

Modelagem computacional como subsídio ao aprendizado nas aplicações de hidráulica

EDVATIO PHYSICORVM



ISSN 1870-9095

Silva, Amanda C. G. da¹; Boulomytis, Vassiliki T. G.¹

¹Faculdade de Engenharia Civil, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – IFSP Campus Caraguatatuba, Avenida Bahia 1739, Caraguatatuba, São Paulo, Brasil.

E-mail: vassiliki@ifsp.edu.br

(Recibido el 25 de abril de 2022, aceptado el 27 de mayo de 2022)

Resumo

As aplicações de hidráulica são relacionadas aos conceitos abordados inicialmente nas disciplinas de mecânica dos fluidos durante o ciclo básico das engenharias. Na engenharia civil, o conteúdo é essencial para quem atua com a gestão ou infraestrutura urbana. O processo de urbanização com planejamento ineficaz pode causar problemas na infraestrutura das cidades, principalmente no que se refere à drenagem, potencializando a susceptibilidade às enchentes e alagamentos. Para tanto, faz-se necessária a formação de profissionais qualificados, que realizem o dimensionamento adequado das redes de drenagem urbana. O estudo visa avaliar o uso da integração dos softwares AutoCAD Civil3D, UFC8 e SWMM como subsídio ao aprendizado aplicado à drenagem urbana para estudantes da graduação de engenharia civil. Para tanto aplicaram-se atividades para dois grupos de estudo com o uso do software, e questionários, disponibilizados por meio digital, ao longo das atividades, para que os estudantes pudessem avaliar a contribuição dos softwares quanto aos diferentes critérios relacionados ao seu aprendizado. Verificou-se que o uso integrado dos softwares auxiliou e aprimorou a obtenção de conhecimento dos alunos participantes.

Palavras-chave: Modelagem computacional, Aprendizagem, Hidráulica, Drenagem, Águas pluviais.

Abstract

The applications of hydraulics are related to what is initially covered in the courses of fluid mechanics throughout the basic cycle of the engineering undergraduate programs. In civil engineering, the content is essential for those who work with urban management or infrastructure. The process of urbanization with inefficient planning can cause problems to the infrastructure of cities, especially with regard to drainage, increasing susceptibility to flooding. Therefore, it is necessary to train qualified professionals to perform the proper sizing of urban drainage networks. This study aims to evaluate the use of the integration of AutoCAD Civil3D, UFC8 and SWMM softwares as a learning aid applied to urban drainage for undergraduate civil engineering students. To this end, activities were applied to two study groups with the use of software, and questionnaires, made available digitally, throughout the activities, so that students could evaluate the contribution of the software regarding different criteria related to their learning. It was verified that the integrated use of the software helped and improved the knowledge obtained by the participating students.

Keywords: Computational modeling, Learning, Hydraulics, Drainage, Rainwater.

I. INTRODUÇÃO

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [1] a partir da década de 1970 a população brasileira urbana ultrapassou a população rural. Na maior parte do país, o crescimento urbano não foi acompanhado pelo aumento e melhoria das estruturas. A drenagem e manejo das águas pluviais quando mal executadas podem promover uma série de problemas à sociedade e à economia, pois geram precariedade à saúde, moradia e fome. Segundo Tucci [2] a urbanização tem efeitos negativos sobre os recursos hídricos, o ciclo hidrológico, as variações climáticas, as cheias naturais dos rios e o balanço hídrico.

Tucci [3] afirma que muitas vezes o planejamento urbano atende apenas à cidade formal. A cidade informal só é analisada no que se refere às tendências de ocupação, gerando problemas relacionados à infraestrutura de

saneamento no ambiente urbano. Um dos problemas é a drenagem urbana inadequada, fazendo com que as cidades sofram frequentes inundações. Muitas vezes os profissionais de engenharia têm uma visão estrutural para a solução dos problemas de drenagem, desconsiderando as questões ambientais e criando um excesso de áreas impermeáveis, aumentando o risco às inundações. Para tanto, é necessário tornar os profissionais qualificados para realizarem o planejamento urbano integrado à drenagem urbana.

A utilização adequada de ferramentas computacionais para o ensino, principalmente nos cursos de ciências exatas, é relevante para a aprendizagem, pois tornam-se facilitadores de cálculos por meio de modelos matemáticos, simplificam e simulam situações para melhor compreensão dos alunos [4].

Visando o dimensionamento de redes de drenagem urbana, o software livre UFC8, pertencente ao sistema UFC, foi desenvolvido no Laboratório de Hidráulica Computacional da Universidade Federal do Ceará (LAHC), e permite o dimensionamento e levantamento de quantitativos para as redes. O software foi desenvolvido na linguagem AutoLISP, e faz com que ele funcione como um aplicativo do AutoCAD, adicionando uma palheta de ferramentas no software. A metodologia empregada pelo software para um projeto de redes de drenagem (Figura 1) apresenta as seguintes etapas: o projetista, conforme análise do escoamento, insere as bocas de lobo e as bacias de contribuição. Após essa etapa é necessário verificar se as sarjetas possuem a capacidade de escoamento necessária, caso contrário deve-se modificar as bocas de lobo para suportar em maior vazão ou subdividir as bacias de contribuição criadas anteriormente. Em seguida, deve-se inserir o restante da rede, com tubulações, poços de visita e reservatórios, que serão dimensionados até traçar os perfis dos coletores e o quantitativo de redes [5].

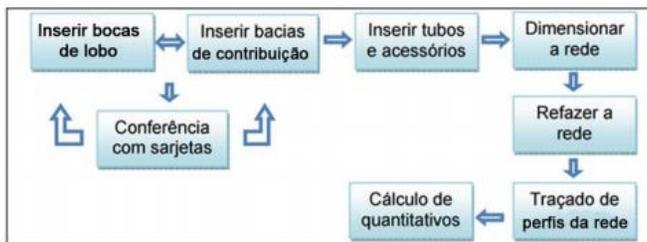


FIGURA 1. Metodologia empregada para a utilização do UFC8. Fonte: Adaptado de Bezerral e Castro [5].

O software UFC8 permite exportar os dados por meio da interface entre o AutoCAD e o software livre SWMM (Storm Water Management Model), para fins de dimensionamento e simulações desejadas [6]. Este utiliza as equações de Saint Venant para a propagação de cheias dentro da rede de drenagem, conforme o processo de dimensionamento do UFC8, exemplificado na Figura 2.

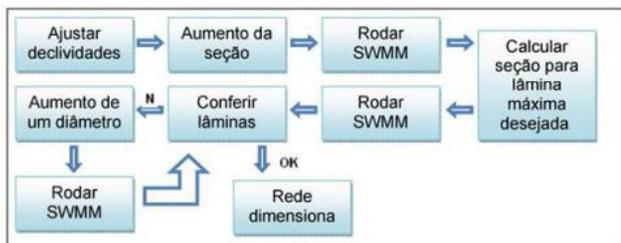


FIGURA 2. Processo de dimensionamento no UFC8. Fonte: Bezerral e Castro [5].

O software SWMM foi desenvolvido pela EPA (Environmental Protection Agency), e desde então sofreu diversas atualizações. É um modelo dinâmico de chuva-vazão que simula a quantidade e a qualidade do escoamento superficial, especialmente em áreas urbanas; podendo ser em um único evento chuvoso, bem como uma simulação contínua de longo prazo [7]. Segundo Lima [8], o SWMM

é um modelo abrangente e detalhado para simular eventos através de tubulações e estruturas de armazenamento, além de apresentar considerável resolução espacial e temporal, podendo ser utilizado para períodos longos de simulação.

Atualmente, um dos maiores problemas enfrentados pelas instituições de ensino superior é a falta de recursos. A modelagem computacional vem sendo utilizada para simular eventos que não podem ser experimentados em modelos físicos laboratoriais, devido à inexistência de equipamentos específicos que realizem com precisão tais investigações. Além disso, refletindo sobre as condições de isolamento social, devido à pandemia do COVID-19, onde nos anos de 2020 e 2021 as atividades das instituições de ensino ocorreram de maneira remota, há necessidade emergente de desenvolver atividades para que os alunos possam aprimorar o seu aprendizado, sem o uso da infraestrutura do Campus. A utilização de modelagem computacional aplicada em drenagem pluvial urbana pode desempenhar um papel de aprimoramento dos conhecimentos, possibilitando que o conteúdo possa ser visualizado de maneira mais clara e objetiva.

Este estudo tem por objetivo explorar ferramentas e modelos computacionais de modo a avaliar os benefícios do uso dos softwares como suporte ao aprendizado dos estudantes de engenharia civil na área de hidráulica, com foco ao dimensionamento de redes de drenagem urbana.

II. DESENVOLVIMENTO

Como objetivo de avaliar o uso dos softwares como auxiliares para o aprendizado de hidráulica, especificamente no caso de drenagem urbana para o curso de graduação em Engenharia Civil, foi proposto para duas turmas da engenharia do 3º ano, em 2020 e 2021, a realização de atividades com o uso dos softwares, e posterior acompanhamento da evolução dos mesmos com o uso de questionários de auto-avaliação. Para a realização das atividades, elaborou-se um manual de uso e instalação dos modelos computacionais, a partir de revisão de literatura, pesquisando em manuais e vídeos realizados pelos fabricantes ou por profissionais que manipulam esses softwares.

Esse estudo foi realizado ao longo de dois anos letivos. O primeiro grupo de estudantes participantes era formado por 20 estudantes da turma de Engenharia Civil, que cursavam a disciplina de Obras hidráulicas no 1º Semestre de 2020. E o segundo grupo tinha 24 alunos que cursavam a mesma disciplina no 1º Semestre de 2021.

Foi aplicado aos alunos, primeiramente, um questionário inicial, em plataforma digital, com questões objetivas e escala linear, afim de autoavaliar as suas dificuldades para o entendimento conceitual e aplicação no dimensionamento, seu nível de aptidão e as dificuldades na visualização de elementos pertencentes aos projetos de rede drenagem. Após responderem o formulário inicial, os estudantes tiveram acesso aos arquivos da atividade e ao manual de uso dos softwares.

III. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A atividade propunha o dimensionamento de uma rede de drenagem para um loteamento, composto por 5 quadras. Os estudantes da primeira turma foram divididos em 7 grupos de trabalho (GTs) para a realização do exercício. Como nem todos os estudantes tinham acesso a computadores com capacidade de armazenamento para a instalação dos softwares foi previsto que, no mínimo, um estudante de cada grupo realizasse a instalação dos softwares em seus computadores pessoais, visto que nesse período as aulas estavam remotas em decorrência da pandemia. Os estudantes da segunda turma formaram 6 GTs, com 4 participantes em cada. Foram elaborados e disponibilizados para cada grupo dois arquivos com extensão (dwg), um com as curvas de nível e outro com a planta de arruamento, de regiões fictícias, diferentes para cada grupo.

O formulário final, questionário aplicado após a execução da atividade pelos alunos, visava medir o quanto a ferramenta computacional auxiliou na aprendizagem, por meio de questões objetivas, escala linear e relato da experiência pessoal dos estudantes. A avaliação do método consistiu em analisar as respostas obtidas pelos questionários, comparativamente.

O prazo para a execução das atividades diferenciou-se para os dois grupos. Isso porque, a execução da atividade dependia da instalação dos softwares pela maior parte da turma, para em seguida enviar as solicitações de senhas de acesso ao software UFC8 a partir do número do usuário de cada aluno. Para a turma 1 o prazo foi de 25 dias, enquanto para a turma 2, foi de 32 dias. Outra razão para extensão do prazo para a turma 2 foi a maior quantidade de alunos, e portanto, de dúvidas e questionamentos por parte dos estudantes sobre o uso do software.

No formulário final, os estudantes puderam autoavaliar seus rendimentos com o uso do software, como objetivo de expressar em seu nível de satisfação com o desempenho que obtiveram na execução da atividade. Considerando, o valor 1 para se considerar como insatisfeito e 5 como extremamente satisfeito, na primeira turma a média obtida pelas respostas foi de 4,0, enquanto na turma 2, foi de 3,5. Durante a realização do estudo com a turma 2, foi demandado mais tempo para a realização das atividades por parte dos alunos e maior tempo também para supervisão e tutoria sobre o uso, pois devido a pequenos erros na execução das etapas, foi necessário um tempo maior para a verificação dos possíveis erros e ajustes.

Na turma 1, 4 estudantes não completaram a atividade, e assim, não responderam o formulário final. Ambos os formulários apresentavam uma questão semelhante, em que os estudantes faziam uma autoavaliação da sua aptidão para realizar um dimensionamento de rede de drenagem urbana. As figuras 3 e 4 apresentam as respostas dos estudantes antes da atividade com os softwares e após o uso dos mesmos, respectivamente.

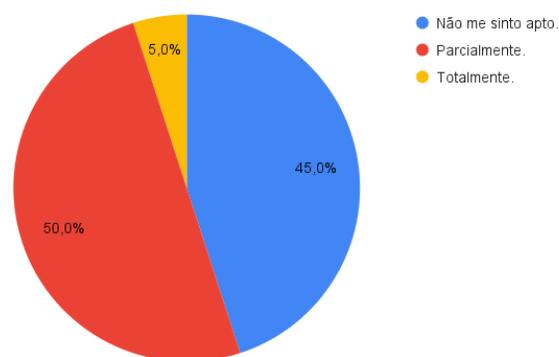


FIGURA 3. Resposta dos estudantes da turma 1 para a pergunta “Você se sente apto a realizar projetos de rede de drenagem urbana?” do formulário inicial. Fonte: Autores.

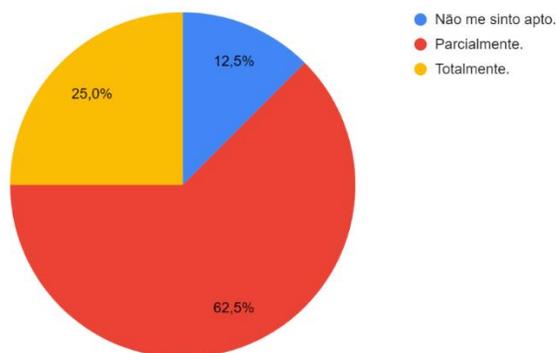


FIGURA 4. Resposta dos estudantes da turma 1 para a pergunta “Você se sente apto a realizar projetos de rede de drenagem urbana?” do formulário final. Fonte: Autores.

Antes da proposição do uso do software, 45% dos alunos sentiam-se inaptos a realizarem um dimensionamento de rede de drenagem urbana, enquanto após a apresentação do software e realização das atividades a quantidade de alunos que não se sentiam aptos caiu para 12,5%. As Figuras 5 e 6 apresentam as respostas obtidas pelos formulários aplicados para a turma 2 referentes às mesmas perguntas.

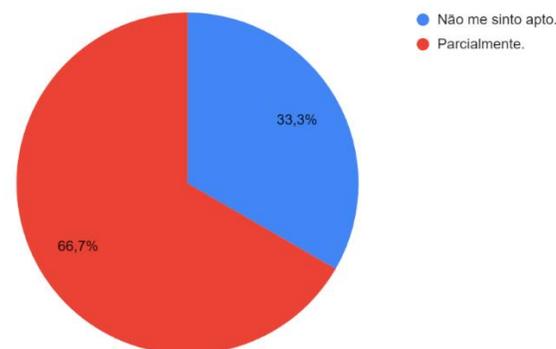


FIGURA 5. Resposta dos estudantes da turma 2 para a pergunta “Você se sente apto a realizar projetos de rede de drenagem urbana?” do formulário inicial. Fonte: Autores.

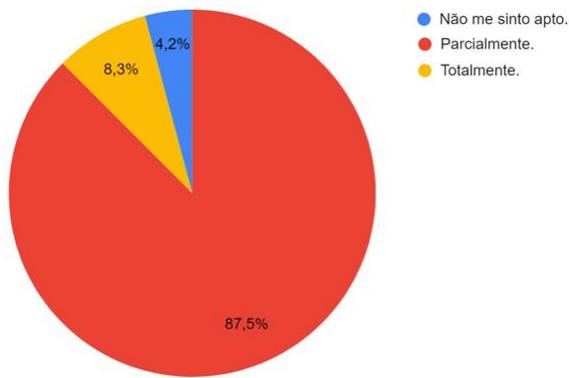


FIGURA 6. Resposta dos estudantes da turma 2 para a pergunta “Você se sente apto a realizar projetos de rede de drenagem urbana?” Do formulário final. Fonte: Autores.

Diferenciando-se da primeira turma, a turma 2 realizou o dimensionamento da rede com o uso do software logo após a apresentação dos conceitos teóricos e execução de exercícios, onde dimensionaram a rede de maneira isolada para cada elemento, sarjetas, bocas de lobo e galerias.

Enquanto a turma 1, após a explanação da teoria e execução dos exercícios, realizou o dimensionamento de uma rede completa sem o uso dos softwares, logo, a turma 1 teve um contato mais próximo com o dimensionamento realizado pelo software do que a turma 2, que realizou o dimensionamento completo de uma rede considerando dados reais apenas depois do uso dos softwares. Isso ocorreu devido à falta de tempo maior para realizar mais atividades em aula, devido aos percalços da pandemia. Por isso, nenhum dos estudantes da turma 2 se sentia inapto para a realização do dimensionamento, enquanto após as dúvidas e dificuldades enfrentadas, 4,2% sentiram-se inaptos, pois aí perceberam que havia um grau de complexidade maior do que o esperado inicialmente. O fato que também pode ter influenciado é a impossibilidade de alguns alunos realizarem o procedimento com o software, por não terem computador **adequado** para praticarem o uso do modelo computacional.

No formulário final, aplicados para as duas turmas, quando questionados sobre o auxílio do software no processo de visualização e dimensionamento dos elementos que compõem a drenagem urbana, em escala linear, de extrema relevância para irrelevante, 62,5 % dos alunos consideraram como sendo de extrema importância para o aprendizado (Figura 7).

Portanto, verificou-se que o uso do software foi relevante quando utilizado como subsídio à aprendizagem, pois contribuiu positivamente no processo de compreensão dos elementos para o dimensionamento.

Quanto às experiências pessoais com o uso dos softwares destacam-se relatos sobre as dificuldades encontradas no dimensionamento, geradas por pequenos erros no uso do software, que não possuiu ma interface para a indicação do erro. Quando os estudantes cometiam erros

quanto à disposição das sarjetas, execução das bacias de contribuição, definição dos exutórios, entre outros.

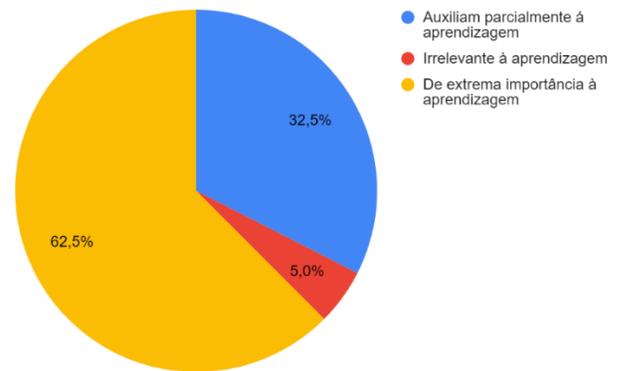


FIGURA 7. Resposta dos estudantes para a pergunta: “Na sua opinião, o uso de ferramentas computacionais auxilia no aprendizado teórico?” do formulário final. Fonte: Autores.

Não era possível detectar os erros com facilidade, pois as indicações dos erros só eram geradas no final da simulação, por meio da indicação da impossibilidade de dimensionar as galerias. Como diversas etapas do projeto já haviam sido feitas, dificultava-se a identificação dos erros. No entanto, essa dificuldade era maior pelo fato do trabalho estar sendo realizado de forma remota, com tutor realizando o acompanhamento, mesmo que síncrono, de forma EaD.

IV. CONCLUSÃO

Com análise dos dados obtidos pelas respostas dos estudantes nos questionários, tem-se que o uso dos softwares é benéfico para a aprendizagem, auxiliando o aluno no dimensionamento e na visualização dos elementos, facilitando o processo de aprendizagem e colaborando com o aprimoramento do conteúdo teórico. O uso de softwares pode estabelecer uma aproximação entre a teoria e a prática, fazendo-se deles um instrumento eficaz no processo de ensino-aprendizagem. Observou-se que o grau de insatisfação de alguns alunos referiu-se à falta da possibilidade dos mesmos em utilizar o programa computacional nas suas próprias máquinas, tendo apenas acompanhado o que foi simulado pelos colegas do seu GT, uma vez que o estudo foi realizado em ensino remoto devido à ocorrência da pandemia.

AGRADECIMENTOS

Esse trabalho foi desenvolvido pelo programa de Projeto Voluntário de Iniciação Científica e Tecnológica do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de São Paulo (PIVICT).

REFERÊNCIAS

- [1] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE
IBGE, *Censo demográfico*, (2010).
- [2] Tucci, C. E. M., *Águas urbanas*, Estudos Avançados, São Paulo **22**, 63 (2008).
- [3] Tucci, C. E. M., *Gestão de Águas Pluviais Urbanas*. Ministério das Cidades – Global Water Partnership - World Bank – UNESCO (2005).
- [4] Branchier, H. S., *Contribuições dos softwares na aprendizagem de análise e cálculo de elementos estruturais*. (Trabalho de conclusão de curso) Bacharelado em Engenharia Civil da Universidade do Vale do Taquari, Lajeado, Brasil (2017).
- [5] Bezerral, A. A. and Castro, M. A. H., *Software para elaboração de projetos de drenagem urbana envolvendo AUTOCAD e SWMM*. In: XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Campo Grande, MS, Brasil (2009).
- [6] Coelho, M. M. N., *Aplicação e análise das técnicas tradicionais de drenagem urbana com modelagem computacional nos softwares UFC8 e SWMM*. (Trabalho de conclusão de curso) Bacharelado em Engenharia Civil da Universidade Federal do Cariri, Juazeiro do Norte, Brasil (2017).
- [7] Rossman, L., *Stormwater Management Model - User's Manual*, (US EPA Office of Research and Development, EPA: Washington, DC, USA **5** /2015).
- [8] Lima, R. R. M. L., *Estudo de manejo de águas pluviais urbanas na cidade Natal, Rio Grande do Norte*. (Dissertação de Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil (2011)..