

XXIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS DE MODELAGEM HIDROSEDIMENTOLÓGICA NA AVALIAÇÃO DE CENÁRIOS DE ALTERAÇÕES ANTRÓPICAS NA BACIA DE CONTRIBUIÇÃO PARA O MANANCIAL DE CHAPÉU D'UVAS

*George de Cassia Mendes¹; Thais Therezinha Rezende de Melo² & Celso Bandeira de Melo
Ribeiro³*

RESUMO – As intervenções antrópicas estão presentes em diversos meios, e são cada vez mais frequentes. Atualmente, mensurar os impactos dessas intervenções é de extrema importância para a gestão dos recursos naturais e, assim poder realizar um planejamento preventivo para indicar situações futuras potencialmente prejudiciais, a fim de evitá-las ou corrigi-las. Com isso, o uso da tecnologia cresce e é aprimorada, tornando os estudos mais dinâmicos e precisos. O software SWAT+ é uma das ferramentas utilizadas, que através da modelagem computacional de bacias hidrográficas, tem se destacado na observação de tendências e análises de parâmetros hidrossedimentológicos. Neste trabalho, o software foi utilizado para modelar a bacia da Represa Chapéu D'Uvas, situada no rio Paraibuna, afluente da margem esquerda do rio Paraíba do Sul, que possui grande importância no abastecimento de água da cidade de Juiz de Fora - MG. Para isso, foram observadas as mudanças em cenários simulados e foram correlacionadas às alterações nos dados de vazão, produção de sedimentos e nutrientes com as mudanças no uso e ocupação da terra. Deste modo foram apontadas pequenas diferenças entre as médias anuais dos parâmetros analisados. Também foi possível demonstrar o comportamento da bacia considerando futuros cenários fictícios em que se aumentasse a urbanização, fazendo com que os parâmetros analisados tivessem alterações significativas.

Palavras-Chave – modelagem computacional, uso e ocupação do solo, recursos hídricos.

ABSTRACT – Anthropogenic interventions are present in different environments, and are increasingly frequent. Currently, measuring the impacts of these interventions is extremely important for the management of natural resources and, thus, being able to carry out preventive planning to indicate potentially harmful future situations, in order to avoid or correct them. As a result, the use of technology grows and is improved, making studies more dynamic and precise. The SWAT+ software is one of the tools used, which, through computational modeling of hydrographic basins, has stood out in the observation of trends and analysis of hydrosedimentological parameters. In this work, the software was used to model the basin of the Chapéu D'Uvas Reservoir, located on the Paraibuna River, a left bank tributary of the Paraíba do Sul River, which has great importance in the water supply of the city of Juiz de Fora - MG. For this, changes in simulated scenarios were observed and were correlated to changes in flow data, sediment production and nutrients with changes in land use and occupation. Thus, small differences were pointed out between the annual averages of the analyzed parameters. It was also possible to demonstrate the behavior of the basin considering future fictitious scenarios in which urbanization would increase, causing the analyzed parameters to have significant changes.

Keywords – computational modeling, land use and occupation, water resources.

¹ Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal de Juiz de Fora, Rua José Lourenço Kelmer, s/n – São Pedro, Juiz de Fora, (32) 2102-3419 (R.210), george.mendes@engenharia.ufjf.br

² Graduanda em Engenharia Civil, Universidade Federal de Juiz de Fora, Rua José Lourenço Kelmer, s/n – São Pedro, Juiz de Fora – MG, (32) 2102-3419 (R.210), thais.melo@engenharia.ufjf.br

³ Professor do Departamento de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal de Juiz de Fora, Rua José Lourenço Kelmer, s/n – São Pedro, Juiz de Fora – MG, (32) 2102-3419 (R.210), celso.bandeira@ufjf.edu.br

INTRODUÇÃO

A barragem de Chapéu D'Uvas é um dos três mananciais de abastecimento da cidade de Juiz de Fora - MG, e é responsável pelo maior volume de água utilizado na cidade (CESAMA, 2021). Sua bacia de contribuição está localizada nos municípios de Antônio Carlos, Ewbank da Câmara e Santos Dumont, tornando a gestão de seus recursos ainda mais complexa, uma vez que se situa fora do município de Juiz de Fora.

Somado a esse agravante, tem-se o fato de existirem diversas alterações no uso do solo, provenientes de ações antrópicas ao longo do seu território, influenciando diretamente em parâmetros de qualidade e quantidade de água da mesma. Quanto às principais classes de uso e ocupação do solo na região, observa-se, principalmente a silvicultura e pecuária, além dos loteamentos construídos ao longo dos anos, que são alguns dos fatores indicados por Oliveira (2018) como aspectos que requerem atenção dos gestores da bacia devido aos riscos que trazem para a qualidade da água do reservatório.

Atualmente, algumas ferramentas representam grande potencial para esse controle e monitoramento das bacias. O SWAT (*Soil Water Assessment Tool*) é uma ferramenta de modelagem que permite, através da inserção de bases de diversas naturezas, obter dados e informações que podem ser utilizados no estudo da bacia ao longo do tempo. A partir da integração de bases de dados relativas à elevação do terreno, tipo de solo, uso e ocupação do solo e dados meteorológicos, o modelo fornece resultados para diferentes características da bacia, como por exemplo vazão, transporte de sedimentos e parâmetros de qualidade da água, dentre muitos outros.

Diversos estudos já utilizaram o modelo SWAT e demonstram a capacidade da ferramenta em simular cenários em diferentes escalas para auxiliar na compreensão da dinâmica hidrossedimentológica e auxiliar na gestão de recursos hídricos. Mesmo antes da calibração, que tem como função otimizar os parâmetros do modelo, o sistema oferece uma boa estimativa de diversos resultados (Souza *et al.*, 2009; Blainski *et al.*, 2017; Lima, *et al.*, 2021). Uma abordagem de avaliação realizada em alguns trabalhos (Galharte *et al.*, 2014; Durães *et al.*, 2011; Souza *et al.*, 2019; Perazzoli *et al.*, 2013) se baseou em comparar, de forma analítica, os resultados obtidos nas estimativas do regime hídrico e produção de sedimentos de diversos cenários históricos de cobertura da terra, sinalizando os impactos antrópicos e alterações no uso e ocupação do solo nas bacias hidrográficas e relacionando as variações com a influência que essas mudanças possam ter.

Portanto, o uso de ferramentas que auxiliem na avaliação e controle da bacia traz discussões importantes para o seu uso, principalmente, neste caso, para o abastecimento público. Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo analisar os resultados da modelagem de cenários do manancial de Chapéu D'Uvas, no período compreendido entre 1985 e 2014, observando a vazão, transporte de sedimentos, nitrogênio e fósforo, fazendo uma comparação entre estes valores e correlacionando com alterações no uso e ocupação da terra da bacia. Além disso, também foram propostos possíveis cenários em que a urbanização da bacia substituísse algumas das principais classes de uso atual, fazendo uma reflexão acerca dos impactos que haveria caso a bacia se tornasse um vetor de expansão urbana.

MATERIAIS E MÉTODOS

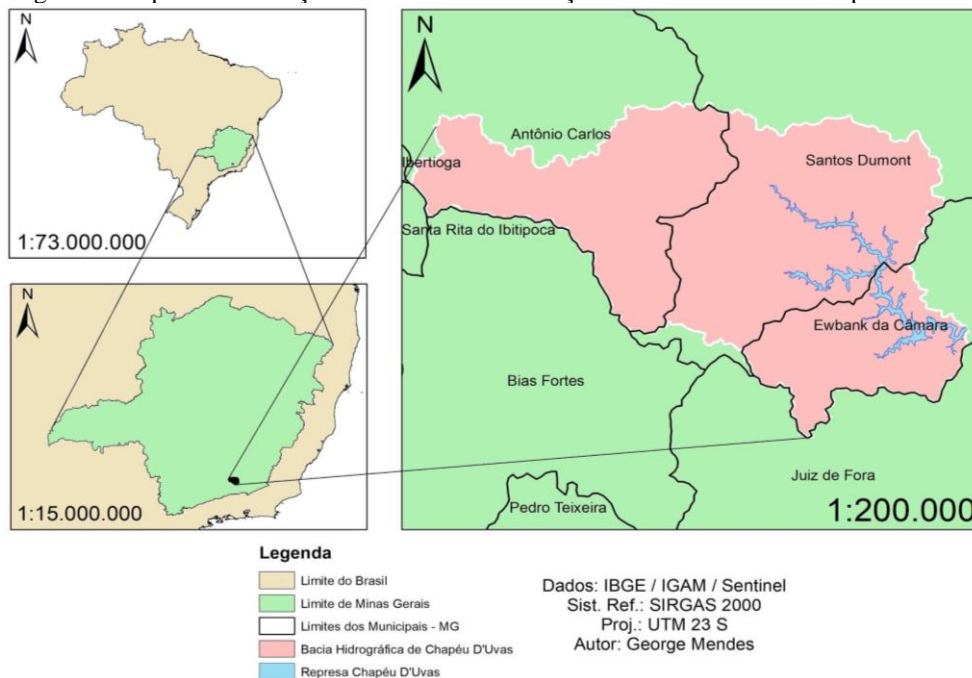
Área de Estudo

A barragem de Chapéu D'Uvas está localizada a 50,4 km da nascente do Rio Paraibuna e tem a capacidade de armazenar até 151 milhões de metros cúbicos de água (140 milhões m³ de volume máximo acumulado + 11 milhões m³ para amortecimento de cheias), sendo a área de espelho d'água do represamento distribuída entre os municípios de Ewbank da Câmara e Santos Dumont. Uma construção que se deu início nos anos 50, mas só foi finalizada quase 40 anos depois, tendo sua inauguração em 1994 (Machado, 2012). Embora tenha sido criada com o objetivo de amortizar as cheias que atingiam a cidade de Juiz de Fora no século passado, atualmente também é responsável

pelos abastecimento de aproximadamente 40% da cidade de Juiz de Fora, se tornando de grande importância para a região (CESAMA, 2021).

Sua bacia de contribuição está contida em 3 municípios (Figura 1), tendo uma área total de aproximadamente 313 km², que se divide pelos territórios de Ewbank da Câmara com 20,7% desta área, Antônio Carlos com 35,3% e Santos Dumont com 44% (Machado, 2012).

Figura 1: Mapa de localização da bacia de contribuição do reservatório de Chapéu D'Uvas.



Os solos predominantes da bacia hidrográfica da represa de Chapéu D'Uvas (BHRCD) são os latossolos (85% da área da bacia) e cambissolos (15% da área da bacia), de acordo com o levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos da bacia do rio Doce (Escala 1:500.000), realizado pelo departamento de solos da Universidade Federal de Viçosa em 2010 (UFV/CETEC/UFLA/FEAM, 2010).

O clima da região é classificado em *cwb* conforme classificação climática de Köppen-Geiger, refinada por Alvares *et al.* (2013) para o Brasil, sendo caracterizado como subtropical úmido com inverno seco e verão temperado, com temperatura média anual de 18,2 °C, com mínima de 14,5 °C em julho e máxima de 21,0 °C em fevereiro. A média anual da precipitação é de 1577 mm, com o mês mais seco possuindo precipitação inferior à décima parte da precipitação do mês mais chuvoso.

SWAT+

O *Soil and Water Assessment Tool* (SWAT+) é uma ferramenta desenvolvida pelo *Agricultural Research Service* e pela *Texas A&M University* e utiliza da interação de bancos de dados fornecidos pelo usuário para gerar modelos e dados para parâmetros escolhidos. O modelo possibilita prever efeitos futuros na área estudada, devido a mudanças e ações na bacia (Souza *et al.*, 2009).

O modelo é baseado nas características físicas da bacia, cruzando os dados inseridos e as suas respectivas análises, resultando na modelagem da bacia, previsões de tendências e dados numéricos organizados em tabelas, de acordo com as opções disponíveis e escolhidas para análise.

Dados Utilizados

Para a modelagem de uma bacia hidrográfica, inicialmente é necessário inserir um modelo digital de elevação, mapa de tipo de solo e de uso e ocupação, bem como suas respectivas *lookup*

tables, estas últimas responsáveis por converter valores numéricos dos mapas de tipo de solo e de uso e ocupação em códigos lidos pelo SWAT, podendo ser preparadas pelo usuário ou predefinidas para mapas globais. Em seguida, foram inseridos dados meteorológicos diários obtidos pelo Climate Forecast System Reanalysis (CFSR), tendo informações de velocidade do vento, umidade relativa, temperatura máxima e mínima, radiação solar e precipitação. A partir da combinação de todos esses dados, foram rodados os modelos e fornecidas tabelas com valores de diversos parâmetros, como transporte de sedimentos, vazão, produção de nutrientes, evapotranspiração, dentre outros.

Neste projeto foram utilizadas como bases de dados fixas: (i) o modelo digital de elevação “ALOS World 3D - 30m (AW3D30)”, disponibilizado pela Agência de Exploração Aeroespacial do Japão (JAXA)(área utilizada de código S022W044); (ii) os dados de clima “Global Weather Data for SWAT”, retirados do site <https://globalweather.tamu.edu/>; (iii) o mapa de tipo de solos (UFV/CETEC/UFLA/FEAM, 2010), da plataforma IDE-Sisema. E foram realizadas simulações considerando 5 cenários do mapa de uso e ocupação do solo, referentes aos dados do Mapbiomas Brasil - Coleção 5 (Mata Atlântica).

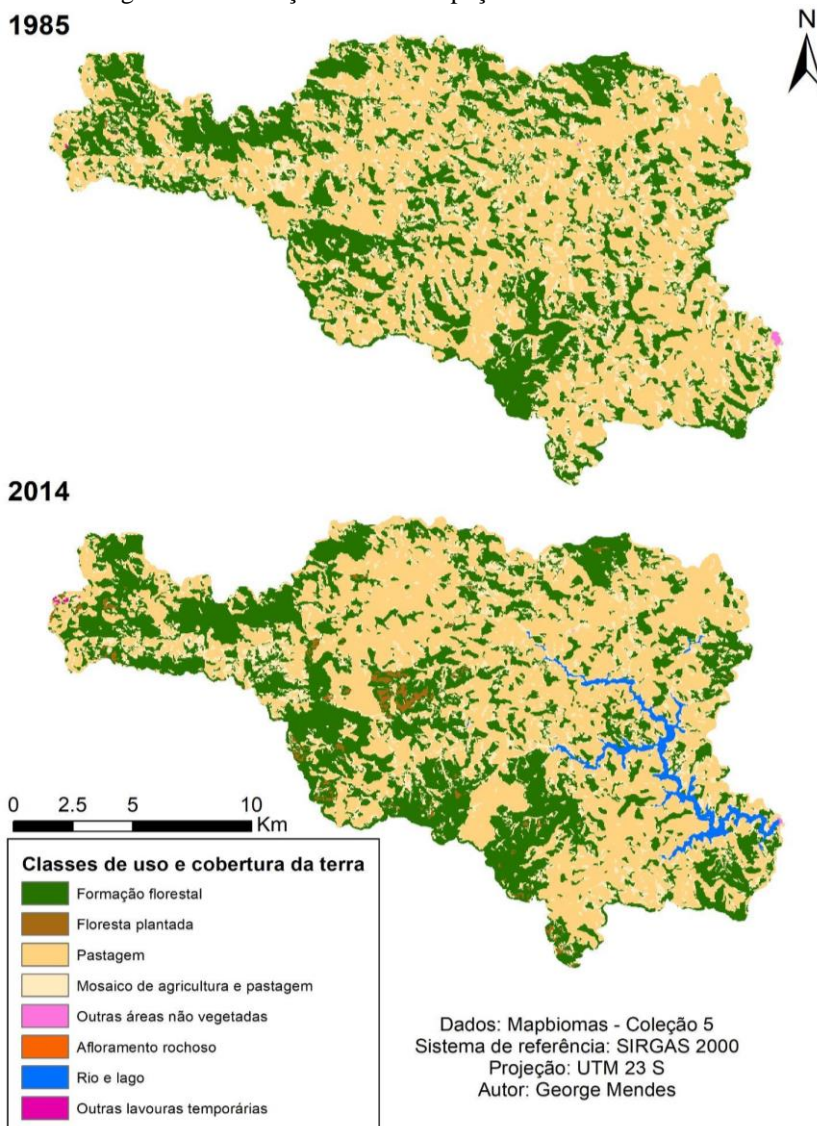
A partir dos dados inseridos no projeto, o software realiza a simulação e nesse projeto foram realizadas cinco simulações diferentes, alterando o mapa de uso e ocupação do solo, observando o impacto da mudança ao longo dos anos na bacia hidrográfica em questão, fazendo uma relação entre as simulações com o objetivo de encontrar percentuais de alteração desses valores que pudessem ser correlacionados com as transformações ocorridas na ocupação do solo da bacia de estudo.

Métodos

O primeiro passo para a modelagem é inserir o modelo digital de elevação que foi marcado com a rede de drenagem da bacia (retirada também da plataforma IDE-Sisema), gerando as sub bacias e trechos de canais a serem analisados ao longo de todo o projeto. Em seguida, são utilizados os mapas de uso e ocupação do solo, tipos de solos, com suas respectivas tabelas de dados, além das tabelas ‘urban’ e ‘plant’ (outras *lookup tables* necessárias), gerando nessa etapa as respostas de unidade hidrológica (HRU’s), por trecho de canal. Por fim, passa-se para o programa SWAT *Editor*, onde serão listados os dados climáticos mundiais, com atenção para a área estudada para então rodar o projeto, gerando os dados em tabelas em formato SQLite e simulações em vídeo. O período de tempo escolhido para a simulação é o mesmo nos cinco cenários: julho de 1983 até julho de 2014, com 1 ano de aquecimento, gerando valores que poderão ser incorporados em uma média anual de 30 anos de dados.

Os dois primeiros cenários (figura 2) que serão rodados utilizam os dados de uso e ocupação mais antigos disponibilizados na plataforma do Mapbiomas, que são do ano de 1985 e os dados de uso e ocupação do solo de 2014, que é o ano mais recente que se tem acesso a dados de clima do “Global Weather Data for SWAT” para a realização da simulação. Diferentemente, as últimas três simulações que serão feitas serão baseadas no mapa de uso e ocupação do solo do ano de 2014 com alteração das classes “Formação florestal”, “Pastagem” e “Mosaico de agricultura e pastagem” pela classe “Baixa densidade residencial”, com o intuito de predizer o impacto que traria na dinâmica da bacia a expansão urbana, uma vez que já existe um certo interesse da sociedade de utilizar a bacia para a expansão imobiliária. Foi utilizada a classe de urbanização de baixa densidade, visto que é bem característico dos tipos de empreendimentos já existentes na bacia, que são compostos por loteamentos com residências distribuídas na área.

Figura 2 - Mudança no uso e ocupação do solo na BHRCD.



Após as simulações, passa-se para a análise dos resultados obtidos e estudos das projeções, os dados são entregues no formato SQLite e podem ser lidos e editados através de programas como o SQLiteStudio, e servem de base para reflexões acerca de mudanças na bacia, previsões de tendências futuras e diagnósticos de possíveis problemas, bem como traçar planos de ações para os mesmos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Cobertura da terra da bacia hidrográfica

Os mapas de uso e ocupação do solo utilizados nas simulações são obtidos na plataforma MapBiomas e são produzidos a partir da classificação pixel a pixel de imagens da série de satélites Landsat, sendo que a coleção 5 do Mapbiomas utilizada na pesquisa tem acurácia global de no mínimo 87,7% (MAPBIOMAS, 2021). Portanto, a qualidade dos produtos para avaliação do uso e ocupação do solo é boa e a partir destas foi possível mostrar a evolução histórica do uso e ocupação do solo na BHRCD que é apresentada na tabela 1.

Tabela 1 - Proporção das classes de uso e ocupação do solo da BHRCD nos anos de 1985 e 2014 e a diferença entre elas.

Classes de uso e ocupação do solo	Área (%)		Diferença (%) (2014 – 1985)
	1985	2014	
Pastagem	46,63	46,17	-0,46
Formação florestal	34,62	36,57	+1,95
Mosaico de agricultura e pastagem	18,66	14,07	-4,59
Rios e lagos	0,00	2,08	+2,08
Floresta plantada	0,01	1,06	+1,05
Outras lavouras temporárias	0,01	0,03	+0,02
Outras áreas não vegetadas	0,07	0,01	-0,06

Avaliando as alterações percentuais das classes de uso e ocupação do solo na bacia, podemos perceber que durante o período de tempo considerado no estudo, houve poucas alterações no uso e ocupação do solo, se destacando principalmente o decréscimo de área ocupada pelas classes relativas à agropecuária (pastagem e mosaico de agricultura e pastagem) e o aumento nas duas classes de floresta (formação florestal e floresta plantada). O aumento da classe floresta plantada (silvicultura) é apontado no estudo de Oliveira (2018) como a maior alteração do uso e cobertura da terra entre os anos de 2010 e 2016 na bacia de acordo com sua pesquisa, que nos aponta uma tendência recente de substituição da agropecuária pela silvicultura, principalmente de eucalipto.

É possível notar o acréscimo de área ocupada pela classe de rios e lagos que pode ser explicada pela formação da represa de Chapéu D’Uvas que aconteceu a partir de 1995, quando as comportas da barragem foram fechadas. Ainda que essa alteração do uso e ocupação do solo para a classe de rios e lagos represente mais de 2% da bacia, segundo estudo de Frauches *et al.* (2020), a formação do reservatório de Chapéu D’Uvas não influenciou no regime de chuvas local, tanto na quantidade de dias com chuva, quanto nos totais pluviométricos mensais.

A partir da simulação dos cinco cenários, foram realizadas 4 análises entre eles: (i) Foram comparados os cenários “1985” e “2014” que representam as alterações reais que aconteceram na bacia entre esse período; (ii) Foi proposto a substituição da classe “Formação florestal” pela classe “Baixa densidade residencial” no mapa de uso e ocupação do solo de 2014, sendo nomeado cenário “2014 MOD 1” que foi comparado com o cenário real “2014”; (iii) Da mesma forma foi substituída a classe “Pastagem” pela classe “Baixa densidade residencial” no mapa de uso e ocupação do solo de 2014, sendo nomeado cenário “2014 MOD 2” que foi comparado com o cenário real “2014”; (iv) Por fim o mesmo aconteceu, substituindo a classe “Mosaico de agricultura e pastagem” pela classe “Baixa densidade residencial”, fazendo assim a comparação do cenário real “2014” com o cenário nomeado “2014 MOD 3”. A tabela 2 logo abaixo nos traz a diferença percentual entre os valores das médias anuais dos parâmetros de vazão de saída, transporte de sedimentos e nutrientes, como Nitrogênio orgânico e Fósforo orgânico.

Tabela 2 - Diferença percentual entre os valores médios anuais dos parâmetros simulados nos cenários propostos.

Cenários comparados	Diferença entre as médias anuais dos parâmetros (%)			
	Vazão	Sedimentos	Nitrogênio	Fósforo
1985 – 2014	-0,01	+0,01	-2,16	-2,19
2014 – 2014 MOD 1	+17,12	-1,59	+39,26	+44,18
2014 – 2014 MOD 2	+23,06	-1,60	+77,80	+82,60
2014 – 2014 MOD 3	+6,10	-0,70	+21,40	+22,38

É importante destacar que os valores encontrados nas simulações dos cenários de “1985” e “2014” foram muito semelhantes, havendo pequenas diferenças percentuais entre eles e isso se deve às pequenas transformações ocorridas entre os dados de uso e ocupação do solo dos 2 cenários analisados, demonstrando que a bacia hidrográfica é pouco impactada de acordo com esta análise.

Porém quando se analisa os cenários hipotéticos criados neste trabalho, percebemos a capacidade de influência na dinâmica da bacia ocasionada pela inserção da classe de baixa densidade residencial, como podemos ver nas figuras 3, 4 e 5, por exemplo.

Figura 3 – Comparação entre as médias anuais de vazão de saída da BHRCD para os cenários propostos.

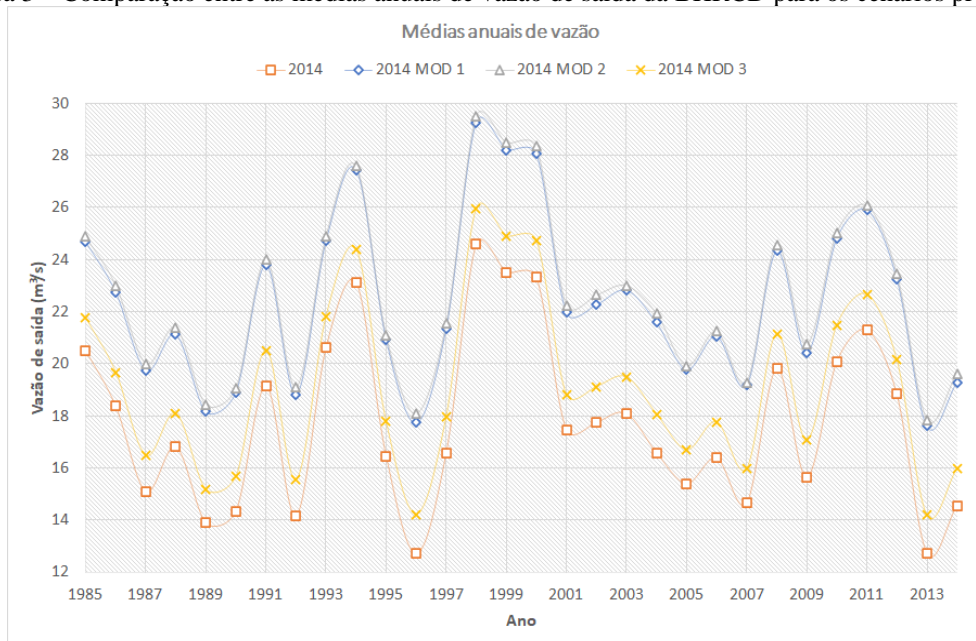


Figura 4 – Comparação entre as médias anuais de transporte de sedimentos da BHRCD para os cenários propostos.

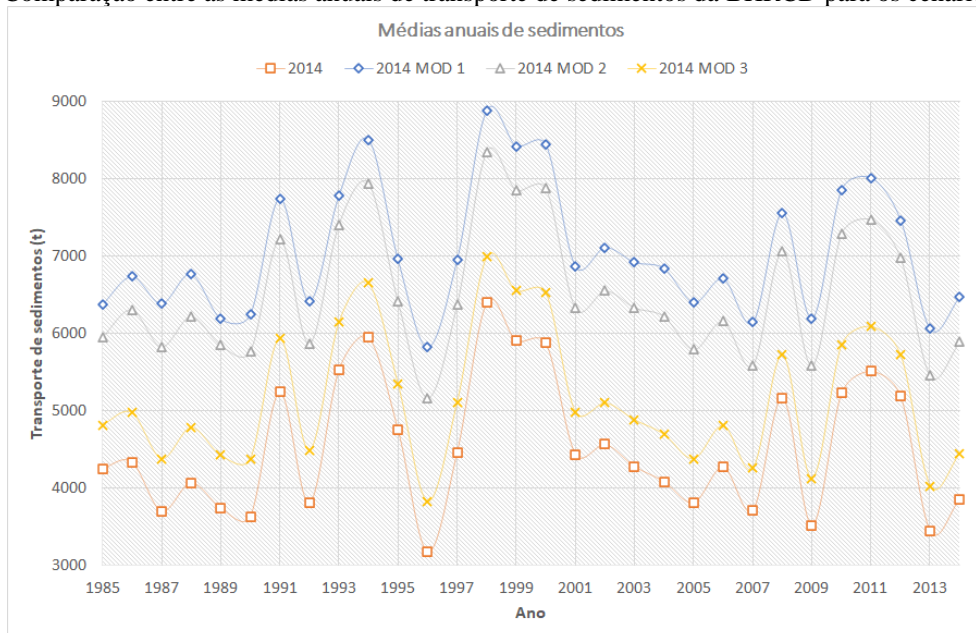
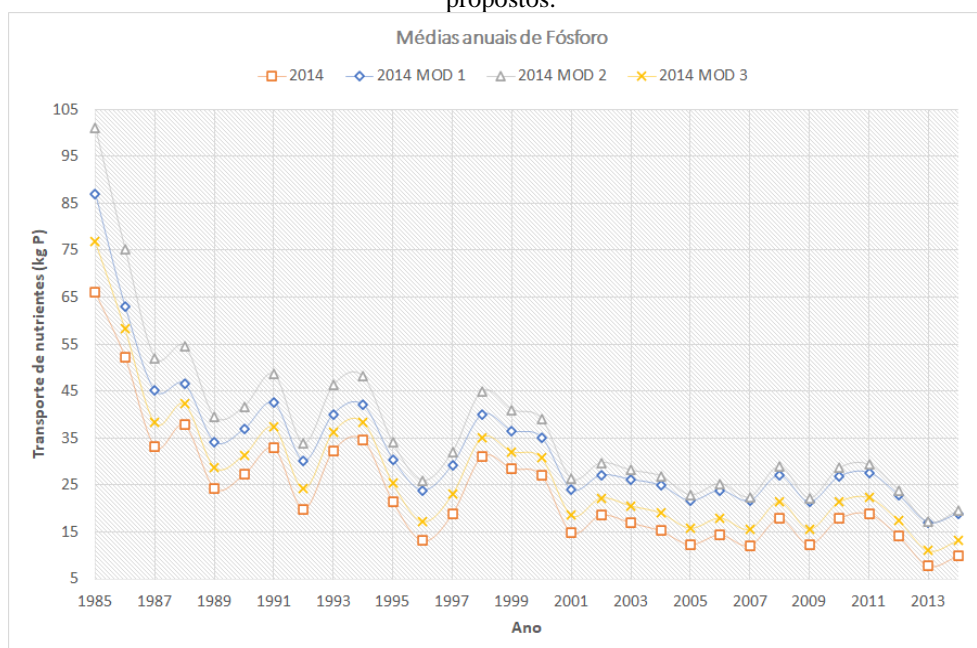


Figura 5 – Comparação entre as médias anuais de produção de nutrientes (fósforo) da BHRCD para os cenários propostos.



O aumento de concentração urbana pode gerar diversos problemas no ambiente: a degradação ambiental dos mananciais, aumento da poluição das áreas de abastecimento, contaminações causadas pelo esgoto gerado, aumento das enchentes urbanas e insuficiência de coleta e disposição do lixo, conforme apontado por Pellizaro *et al.* (2008). Sabendo que a compactação do solo e alterações topográficas modificam a superfície e impactam fortemente na cobertura vegetal da área, tendo como possíveis consequências a alteração dos valores de vazão e podendo causar mudanças nos parâmetros de qualidade da água. O que pode explicar as alterações que ocorreram ao substituir classes originais como “pastagem” e “formação florestal” por uma classe residencial de baixa densidade que acarretou em acréscimos significativos nas médias anuais de vazão e principalmente nas médias anuais de produção de nutrientes.

Os estudos realizados a partir da modelagem em questão dos cenários fictícios mostram que ao inserir as áreas de urbanização no lugar das classes originais, as diferenças entre as produções de nutrientes na região são diretamente proporcionais as áreas que as classes originais ocupam. Esse aumento das médias anuais dos parâmetros de Nitrogênio e Fósforo pode ser explicado pelo esgotamento sanitário que provem da inserção de residências nestas áreas.

É possível observar um decréscimo no transporte de sedimentos e um aumento na média anual de vazão, causados pela impermeabilização de grandes áreas, sendo maior à medida que se aumenta as áreas de solo impermeáveis.

CONCLUSÃO

A aplicação do modelo SWAT+ na BHRCD é importante para que seja possível compreender a dinâmica hidrossedimentológica local, nos dando estimativas de quais sub bacias contribuem mais ou menos para o reservatório, quais sub bacias estão mais impactadas e requerem mais atenção na gestão.

Mesmo que esta avaliação inicial das alterações na bacia tenha apontado baixos impactos entre os dois cenários reais considerados, é necessário que seja levado em consideração outras informações não produzidas por esse estudo que alertam para a fragilidade e vulnerabilidade da bacia às ações antrópicas. Na pesquisa de Machado (2012) é apontada a grande predisposição à ação de processos

erosivos superficiais na bacia devido à alteração da cobertura do solo, que por sua vez impacta diretamente na produção de sedimentos e nutrientes, qualidade da água do reservatório e capacidade de armazenamento de água do mesmo.

A problemática a respeito da moradia com qualidade e dignidade é uma questão que precisa ser amplamente discutida, por isso, existe a grande necessidade de políticas públicas, apoiadas por estudos em todas as áreas afetadas pela urbanização, sendo fundamental o gerenciamento baseado nos fundamentos que equilibrem o melhor cenário possível, não só para a população que habitará a área do manancial, mas todos os demais que são abastecidos pelo mesmo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Federal de Juiz de Fora, em particular à Pró-Reitoria de Pós Graduação e Pesquisa, pelo apoio e financiamento do projeto de pesquisa que resultou neste trabalho.

REFERÊNCIAS

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. (2013). “*Köppen’s climate classification map for Brazil*”. Meteorologische Zeitschrift, v. 22, n. 6, pp. 711-728.

BLAINSKI, E.; ACOSTA E.; NOGUEIRA P.C.P. (2017). “*Calibração e validação do modelo SWAT para simulação hidrológica em uma bacia hidrográfica do litoral norte catarinense*”. Revista Ambiente & Água, v. 12, n. 2, pp. 226-237.

CESAMA. “*Barragem Chapéu D’Uvas*”. Disponível em: <http://www.cesama.com.br/mananciais/barragem-de-chapeu-d-uvras-2>. Acesso em: maio 2021.

DURÃES, M.F.; MELLO, C.R.; NAGHETTINI, M. (2011). “*Applicability of the SWAT model for hydrologic simulation in Paraopeba river basin, MG*”. Cerne, Lavras, v. 17, n. 4, pp. 481-488.

FRAUCHES, M.S.; OLIVEIRA, T.A.; SANCHES, F.O.; FERREIRA, C.C.M. (2020). “*Chapéu D’Uvas: Um estudo sobre as chuvas locais em reservatórios em Minas Gerais*”. Revista Brasileira de Climatologia v. 27.

GALHARTE, C.A.; VILLELA, J.M.; CRESTANA, S. (2014). “*Estimativa da produção de sedimentos em função da mudança de uso e cobertura do solo*”. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 18, n. 2, pp. 194-201.

LIMA, J.S.; NUNES, D.D.; CHECCHIA, T.E. (2021). “*Aplicação do modelo SWAT como ferramenta para análises hidrossedimentológicas na bacia hidrográfica do Rio Mutum Paraná – Rondônia*”. Geosul, Florianópolis, v. 36, n. 78, pp. 434-453.

MACHADO, P. J. O. (2012). “*Diagnóstico ambiental e ordenamento territorial: instrumentos para a gestão da bacia de contribuição da represa de Chapéu D’Uvas/MG*”. Tese (Doutorado) - Programa de Pós Graduação em Geografia. Universidade Federal Fluminense, Niterói.

MAPBIOMAS. (2020). “*Metodologia ATBD*”. Disponível em: <https://mapbiomas.org/atbd---entenda-cada-etapa>. Acesso em: maio 2021.

OLIVEIRA, M. (2018). *“Limnologia da paisagem com uso da regressão geograficamente ponderada: estudo da qualidade da água na represa de Chapéu D’Uvas, MG”*. Tese (Doutorado) - Programa de Pós Graduação em Ecologia aplicada ao manejo e conservação dos recursos naturais. Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora.

PELLIZARO, P.C.; HARDT, L.P.A.; BOLLMANN, H.A.; HARDT, C. (2008). *“Urbanização em áreas de mananciais hídricos: estudo de caso em Piraquara, Paraná”*. Cadernos Metrópole, São Paulo, v. 11, n. 22, pp. 221-243.

PERAZZOLI, M.; PINHEIRO, A.; KAUFMANN, V. (2013). *“Efeitos de cenários de uso do solo sobre o regime hídrico e produção de sedimentos na bacia do Ribeirão Concórdia - SC”*. Revista Árvore, v. 37, n. 5, pp. 859-869.

SOUZA, R.M.; SANTOS, I.; KOBIYAMA, M. (2009). *“O Modelo SWAT como ferramenta para gestão de recursos hídricos: avaliação das vazões de outorga na bacia hidrográfica do Altíssimo Rio Negro”*. XVIII Simpósio de Recursos Hídricos.

SOUZA, V.A.S.D.; ROTUNNO FILHO, O.C.; MOREIRA, D.M.; RUDKE, A.P.; SÁ, M. R. T. D. (2019). *“Dinâmica do desmatamento na Amazônia e seus impactos na hidrologia: bacia do Rio Machado - Rondônia/Brasil”*. Ciência Florestal, v. 29, n. 3, pp. 1004-1018.

UFV (Universidade Federal de Viçosa); CETEC (Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais); UFLA (Universidade Federal de Lavras); FEAM (Fundação Estadual do Meio Ambiente). (2010). *“Mapa de solos do Estado de Minas Gerais”*. Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente.