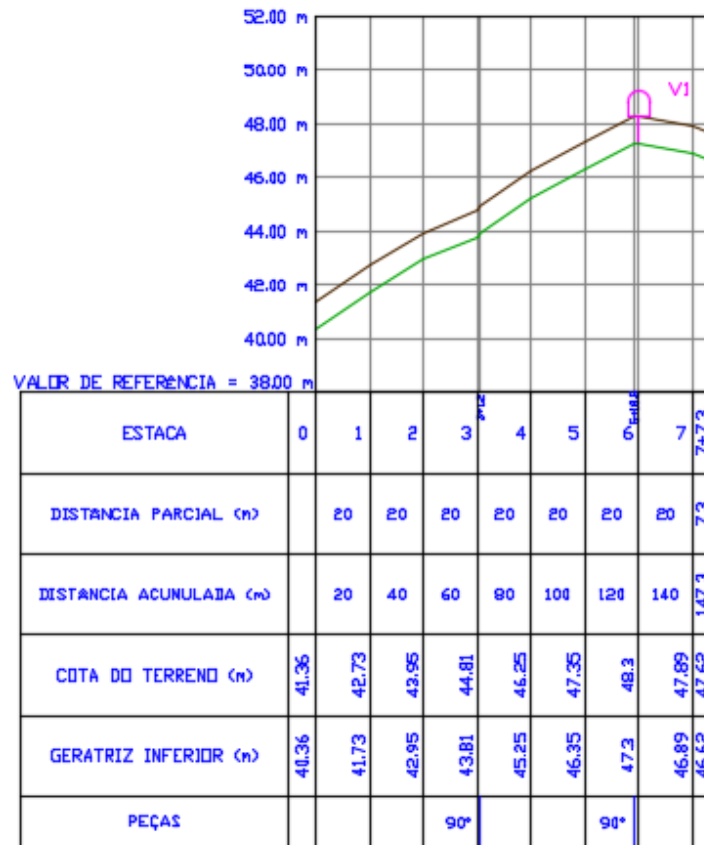


Figura 5: Perfil da tubulação e do terreno desenhado pela função “perfil”

A função “estação elevatória de água” ao ser executada exibe a mensagem “Selecione o ponto que será inserida a estação elevatória de água.”, esse ponto será utilizado para cálculo da cota do terreno e para inserir a representação da estação no desenho, após a seleção desse ponto é exibida uma caixa de diálogo na qual o usuário pode inserir informações importantes sobre a estação elevatória (Figura 6), entre essas informações, o comprimento do tubo edutor só fica disponível para o usuário interagir caso o tipo da captação selecionada seja subterrânea. Os coeficientes K podem ser calculados pelo usuário em abas separadas (Acessórios na Sucção e Acessórios no Barrilete de Recalque), na qual o usuário insere a quantidade de cada acessório (Figura 7) e o valor do Coeficiente K é calculado e informado ao usuário, o cálculo desse Coeficiente é realizado a partir da quantidade de cada acessório tendo como base a tabela “Valores do coeficiente K para diversos acessórios” apresentada por Porto (2006, p.77). Após inserir as características o usuário pode clicar em “OK” e salvar as informações no projeto junto da representação da estação.

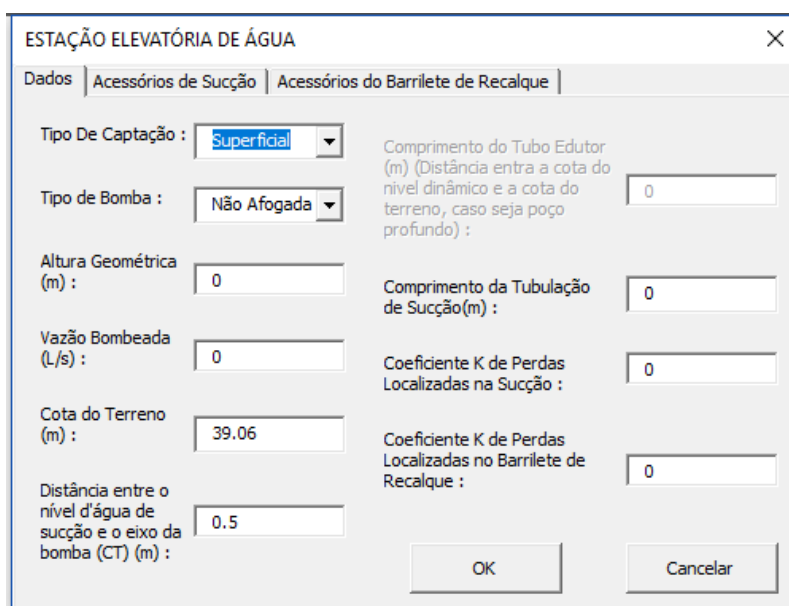


Figura 6: Caixa de diálogo da função “estação elevatória de água”.

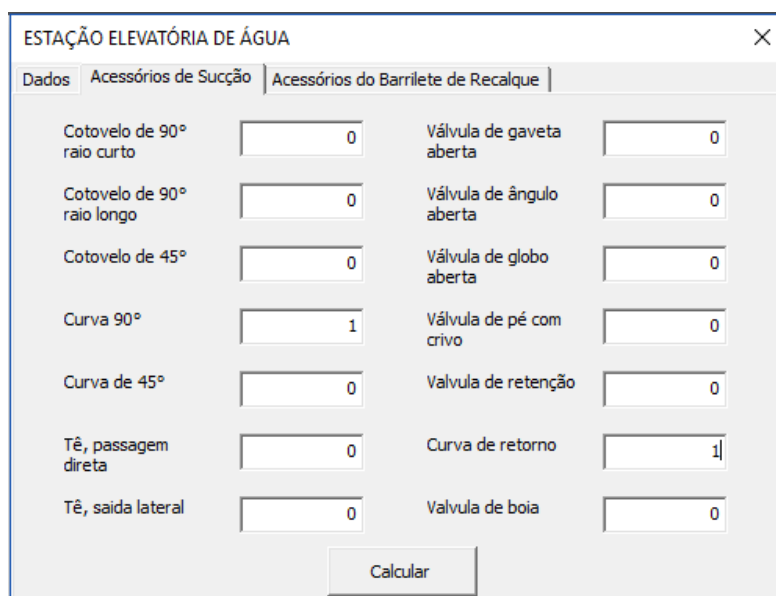


Figura 7: Aba com os acessórios e suas respectivas quantidades

A função “estação elevatória de esgoto” utiliza o ponto de inserção para cálculo da cota do terreno e para inserir a representação da estação no desenho, em seguida, é aberta uma caixa de diálogo na qual o usuário poderá informar características básicas da estação (Figura 8). Essa caixa de diálogo é dividida em 5 abas:



Dados, Acessórios Sucção, Acessórios Barrilete de Recalque, Poço de Sucção e Tempo de Detenção. Na aba “Dados” é possível digitar dados básicos sobre a estação, a aba “Acessórios Sucção” e “Acessórios Barrilete de Recalque” funciona de forma igual à da função “estação elevatória de água” para cálculo do coeficiente K. Na aba “Poço de Sucção” é possível indicar características relativas ao poço (Figura 9), a “Cota do Terreno” é calculada utilizando a função de cotas no ponto selecionada anteriormente pelo usuário e é automaticamente exibida, o valor “Área da Seção do Poço” é calculado de acordo com o formato selecionado pelo usuário em “Formato do Poço” (Circular, Quadrado ou Retangular) e com o valor inserido pelo usuário em “Diâmetro/Largura”, o valor “Comprimento” só é possível alterar caso o formato selecionado seja Retangular.

Tipo De Bomba :	<input type="text" value="Não Afogada"/>	Cota do Eixo da Bomba (m) :	<input type="text" value="0"/>
Altura Geométrica (m) :	<input type="text" value="0"/>	Distância entre a cota do nível mínimo do poço de sucção e o eixo da bomba (m) :	<input type="text" value="0"/>
Vazão Média Afluente (L/s) :	<input type="text" value="0"/>	Coeficiente K de Perdas Localizadas na Sucção :	<input type="text" value="0"/>
Vazão Máxima Afluente (L/s) :	<input type="text" value="0"/>	Coeficiente K de Perdas Localizadas no Barrilete de Recalque :	<input type="text" value="0"/>
Comprimento da Tubulação de Sucção (m) :	<input type="text" value="0"/>		

Figura 8: Caixa de diálogo da função “estação elevatória de esgoto”.

Formato do Poço :	<input type="text" value="Circular"/>	Vazão de Bombeamento (L/s): (Deve ser > 0)	<input type="text" value="0"/>
Diâmetro/Largura (m) :	<input type="text" value="0"/>	Volume Útil Calculado (m²) :	<input type="text" value="0"/>
Comprimento (m) :	<input type="text" value="0"/>	Altura Útil (m) :	<input type="text" value="0.6"/>
Área da Seção do Poço (m²) :	<input type="text" value="0"/>	Volume Útil Adotado (m²) :	<input type="text" value="0"/>
Submergência mínima (m) :	<input type="text" value="0"/>	Cota do Nível Máximo de Água (m) :	<input type="text" value="0"/>
Cota do Terreno (m) :	<input type="text" value="41.94"/>	Cota do Nível Mínimo de Água (m) :	<input type="text" value="0"/>
Cota do Tubo de Chegada (m) :	<input type="text" value="0"/>	Cota do Fundo do Poço (m) :	<input type="text" value="0"/>
Folga entre o nível de água máximo e a soleira do tubo de chegada (m) :	<input type="text" value="0.2"/>	Profundidade do Poço (m) :	<input type="text" value="0"/>

Figura 9: Aba “Poço de Sucção” na caixa de diálogo da estação elevatória de esgoto

O valor a qual a “Vazão de Bombeamento” deve ser maior é o valor inserido pelo usuário em “Vazão Máxima Afluente” na aba “Dados”, o “Volume Útil Calculado” será o valor da “Vazão de Bombeamento” multiplicado por 2.5, já o “Volume Útil Adotado” será o valor da “Área da Seção do Poço” multiplicado pela “Altura Útil”.



A “Cota de Nível Máximo de Água” é obtida subtraindo o valor da “Folga” do valor da “Cota do Tubo de Chegada”, a “Cota do Nível Mínimo de Água” é obtida subtraindo o valor da “Altura Útil” da “Cota do Nível Máximo de Água”, a “Cota do Fundo do Poço” é obtida subtraindo o valor da “Submergência” do valor da “Cota do Nível Mínimo de Água” e a “Profundidade do Poço” é obtida subtraindo a “Cota do Fundo do Poço” do valor da “Cota do Terreno”. Os dados que estão em cinza não podem ser alterados pelo usuário e são calculados e exibidos automaticamente pela função a partir da alteração dos outros valores. A aba “Tempo de Detenção” ainda não possui informações, pois elas serão inseridas futuramente. Com isso todas as características serão salvas no desenho junto a uma representação da estação elevatória de esgoto (Figura 10), sendo possível utiliza-las futuramente para cálculos hidráulicos.

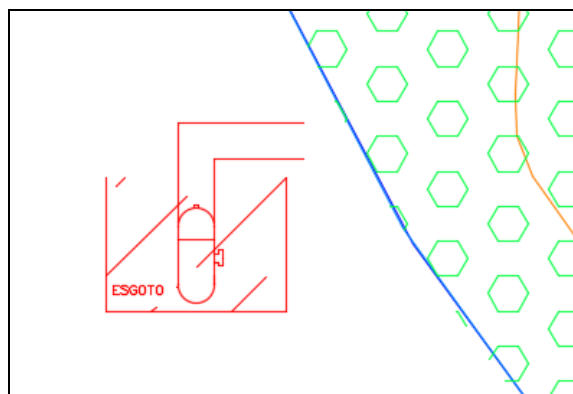


Figura 10: Representação da estação elevatória

A função “editar” é responsável pela modificação de todas as outras representações do desenho, com ela é possível editar tubulações e estações elevatórias de água e de esgoto, ao ser executada o usuário irá selecionar o que deseja editar, caso seja uma estação elevatória será exibida uma caixa de diálogo semelhante à da função “estação elevatória de esgoto” (Figura 7), caso seja uma tubulação será exibida uma caixa de diálogo com características básicas da tubulação (Figura 10), na qual o usuário pode selecionar a opção “Editar todos os tubos” caso ele queira que todos os tubos do desenho tenham as características selecionadas na caixa de diálogo e também a opção “Retirar a Legenda” na qual o usuário pode escolher manter ou excluir a legenda em cada um dos tubos, após isso as características selecionadas pelo usuário são salvas no desenho para futuros cálculos hidráulicos que possam ser realizados.

UFPI - CT2: SISTEMAS DE RECALQUE	
Características	
Material :	PVC DEFoFo
Diâmetro (mm) :	100
Tipo de Sistema :	Projetado
Recobrimento (m) :	0,9
<input type="checkbox"/> Editar todos os tubos <input type="checkbox"/> Retirar a legenda	
Coeficientes Hidráulicos	
Rugosidade Absoluta (mm) :	0,06
Coeficiente C de Hazen-Williams :	150
Equação da Perda de Carga :	Darcy-Weisbach
Coeficientes de Qualidade de Água	
Coeficiente Kb (1/s.) :	0
Coeficiente Kw (m/Dia) :	0

Figura 11: Caixa de diálogo da função “Editar” para tubulações.

CONCLUSÕES

O programa criado nesse trabalho foi eficiente nas tarefas que se propôs executar, uma vez que promove maior eficiência e praticidade na realização de projetos de sistemas elevatórios no AutoCAD, as funções criadas interagem entre si de modo eficiente e possuem uma interface dinâmica e de fácil compreensão que permite ao usuário utilizar dessas ferramentas de forma simples e prática no seu dia-a-dia. As funções foram criadas de modo a proporcionar uma melhor padronização do projeto, facilitando seu entendimento para todas as partes envolvidas em sua elaboração, análise ou execução, uma vez que possui legendas que podem ser visualizadas e interpretadas de forma clara, permitindo ao usuário fácil compreensão das características do sistema.

Dessa forma, é possível observar que o programa ainda permite a inserção de novas funções e pode ser expandido e aprimorado, podendo assim promover cada vez mais eficiência e praticidade aos projetistas e engenheiros.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Piauí, junto ao Departamento de Recursos Hídricos, Geotecnia e Saneamento Ambiental, pelo apoio à pesquisa por meio do *Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC)*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. FORBELLONE, A. L. V.; EBERSPÄCHER, H. F. Lógica de programação: a construção de algoritmos e estruturas de dados. 3. Ed. São Paulo: Prentice Hall, 2005. 208p.
2. HELLER, L.; PÁDUA, V.L. (Org). Abastecimento de água para consumo humano. 2. Ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2010. 418p.
3. PORTO, R. M. Hidráulica básica. 4. Ed. São Carlos: EESC-USP, 2006. 540 p.
4. SAINT-GOBAIN. Tubo de Ferro Fundido Classe K7. Disponível em: <<http://sgpam.com.br/construcao-civil/produtos/tubos-e-conexoes-para-distribuicao-de-agua/tubo-de-ferro-fundido-classe-k7>>. Acessado em: 14 de Março de 2019.
5. TIGRE. Infraestrutura Água: Catálogo Técnico. Disponível em: <<https://www.tigre.com.br/themes/tigre2016/downloads/catalogos-tecnicos/ct-infraestrutura-agua.pdf>>. Acessado em: 14 de Março de 2019.
6. TSUTIYA, M. T. Abastecimento de água. 3. Ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006. 643 p.