

SIMULAÇÃO DE CENÁRIOS DE USO DO SOLO PARA A BACIA DO RIBEIRÃO CONCÓRDIA – SC

Mauricio Perazzoli¹; Vander Kaufmann²; Adilson Pinheiro³

RESUMO: A ação do homem sobre o uso do solo pode produzir impactos nos processos hidrológicos terrestres como nas vazões média, máxima e mínima, transporte de sedimentos e na qualidade da água de uma bacia hidrográfica. Modelos hidrológicos que, representem de forma consistente o ciclo hidrológico, podem contribuir para o planejamento e gestão dos recursos hídricos e do uso do solo em uma bacia. O objetivo desse trabalho foi simular cenários de uso do solo para a bacia do ribeirão Concórdia e analisar os efeitos dessas mudanças na vazão e nos sedimentos. Utilizando o modelo SWAT, foram gerados 6 cenários distintos com alterações no uso do solo. A bacia está localizada no sul do Brasil e possui uma área de drenagem de 30,74 km². Na etapa de calibração, obteve-se coeficiente de eficiência Nash-Sutcliffe mensais de 0,82 para vazão e 0,83 para sedimento. A vazão média aumentou com o acréscimo da área de floresta nativa e diminuiu com o acréscimo da área de agricultura. A produção de sedimento aumentou com o acréscimo da área de agricultura e diminuiu com o acréscimo da área de reflorestamento.

ABSTRACT: The soil use can produce impacts on processes terrestrial and hydrological such as reduction or increase of the average streamflow, maximum and minimum and changes in sediment transport and water quality and river basin. Hydrological models that represent consistently the hydrological cycle can effectively contribute to the planning and management of water resources and land use in a basin. The aim of this study was to simulate different scenarios of soil use for the basin of Concórdia river and analyze the effects of these changes in streamflow and sediment. Using the SWAT model, six distinct scenarios were generated with changes in soil use. The basin is located in southern Brazil and has a drainage area of 30.74 km². In calibration, the coefficients of Nash-Sutcliffe efficiency of monthly 0.82 and 0.83 were obtained for the streamflow and sediment yield, respectively. The average streamflow increased with the increase of native forest area and decreases with the increase in area of agriculture. The sediment yield increased with increasing the area of agriculture and decreases with the addition of the reforestation area. The sediment yield increased with increasing the area of agriculture and decreases with the increase of the reforestation area.

Palavras-Chave: modelo SWAT, vazão, sedimento.

1)Mestre em Engenharia Ambiental - FURB. e-mail: mauricio.perazzoli@gmail.com

2)Doutorando Engenharia Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental IPH/UFRGS. e-mail: ambitec.amb@gmail.com

3)Doutor, professor do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Regional de Blumenau, rua São Paulo, 3250, 89030-000, Blumenau, SC. e-mail: pinheiro@furb.br

INTRODUÇÃO

A ocupação e uso do solo por distintas atividades agropecuárias podem alterar sensivelmente os processos biológicos, físicos e químicos dos sistemas naturais. A ação do homem sobre o uso do solo pode produzir impactos nos processos hidrológicos terrestres como a redução ou aumento da vazão média, máxima e mínima e alterações no transporte de sedimentos e na qualidade da água e de uma bacia hidrográfica (Merten e Minella, 2002; Tucci, 2002).

Neste contexto, Torres *et al.* (2008) destacam a importância da bacia hidrográfica como unidade de planejamento, pois sua área de contribuição tem influência no regime de produção de água e na taxa de sedimentação. Elas vêm sendo utilizada para gerenciar as atividades de uso e a conservação dos recursos naturais, sobremaneira nas situações atuais de grande pressão sobre o ambiente, em função do desenvolvimento e crescimento populacional e agrícola (Pissara *et al.*, 2004).

Segundo Santos *et al.* (2010), a modificação da paisagem vem sendo realizada, na maioria das vezes, irresponsavelmente, resultando na degradação dos mananciais, seja pela aceleração dos processos erosivos, alterações das disponibilidades hídricas ou mesmo pela contaminação por defensivos agrícolas e lançamento de efluentes urbanos e industriais. Portanto, faz-se necessário, na caracterização física de uma bacia hidrográfica, o conhecimento das diferentes classes de solo e do seu uso e manejo que, dependendo de sua posição na paisagem, os tornam mais vulneráveis aos processos erosivos, proporcionando alterações no padrão de drenagem e em todo o balanço hídrico.

Modelos hidrológicos e de qualidade da água que representem de forma consistente o ciclo hidrológico podem efetivamente contribuir para o planejamento e gestão dos recursos hídricos. Esses modelos vêm sendo desenvolvidos para entender o funcionamento do balanço hídrico, dos processos que controlam o movimento da água e dos impactos da agricultura e das mudanças do uso e ocupação do *solo sobre a quantidade e qualidade da água, sedimentos e nutrientes em uma bacia hidrográfica* (Sousa *et al.* 2010; Mercuri *et.al* ,2009)

Os modelos proporcionam custos menores e economia de tempo para analisar mudanças físicas e antrópicas em uma bacia hidrográfica. A análise da mudança de cobertura do solo, da vazão, da erosão entre outros, em uma bacia experimental levaria muito tempo e pessoal capacitado para avaliar todos os fenômenos hidrológicos envolvidos (Lubitz, 2009; Santos, 2009).

Nesse sentido a compreensão de todos esses processos é essencial para analisar a dinâmica da água e de sedimentos na bacia hidrográfica e verificar como as transformações realizadas no ambiente podem causar impactos socioeconômicos e ambientais. Esse trabalho tem como objetivo simular diferentes cenários de uso do solo para a bacia hidrográfica do ribeirão Concórdia e analisar

os efeitos dessas mudanças na produção de escoamento e sedimentos e comparar com a classificação atual de uso do solo.

METODOLOGIA

Área de Estudo

A bacia hidrográfica do ribeirão Concórdia está localizada no município de Lontras, no estado de Santa Catarina, Brasil. Trata-se de uma bacia agrícola representativa que possui uma área de drenagem de 30,74 km². Essa bacia é parte integrante da grande bacia do rio Itajaí, a maior bacia da vertente atlântica do estado.

Na bacia existe uma rede de monitoramento, figura 1, cuja implantação foi iniciada em 2006. Existem instalados na bacia: oito pluviógrafos, três estações fluviométricas (duas com sensor de nível Thalimedes OTT e uma com vertedor), um turbidímetro DTS 12 (com resolução de 0 a 3000 NTU), além de uma estação meteorológica completa. Nas estações fluviométricas são, também, coletadas amostras de sedimentos em amostradores de nível ascendente (ANA) e de nível descendente (AND). A instalação e funcionamento destes amostradores são descritos em Paranhos *et al.* (2002).

Dessa rede de monitoramento foram obtidos os dados meteorológicos e hidrológicos. Os dados relativos às características físicas e hidrológicas dos solos foram obtidos dos estudos de Teixeira (2008), que analisou o solo em 20 pontos da bacia, coletando amostras em três diferentes profundidades (0 a 20, 40 a 60 e 80 a 100 cm), em um total de 60 amostras. Deste estudo, foram utilizados os valores da massa específica aparente, teores de argila, silte e areia, condutividade hidráulica saturada e carbono orgânico. No mesmo trabalho, Teixeira (2008) também concluiu que, em relação ao grupo hidrológico, os solos da bacia podem ser enquadrados no grupo C. Outro parâmetro necessário, o albedo foi estimado através da cor do solo, determinada por comparação visual utilizando-se a carta de Munsell.

Os solos predominantes na bacia, como ser observado na figura 1, são Cambissolos, Gleissolos e Argissolos.

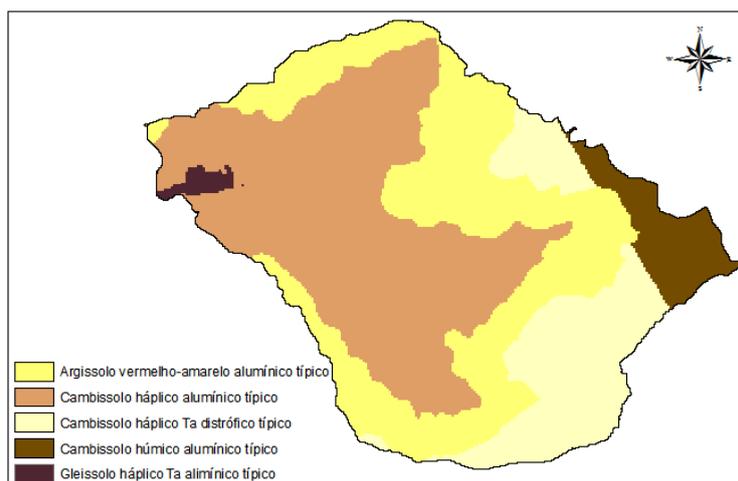


Figura 1 – Classificação do tipo de solo

A tabela 1 traz a divisão e a distribuição dos diferentes tipos de solo na bacia.

Tabela 1 – Distribuição do tipo de solo

Tipo de Solo	Área [Km ²]	Área [%]
Argissolo vermelho-amarelo aluminico típico	9,73	32,91
Cambissolo háplico aluminico típico	12,60	42,64
Cambissolo háplico Ta distrófico típico	5,16	17,44
Cambissolo húmico aluminico típico	1,80	6,09
Gleissolo háplico Ta aluminico típico	0,27	0,92

A região climática onde a bacia do Ribeirão Concórdia está localizada, de acordo com a classificação de Thornthwaite é definida como sendo clima Mesotérmico Úmido do, sem estação seca definida e com precipitações anuais entre 1600 a 1800 mm. De acordo com Köeppen, o clima é do tipo Cfa. A vegetação original da área pertence à Floresta Ombrófila Densa. O uso e ocupação do solo da bacia está representado na figura 2.

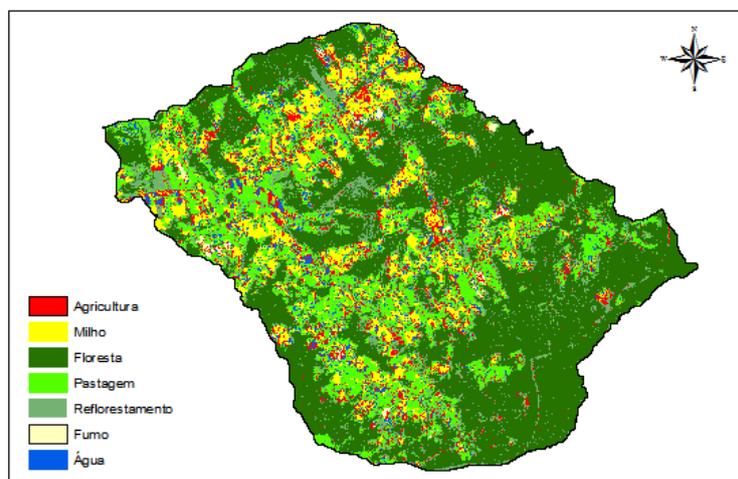


Figura 2 – Uso e ocupação do solo

O uso e ocupação do solo atual na bacia está distribuído conforme mostra a tabela 2.

Tabela 2 – Distribuição do uso do solo atual

Uso do solo	Área [Km ²]	Área [%]
Agricultura	2,11	7,15
Pastagem	5,90	19,94
Reflorestamento	3,34	11,29
Tabaco	0,18	0,60
Milho	2,91	9,83
Floresta	13,91	47,04
Água	1,22	4,15

Modelo SWAT

O SWAT (*Soil and Water Assessment Tool*) é um modelo hidrológico que permite simular diferentes processos físicos na bacia hidrográfica (evapotranspiração, infiltração, escoamento superficial, subsuperficial e subterrâneo). Com o SWAT pode-se calcular hidrogramas, sedimentogramas e obter informações espaciais através de simulação de cenários distintos (Neitsch *et al.* 2005).

Para a utilização do modelo hidrológico SWAT são necessários dados de entrada, os quais podem ser correlacionados com características físicas da bacia hidrográfica. Esses dados representam o uso e ocupação das terras, parâmetros de solo, clima, relevo e características hidrológicas da área de estudo. Os dados são inseridos com o auxílio de uma interface gráfica de software GIS (ArcView ou MapWindow), e são organizados em planos de informação cartográficos e dados tabulares. Os dados gráficos correspondem a mapas de uso do solo, mapas pedológicos, hidrografia e o modelo numérico do terreno (MNT). Os dados tabulares são os climáticos (vento, precipitação, temperatura, radiação solar, umidade relativa do ar).

Basicamente o modelo SWAT considera a bacia dividida em sub-bacias com base no relevo, solos e uso da terra, preservando assim os parâmetros espacialmente distribuídos da bacia inteira e características homogêneas dentro da bacia. Essas sub-bacias são divididas em Unidades de Resposta Hidrológica (HRU's – *Hydrological Response Units*), que representam combinações únicas de uso do solo, tipo do solo e classe de rampa. As HRU's não interagem entre si. As respostas de cada HRU (escoamento, sedimentos e nutrientes) são calculadas separadamente e então somadas para encontrar-se a carga total da sub-bacia.

Na etapa de calibração, com cenário do uso atual, o número de sub-bacias criadas foi 23 e de HRU's 877, números esses considerados satisfatórios, pois representam bem a espacialidade e a heterogeneidade da bacia hidrográfica.

O método escolhido para o cálculo da evapotranspiração potencial foi o de Priestley-Taylor (Priestley e Taylor, 1972). Esse método foi o que melhor se adaptou as condições da bacia. Ele requer dados de radiação solar, temperatura, umidade relativa do ar. É baseado na seguinte equação:

$$ETP = K_c \left(\alpha \cdot \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \cdot E_r \right) \quad (1)$$

Onde: ETP é a evapotranspiração potencial (mm/dia), E_r é a evaporação calculada pelo método do balanço de energia (mm/dia), Δ é a pressão de vapor saturado em função da temperatura (Pa/°C), γ é a constante psicrométrica (Pa/°C) e α é o parâmetro Priestley-Taylor. O valor utilizado é 1,26 que é o valor médio para diversas coberturas.

O escoamento superficial foi estimado pela equação de Curva Número (CN) do *Soil Conservation Service-SCS* (USDA-SCS, 1972), expressa:

$$Q = \frac{(P - 0,2.S)^2}{P + 0,8.S} \quad (2)$$

Onde: Q é o escoamento superficial diário (mm), P é a precipitação diária em (mm) e S é o potencial de retenção (mm). Sendo que $P > \text{ou} = 0,2 S$.

A produção de sedimentos gerados pelo escoamento superficial é estimada para cada HRU através da Equação Universal de Perda de Solo Modificada (MUSLE). Ela é dada pela seguinte expressão:

$$S = 11,8 \cdot (Q \cdot q_p \cdot A_{HRU})^{0,56} \cdot K \cdot C \cdot P \cdot LS \cdot CFRG \quad (3)$$

Onde: S é a produção de sedimentos em um dado dia (ton), Q é o volume de escoamento superficial (mm ha^{-1}), q_p é a vazão de pico ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$), A_{HRU} é a área da HRU (ha), K é o fator de erodibilidade do solo, C é o fator de manejo e cobertura do solo, P é o fator práticas conservacionistas, LS é o fator topográfico, CFRG é o fator de partículas grossas do solo.

Calibração do modelo

A calibração do modelo SWAT pode ser realizada a para: o balanço da água e escoamento, a produção de sedimentos, nutrientes e pesticidas. A calibração é um processo importante, pois os

parâmetros são ajustados sistematicamente no modelo. Neste trabalho, somente realizou-se a calibração para o escoamento (vazão) e a produção de sedimentos.

Os dados de entrada corresponderam os anos entre 2001 á 2011. Esses dados foram separados em períodos distintos. Os dados de janeiro de 2001 á dezembro de 2007 foram usados para o aquecimento do modelo. A calibração da vazão foi realizada entre janeiro de 2008 á dezembro de 2010. Para a produção de sedimentos o período reservado para a calibração foi de novembro de 2008 á maio de 2009. Para a etapa de verificação da vazão foram utilizados dados de janeiro de 2011 a dezembro de 2011.

Para avaliação do desempenho do ajuste do modelo foi utilizado o coeficiente de eficiência de Nash-Sutcliffe (COE), o qual é o método mais utilizado para avaliação da eficiência de modelos hidrológicos. Ele é obtido pela expressão:

$$COE = 1 - \frac{\sum_{t=1}^n (E_{ob} - E_{cal})^2}{\sum_t^n (E_{ob} - E_m)^2} \quad (4)$$

Onde: E_{ob} é o valor observado, E_{cal} é o valor calculado, e E_m é a média da série de valores observados no período. O COE varia de infinito negativo até o valor máximo de 1, que representa a eficiência máxima.

Além do COE foi utilizado também o coeficiente de massa residual (CMR), que indica quando o modelo superestima (valores negativos) ou subestima (valores positivos) os valores simulados. Ele é expresso por:

$$CMR = \frac{\sum_{i=1}^n E_{obs} - \sum_{i=1}^n E_{cal}}{\sum_{i=1}^n E_{obs}} \quad (5)$$

Onde: E_{obs} é o valor observado, E_{cal} é o valor calculado.

Após a calibração do escoamento e da produção de sedimento, foram simulados os seis diferentes cenários de uso do solo.

Cenários de Uso do Solo

Os cenários simulados foram estabelecidos através da transformação do plano de informação gráfica do uso e ocupação do solo. Basicamente, em relação à classificação atual de uso e de ocupação do solo da bacia, alguns usos do solo foram alterados em outros, e também foi introduzido as estradas da bacia, que correspondeu a 5,47% da área.

Os novos cenários e a alterações realizadas foram:

- **Cenário 1:** a área correspondente ao uso do solo Pastagem (5,90 km²) foi transformada em uso do solo Agricultura.
- **Cenário 2:** a área correspondente ao uso do solo Pastagem (5,90 km²) foi transformada em uso do solo Reflorestamento (pinus e eucalipto). Porém no banco de dados do modelo não existe a opção de classe de uso eucalipto, então toda a área utilizada como reflorestamento foi incorporada no uso do solo pinus.
- **Cenário 3:** a área correspondente ao uso do solo Pastagem (5,90 km²) foi transformada em uso do solo Floresta (mata nativa).
- **Cenário 4** a área de uso do solo Reflorestamento (3,34 km²) foi transformada em Agricultura.
- **Cenário 5:** a área de uso do solo Reflorestamento (3,34 km²) foi transformada em Pastagem.
- **Cenário 6:** a área de uso do solo Reflorestamento (3,34 km²) foi transformada em Floresta (mata nativa).

Esses cenários de uso do solo foram avaliados e comparados com o cenário de uso e ocupação do solo atual da bacia do ribeirão Concórdia, para o período compreendido entre 2001 e 2010. A figura 3 apresenta as novas classificações de uso do solo para cada cenário simulado.

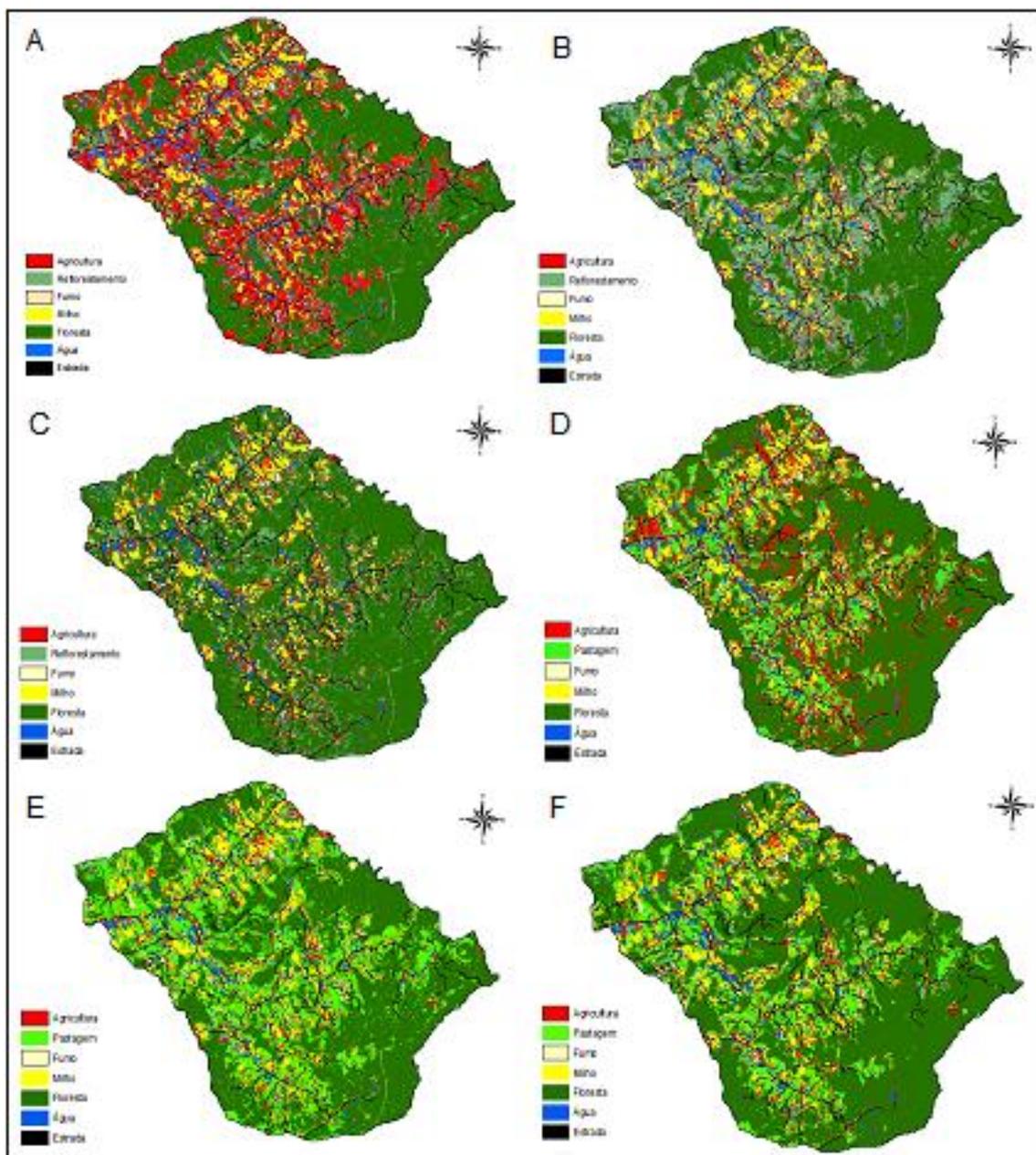


Figura 3 – Cenários simulados: a) Cenário 1; b) Cenário 2; c) Cenário 3; d) Cenário 4; e) Cenário 5; f) Cenário 6.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Calibração e Verificação

Os resultados da calibração do modelo SWAT, para a produção de escoamento e de sedimentos, estão apresentados na tabela 3. Nas Figuras 4 e 5 são apresentadas comparações entre os dados observados e os simulados.

Tabela 3 – Parâmetros de avaliação do modelo

Parâmetro	Vazão		Sedimento	
	Dia	Mês	Dia	Mês
COE	0.767	0.823	0.308	0.832
CMR	-0.0057	-0.0057	0.0430	0.2750

O coeficiente de massa residual indica que a diferença para o escoamento, tanto diário como mensal, foi praticamente nula. Isso indica que a quantidade de escoamento simulado foi similar ao observado. Para a produção de sedimento, o CMR diário teve um valor satisfatório, porém o CMR mensal representou que a quantidade de sedimento simulado ficou um pouco abaixo do que o observado. O resultado do coeficiente de Nash-Sutcliffe (COE) na verificação do modelo para vazão foi de 0,786 diário e 0,889 mensal e o CMR foi de -0,0921.

Segundo Krysanova *et al.* (1998), para considerar um bom ajuste do modelo os valores do coeficiente de Nash-Sutcliffe devem estar entre 0,7 e 0,8. Conforme observado na tabela, tanto para escoamento como para produção de sedimentos, os resultados de COE obtidos ficaram acima 0,8, representando assim um ajuste satisfatório do modelo SWAT para a bacia do ribeirão Concórdia.

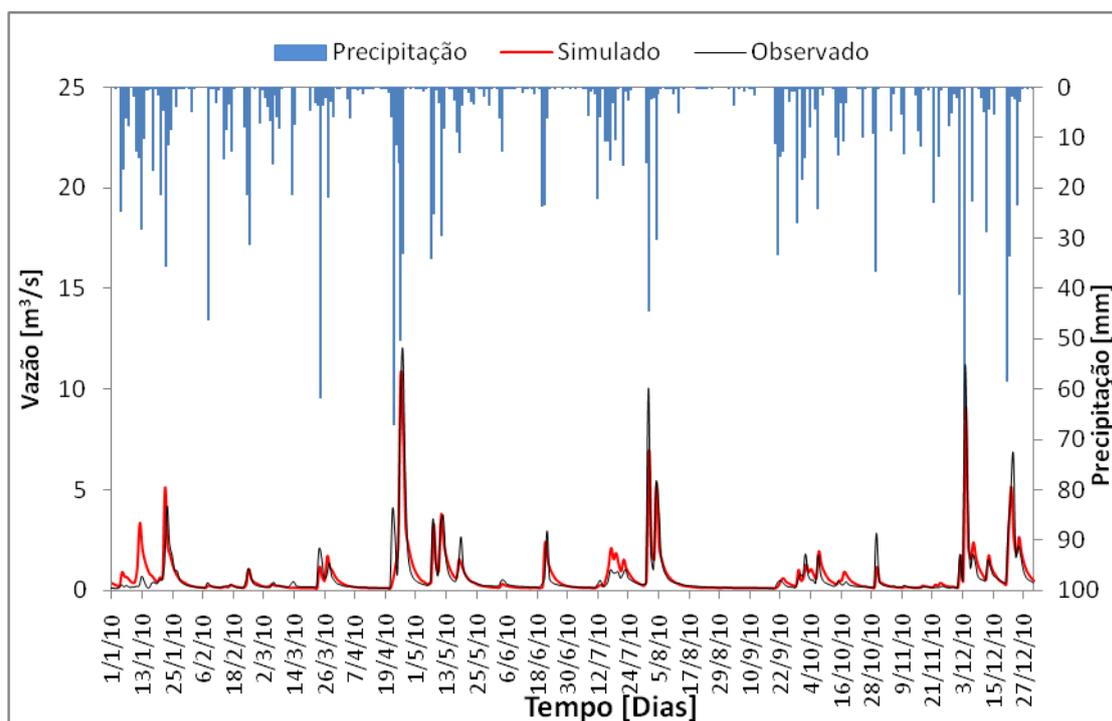


Figura 4 – Vazão diária: simulada x observada

Analisando o hidrograma da vazão observada e da vazão simulada (figura 4), nota-se que o modelo simulou adequadamente tanto as vazões mínimas, quanto as vazões máximas.

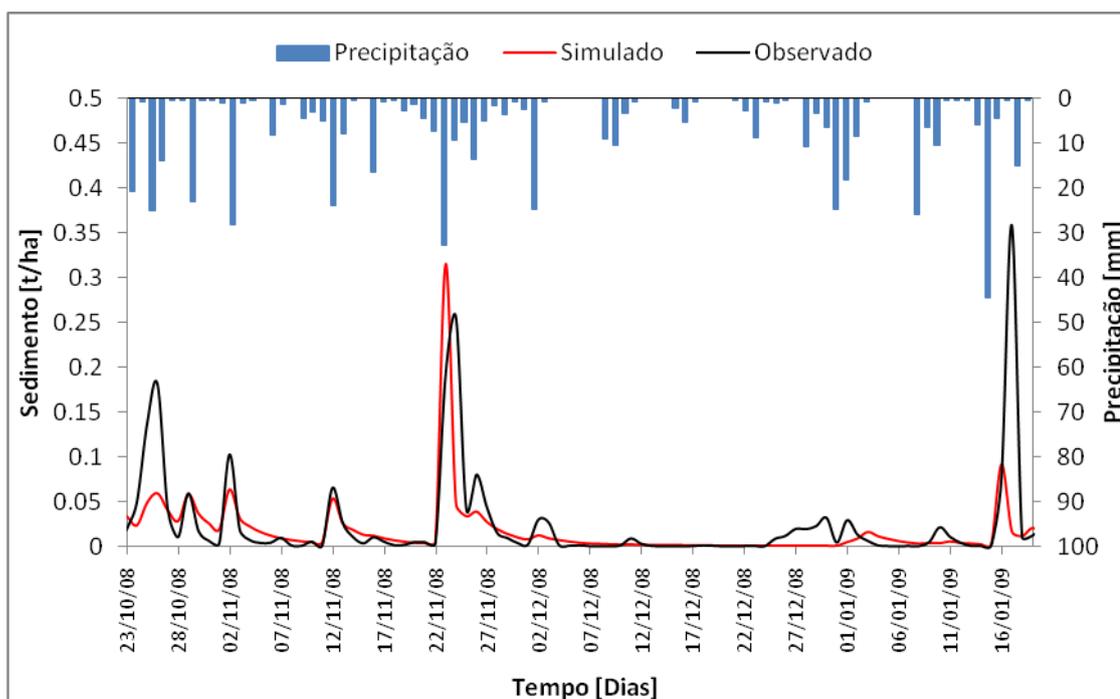


Figura 5 – Sedimento diário: simulado x observado

A figura 5, que representa a comparação entre a produção diária de sedimento simulada e a observada, mostra que o modelo reproduziu a distribuição e tendência dos valores observados, porém por ser uma série muito curta para a calibração, alguns picos não foram adequadamente simulados. Apesar disso, como visto anteriormente, a produção de sedimentos também apresentou uma calibração satisfatória.

Simulação de Cenários de Uso do Solo

Os resultados das simulações dos seis cenários e a comparação com a classificação de uso atual da bacia estão dispostos na tabela 4. Essa tabela traz os principais parâmetros utilizados para o cálculo do balanço hídrico, com valores médios diários.

Tabela 4 – Parâmetros do balanço hídrico, valores médios diários

Cenários	PREC	FLOW	SURQ	LATQ	GWQ	PERC	SW	ET	PET	WYLD
Atual	4,40	1,56	0,35	1,04	0,14	0,75	1021,49	2,30	3,06	1,53
Cenário 1	4,40	1,62	0,45	0,85	0,16	0,79	1050,33	2,38	3,11	1,46
Cenário 2	4,40	1,52	0,45	0,86	0,13	0,72	1037,01	2,42	3,10	1,44
Cenário 3	4,40	1,74	0,44	1,24	0,02	0,36	1045,40	2,42	3,11	1,70
Cenário 4	4,40	1,50	0,48	0,93	0,00	0,86	1054,80	2,23	3,11	1,40
Cenário 5	4,40	1,57	0,48	0,98	0,17	0,85	1045,85	2,16	3,09	1,64
Cenário 6	4,40	1,66	0,47	1,12	0,09	0,62	1041,70	2,25	3,09	1,69

Onde: PREC: precipitação (mm); FLOW: vazão (m); SURQ: contribuição do escoamento superficial (mm); LATQ: contribuição do fluxo lateral de vazão (mm); GWQ: contribuição das águas subterrâneas a vazão (mm); PERC: água

que percola além da zona de raiz (mm); SW: quantidade de água no solo (mm); PET: evapotranspiração potencial (mm); ET: evapotranspiração real (mm); WYLD: produção de água (mm).

Os dados climatológicos de entrada foram os mesmos para todos os cenários simulados. Observa-se que a vazão média diária apresentou variação entre os cenários simulados. Basicamente os cenários 1, 3, 5 e 6 apresentaram valores de vazão maiores do que o cenário atual, enquanto os cenários 2 e 4 apresentaram valores menores. O cenário 3, onde a área de pastagem foi transformada em floresta nativa, apresentou o maior acréscimo de vazão, 11,61%. Já o cenário 4, onde a área de reflorestamento (pinus e eucalipito) foi transformada em agricultura, apresentou o maior decréscimo de vazão em relação ao cenário atual, -3,25%.

Conforme explicaram Blainski, *et al.* (2010a), as diferenças entre os cenários podem ser atribuídas às diferentes taxas de evapotranspiração das culturas estudadas e às alterações no escoamento superficial e infiltração de água no solo em função do tipo de sistema radicular, manejo e taxa de cobertura do solo.

Hibbert (1967) e Bosch e Hewlett (1982 *apud* Tucci; Clarke, 1997), avaliaram o resultado de 39 bacias experimentais existentes no mundo e concluíram que: a redução da cobertura de floresta aumenta a vazão média; a resposta à mudança é muito variável e, na maioria das vezes, não é possível prever.

A figura 6 traz as diferenças de vazão dos cenários simulados ao longo dos anos. Ocorreu uma distribuição regular de vazão para todos os cenários, sendo que o cenário 3 obteve os maiores valores.

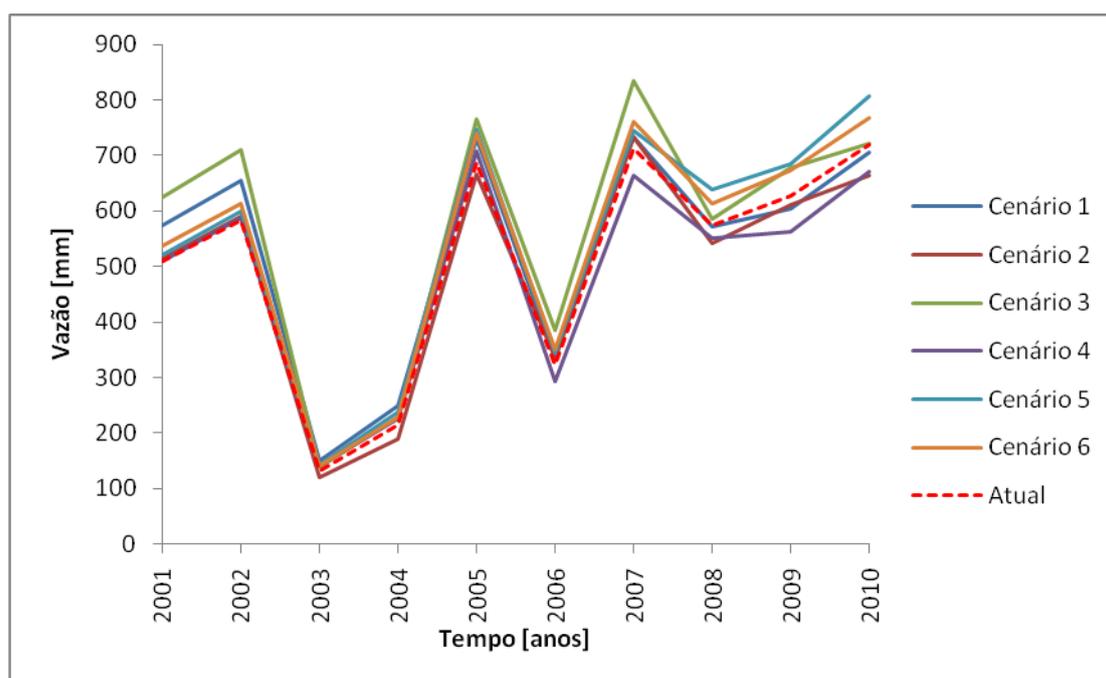


Figura 6 – Vazão média anual para os cenários simulados

As comparações entre os resultados obtidos para a produção média diária de sedimento, em toneladas hectare dia, estão dispostos na tabela 5.

Tabela 5 – Produção de sedimentos

Cenários	Sedimento (t/ha.dia)
Atual	0,251
Cenário 1	0,267
Cenário 2	0,183
Cenário 3	0,200
Cenário 4	0,237
Cenário 5	0,221
Cenário 6	0,213

Observa-se que o cenário 1, onde a área que anteriormente era pastagem e foi transformada em área agrícola produziu a maior taxa sedimentos, cerca de 6% maior que o cenário atual. Lino (2009) e Blainski *et al.* (2010b) apresentaram resultados nesse sentido, maiores valores médios na taxa de produção de sedimento com o cenário de uso de solo agricultura. A atividade agrícola caracteristicamente altera e destrói as estruturas do solo facilitando assim ocorrência da erosão. Isso também é justificado pela maior taxa de erodibilidade (USLE) em relação aos outros usos que está inserida dentro essa prática.

O cenário 2 área de pastagem transformada em reflorestamento, produziu a menor taxa de sedimentos entre os cenários simulados, com um decréscimo de cerca de -27% em relação ao cenário atual. Isso se justifica pela diferença existente entre as culturas, como altura da planta, a camada de proteção no solo, a taxa de erodibilidade.

Essa mesma tendência de resultados é acompanhada na figura 12, que mostra a evolução da produção de sedimento de cada cenário ao longo dos anos analisados.

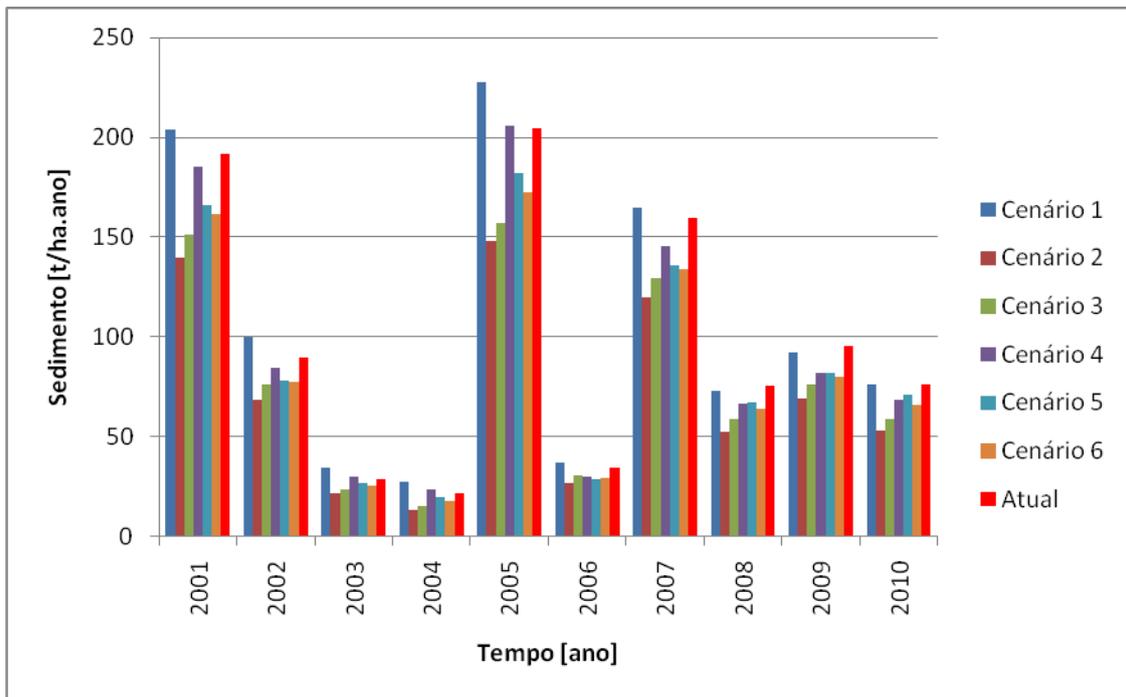


Figura 12 – Sedimento médio anual para os cenários simulados

Segundo Endres *et al.* (2006), quando o solo é protegido por cobertura vegetal densa e com sistema radicular abundante, o processo erosivo é menos intenso. A cobertura vegetal intercepta as gotas de chuva, dissipa a energia cinética da queda e evita o seu impacto direto sobre a superfície, o que reduz o grau de desagregação do solo. Além disso, a cobertura vegetal reduz a velocidade do escoamento das águas superficiais pela formação de barreiras mecânicas, o que diminui o transporte de sedimentos.

CONCLUSÕES

Após a aplicação do modelo hidrológico SWAT (*Soil and Water Assessment Tool*) na bacia hidrográfica do ribeirão Concórdia, município de Lontras (SC), para a análise de vazão e sedimentos, conclui-se:

- Que o modelo foi eficientemente calibrado e mostrou-se apto para as simulações dos cenários propostos;
- O aumento da área para o uso do solo floresta nativa cominou também no aumento de vazão média na bacia, enquanto a aumento da área de uso do solo agricultura gerou um decréscimo na vazão média;
- A produção de sedimentos aumentou substancialmente com o aumento da área de uso para agricultura, e diminuiu com o aumento da área de reflorestamento;
- Em curto prazo, grandes alterações no uso e ocupação do solo da bacia acarretaram maiores impactos ao regime hídrico e a produção e transporte de sedimentos;

BIBLIOGRAFIA

- BLAINSKI, E. ; ARAUJO, I. S.; GOMES, P. (2010a). “*Modelagem e simulação do uso do solo e as alterações no ambiente*”. In: XXXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Uberlândia - MG.
- BLAINSKI, E.; GARBOSSA, L. H. P.; MALUTTA, S. (2010b). “*Aplicação do modelo hidrológico SWAT (Soil and Water Assessment Tool) para a simulação da perda de solo e da disponibilidade hídrica em uma bacia hidrográfica não instrumentada*”. In: X Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, Fortaleza- CE.
- ENDRES, P. F.; PISSARRA, T. C. T.; BORGES, M. J. ; POLITANO, W. (2006). “*Quantificação das classes de erosão por tipo de uso do solo no município de Franca – SP*”. Eng. Agríc. [online]. vol.26, n.1, pp. 200-207. ISSN 0100-6916.
- KRYSAKOVA, V.; MULLER-WOHLFEIL. D.; BECKER. A. (1998). “*Development and Test of Spatially Distributed Hydrological Water Quality Model for Mesoscale Watersheds*”. Ecological Modeling. v. 106. pp. 261-289.
- LINO, J. L. F. (2009). “*Análise da Dinâmica Hidrossedimentológica da Bacia Hidrográfica do Rio Preto (SC) com o modelo SWAT*”. 2009. f. 150. Dissertação. Mestrado em Engenharia Ambiental. UFSC, Universidade Federal de Santa Catarina.
- LUBITZ, E. (2009). “*Avaliação da Aplicação do Modelo Hidrológico SWAT à Bacia do Ribeirão Concórdia – Lontras*”, SC. 2009. f. 111. Dissertação. Mestrado em Engenharia Ambiental. FURB. Universidade Regional de Blumenau.
- MERCURI, E. G. F.; DEPPE F.; LOHMANN, M.; SIMÕES K.(2009). “*Metodologia da geração de dados de entrada e aplicação do modelo SWAT para bacias hidrográficas brasileiras*”. In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, pp. 4773-4780.
- MERTEN, G. H.; MINELLA, J. P. (2002). “*Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura*”. Revista Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável. Ano 3. n. 4, out./dez.
- NEITSCH, S. L. et al. (2005). “*Soil and Water Assessment Tool: Theoretical Documentation – Version 2005*”. Temple: Agricultural Research Service (USDA) & Texas Agricultural Experiment Station (Texas A&M University), pp. 541.
- PARANHOS, R. M.; SARTORI, A.; PAIVA, J. B. D. (2002). “*Amostrador de sedimentos em suspensão de nível descendente - Desenvolvimento e avaliação*”. In Anais 5°. Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos, São Paulo, pp.139-146.
- PISSARRA, T. C. T.; POLITANO, W.; FERRAUDO, A. S. (2004). “*Avaliação de características morfológicas na relação solo-superfície da bacia hidrográfica do Córrego Rico, Jaboticabal (SP)*”. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.28, pp.297-305.
- PRIESTLEY, C.H.B., TAYLOR, R.J., (1972). “*On the assessment of surface heat flux and evaporation using large scale parameters*”. Monthly Weather Review 100, pp.81-92.

SANTOS, E. H. M.; GRIEBELER, N. P.; OLIVEIRA, L. F. C. (2010). “*Relação entre uso do solo e comportamento hidrológico na Bacia Hidrográfica do Ribeirão João Leite*”. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.14, pp.826-834.

SANTOS, L. L. (2009). “*Modelos Hidráulicos-Hidrológicos: Conceitos e Aplicações*”. Revista Brasileira de Geografia Física. Recife. v.2. n.03. pp. 01-19.

SOUZA, A. M. L.; CASTRO, N. M. R. ; KAUFMAN, V. ; VITORINO, M. I. (2010). “*Estimativa dos fluxos de calor a partir de imagens orbitais para aplicação na modelização hidrológica*”. In: XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2010, Belém do Pará. A amazônia e o clima global/ Agrometeorologia, micrometeorologia e hidrometeorologia.

TEIXEIRA, L. P. (2008). “*Caracterização hidrológica dos solos da bacia experimental do ribeirão Concórdia*”. Blumenau, 2008. 124 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental), Fundação Universidade Regional de Blumenau.

TORRES, J. L. R.; FABIAN, A. J.; SILVA, A. L.; PESSOA, E. J.; SILVA, E. C.; RESENDE, E. F. (2008) “*Diagnostico ambiental e análise morfométrica da microbacia do córrego Lanhoso em Uberaba, MG*”. Revista Caminhos de Geografia, v.9, pp.1-11.

TUCCI, C. E. M. (2002). “*Impactos da variabilidade climática e uso do solo sobre os recursos hídricos*”. Brasília: Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas. pp. 150.

TUCCI, C. E. M.; CLARKE, R. T. (1997). “*Impacto das mudanças de cobertura vegetal no escoamento: Revisão*”. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Vol 2. n.1.pp.135-152.

USDA SOIL CONSERVATION SERVICE. (1972). “*National Engineering Handbook Section 4 Hydrology*”, chapters 4-10.