

## MANEJO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS E SUA INFLUÊNCIA SOBRE OS RECURSOS HÍDRICOS

CAMILA FERNANDES FERREIRA APARECIDO<sup>1</sup>; LUIZ SERGIO VANZELA<sup>2</sup>;  
GISELE HERBST VAZQUEZ<sup>3</sup> E RONALDO CINTRA LIMA<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Mestranda em Ciências Ambientais, UNICASTELO, Campus de Fernandópolis - SP, CEP 15600-000. [camilaff\\_gyn@hotmail.com](mailto:camilaff_gyn@hotmail.com)

<sup>2</sup>Prof. Titular do Departamento de Agricultura, Campus de Fernandópolis - SP, CEP 15600-000. [lsvanzela@yahoo.com.br](mailto:lsvanzela@yahoo.com.br)

<sup>3</sup>Prof. Titular do Departamento de Agricultura, Campus de Fernandópolis - SP, CEP 15600-000. [gisele-agro@uol.com.br](mailto:gisele-agro@uol.com.br)

<sup>4</sup>Prof. Professor Assistente Doutor da Coordenadoria de Curso de Engenharia Agrônômica, FCAT-UNESP, CEP 17900-000. Dracena – SP. [rclima@dracena.unesp.br](mailto:rclima@dracena.unesp.br)

### 1 RESUMO

Os estudos sobre o uso e ocupação do solo explorado pelos mais diversos seguimentos da sociedade, sejam eles, urbanos, rurais e industriais, associados às características das bacias hidrográficas são de extrema importância para o gerenciamento e a sustentabilidade dos recursos hídricos. Assim, este trabalho objetivou avaliar a influência de diferentes manejos de uso e ocupação do solo associados a declividade e ao escoamento superficial, sobre os recursos hídricos de bacias hidrográficas localizadas no Triângulo Mineiro - MG. O trabalho foi desenvolvido por meio do monitoramento das vazões e sedimentos em 4 bacias, no período de setembro de 2013 a outubro de 2014, além da determinação dos usos e ocupações do solo, declividade e dos escoamentos superficiais no período. Os modelos matemáticos obtidos demonstraram que a proporção entre os diferentes usos e ocupações do solo interfere na produção específica e na concentração de sedimentos, bem como na vazão específica das bacias hidrográficas, enquanto a quantidade de escoamento superficial interfere na produção específica de sedimentos. O resultado das simulações do manejo do uso e ocupação das bacias hidrográficas demonstrou que a conservação de matas nativas, as técnicas conservacionistas de uso do solo e as técnicas de minimização do transporte difuso originado das áreas urbanas, são essenciais na manutenção da disponibilidade e qualidade de água.

**Palavras-chave:** escoamento superficial, uso e ocupação, declividade.

APARECIDO, C. F. F.; VANZELA, L. S.; VAZQUEZ, G. H.; LIMA, R. C.  
WATERSHED MANAGEMENT AND ITS INFLUENCE ON THE HYDRIC  
RESOURCES

### 2 ABSTRACT

Studies on the use and occupation of soil explored by various segments of urban, rural and industrial societies, associated to the watershed characteristics are extremely important for water resources management and sustainability. Therefore, this work aimed to evaluate the

influence of different managements of soil use and occupation associated to declivity and superficial flow water resources of watersheds located in Triângulo Mineiro – MG. The study was conducted by monitoring the flow and sediment in 4 basins from September 2013 to October 2014, besides the determination of soil use and occupation, declivity and superficial flow during this time. The obtained mathematical models showed that the ratio of the different soil uses and occupations interferes with the specific production and sediment concentration and the specific flow of watersheds as well, while the amount of superficial flow interferes with the specific sediment production. The simulations results of the management of watersheds' use and occupation showed that the conservation of native forests, the conservationist techniques of soil use and the minimization techniques of diffuse transport from urban areas are essential for keeping water availability and quality.

**Keywords:** runoff, land use, slope

### 3 INTRODUÇÃO

Atualmente, o elevado crescimento da população mundial, do consumo e a degradação ambiental vêm causando acentuados desequilíbrios na disponibilidade e qualidade de água. Os recursos hídricos são essenciais na agricultura e nos abastecimentos urbanos e industriais, sendo a qualidade da água um aspecto fundamental para a redução de doenças de veiculação hídrica e maior produtividade nos setores primário e secundário.

A produção alimentar agrícola, auxiliada pela irrigação, garante, em padrões mundiais, um acréscimo produtivo de 2,7 vezes quando comparada ao cultivo sem irrigação (CHRISTOFIDIS, 2013), podendo, em alguns casos, permitir a viabilidade produtiva em áreas áridas ou semiáridas. Nos dias atuais, estima-se que 15% da população mundial já se encontram em condições de insegurança alimentar (FAO, 2012). O desafio para o suprimento alimentar se agrava quando as perspectivas apontam que, para 2050, a demanda por água doce para fins de irrigação das culturas crescerá 11%, atingindo a ordem de 4,5 bilhões de m<sup>3</sup> anuais (WWF, 2011). Assim, visando à sustentabilidade no uso da água, as bacias hidrográficas precisam ser consideradas as unidades de gerenciamento dos recursos hídricos, necessitando de manejos conservacionistas no uso dos recursos naturais.

As atividades humanas em bacias hidrográficas (rurais ou urbanas) provocam, em longo prazo, alterações expressivas na dinâmica da água, podendo reduzir a disponibilidade dos mananciais pelo assoreamento, que ocasiona a diminuição da seção natural da calha transportadora. Esse processo, que ocorre naturalmente, pode ser potencializado pela combinação de chuvas de elevadas intensidades e manejo inadequado dos solos, facilitando a ação erosiva. Uma série de outros problemas advindos dessa cadeia de atividades mal planejadas pode levar ao declínio total de água em algumas sub-bacias (MELLO, 2003).

Logo, os estudos em bacias hidrográficas são essenciais para o entendimento da dinâmica da água e suas consequências ambientais, pois proporcionam uma visão completa do ambiente solo, água e vegetação e os efeitos do uso e manejo do solo na sustentabilidade do sistema e do ciclo hidrológico (AVAZANI, 2005). O planejamento das atividades antrópicas em uma bacia hidrográfica é de fundamental importância para o manejo adequado dos recursos nela contidos, mantendo, assim, sua integridade e equilíbrio ambiental (GARDIMAN JUNIOR et al., 2012).

A primeira ação deve ser o controle da erosão que, para Silva, Schulz e Camargo (2007), é naturalmente influenciada pelas propriedades físicas, principalmente a textura, permeabilidade, densidade do solo e a porosidade, exercendo diferentes potenciais de

resistência do solo à erosão. Os danos causados pelas gotas de chuva que atingem a superfície do solo desprotegido constituem o primeiro passo no processo de erosão, pois rompem os grânulos e torrões, reduzindo-os a partículas menores e, com isso, aumentam a proporção de partículas pequenas na superfície, facilitando processos de transporte e deposição no leito dos rios.

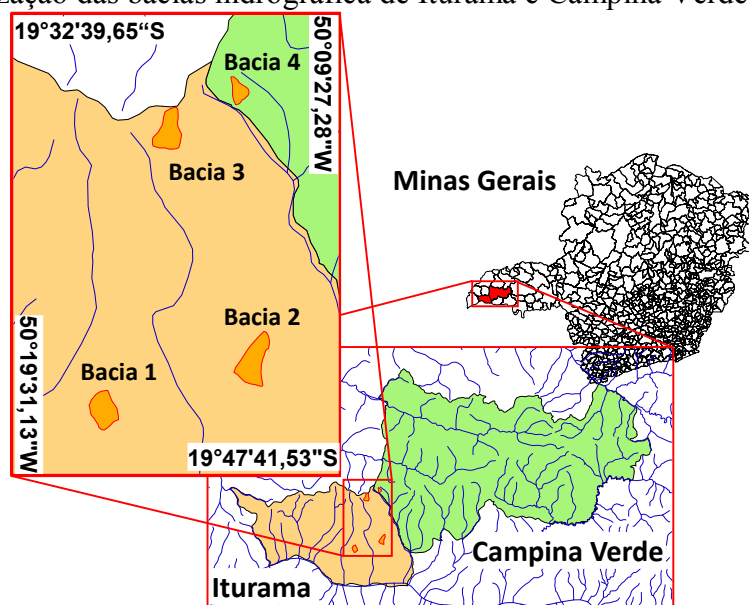
Além disso, dentre outros fatores do solo que mais interferem no processo erosivo, estão os ligados à declividade, à distância percorrida pelo escoamento superficial, à rugosidade superficial, à resistência do solo à ação erosiva da chuva e ao percentual de cobertura vegetal existente na ocasião do evento de precipitação (PEREIRA et al., 2003). A quantificação das perdas de solo é de grande relevância para a adoção de práticas que visem minimizar a degradação do solo, uma vez que seu uso e ocupação, juntamente com as características topográficas e climáticas, determinam o balanço sedimentar da bacia hidrográfica (MARTINS et al., 2003). Os processos erosivos, por sua vez, contribuem para o transporte de sedimentos em cursos d'água, que podem ser levados por arraste sobre o leito, por movimentos do tipo saltação, rolamento e deslizamento, ou em suspensão (MERTEN; CAPEL; MINELLA, 2014).

Dentre as consequências da produção excessiva de sedimentos, originados dos processos erosivos, pode-se destacar a depreciação da qualidade de água (VANZELA; HERNANDEZ; FRANCO, 2010) e o aumento dos custos com obras de manutenção de reservatórios artificiais de água para irrigação (PAIVA, 2003). Com isso, o manejo das bacias, em função do uso e ocupação do solo, associado às características das bacias, pode interferir significativamente na produção de sedimentos que, por sua vez, alteram a qualidade e a disponibilidade de água.

Nesse contexto, foi objetivo desse trabalho avaliar a influência de diferentes manejos de uso e ocupação do solo, associada a declividade e ao escoamento superficial, sobre os recursos hídricos de bacias localizadas no Triângulo Mineiro-MG.

#### **4 MATERIAL E MÉTODOS**

O trabalho foi desenvolvido em 4 bacias localizadas nos municípios de Iturama e Campina Verde, no Triângulo Mineiro (Figura 1), cujas características fisiográficas estão apresentadas na Tabela 1.

**Figura 1.** Localização das bacias hidrográficas de Iturama e Campina Verde - MG.**Tabela 1.** Características fisiográficas das bacias hidrográficas de Iturama e Campina Verde.

Bacia	Área (km <sup>2</sup> )	Leito principal (km)	Coefficiente de forma (C1)*
1	3,083	1,707	1,40
2	4,040	2,287	1,33
3	3,177	2,329	1,27
4	1,183	0,742	1,54

\*Calculado segundo DAEE (1994), sendo que quanto menor o valor de C1, maior a suscetibilidade a cheias.

De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é o Cwa, considerado clima temperado úmido com inverno seco e verão quente (SÁ JUNIOR, 2009). Os solos são classificados segundo o Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (JACOMINE et al, 1976) em Latossolo Vermelho distroférrico típico A moderado/proeminente textura argilosa, fase floresta subcaducifólia, relevo plano e suave ondulado.

A avaliação da influência do manejo das bacias hidrográficas sobre os recursos hídricos foi realizada a partir da modelagem da resposta linear múltipla de variáveis dependentes (y) em função de uma ou mais variáveis independentes ( $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ ). As variáveis dependentes modeladas foram as relacionadas com a disponibilidade e qualidade de água, tais como concentração de sólidos totais, vazão específica e produção específica de sedimentos. As variáveis independentes foram os percentuais de uso e ocupação do solo, declividade média e escoamento superficial nas bacias hidrográficas.

Para o monitoramento das variáveis dependentes, foram selecionados, nas bacias avaliadas, trechos de seções de pequenas dimensões (larguras médias próximas de 1 m e profundidades máximas de 40 cm), retilíneos (em torno de 6 m) e regulares, para a realização das amostragens e medições. As variáveis hídricas foram monitoradas por meio de 12 levantamentos realizados em intervalos aproximados de 30 dias, do período de 20/10/2013 a 21/09/2014.

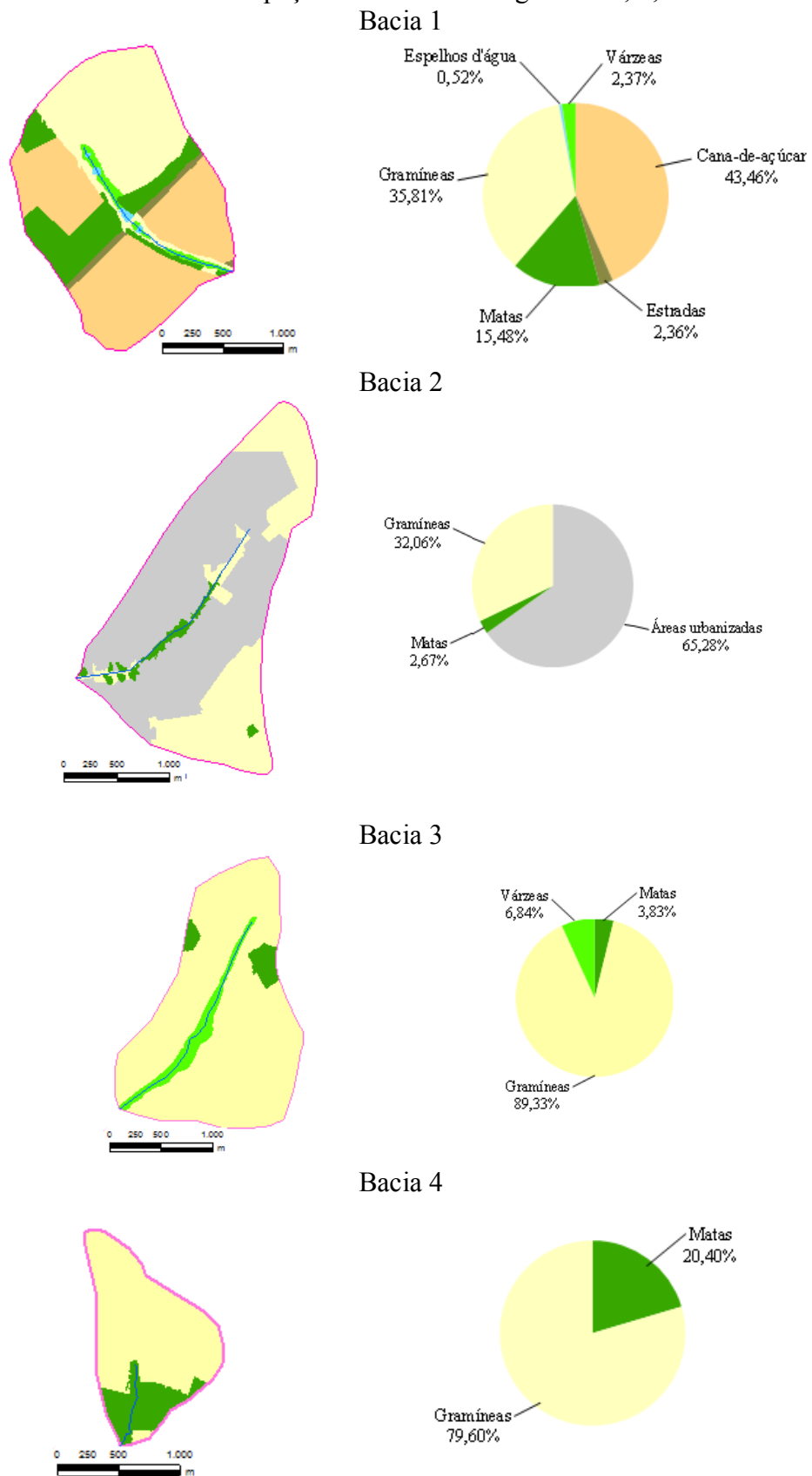
Nestas datas e locais, foram realizadas medições das vazões absolutas e coletadas amostras, as quais foram levadas à Central de Laboratórios da Universidade Camilo Castelo Branco, Câmpus de Fernandópolis, para a análise da concentração de sólidos totais pelo

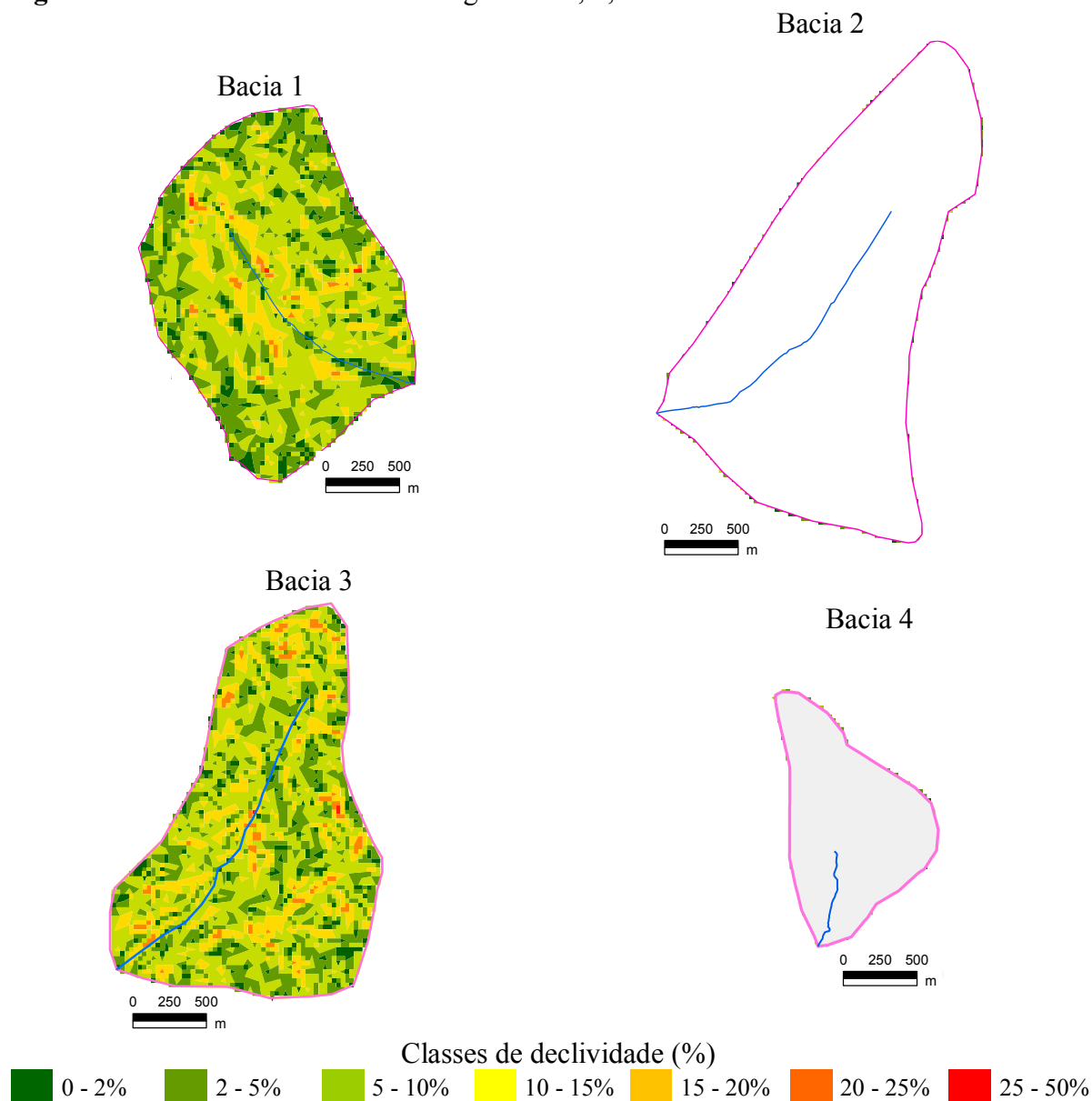
método gravimétrico. As vazões absolutas foram medidas pelo método do flutuador, considerando que os canais são de pequenas dimensões. Em seguida, foram determinadas as vazões específicas pelo quociente entre as vazões absolutas e as respectivas áreas de drenagem das bacias.

A produção específica de sedimentos foi determinada pelo quociente entre a descarga sólida total e a respectiva área de drenagem da bacia. As descargas sólidas totais foram determinadas pelo método de Colby de 1954 (CARVALHO, 1994), nos mesmos intervalos e locais das amostragens de água, pelo somatório entre a descarga sólida em suspensão e a descarga sólida de arraste.

Para a obtenção das variáveis independentes, inicialmente, delimitaram-se as bacias hidrográficas com o auxílio de imagem do satélite LANDSAT 8 (sensor OLI, resolução de 15 m, com data de 28 de janeiro de 2014) e isolinhas altimétricas cotadas de 5 m, obtidas a partir de imagem do satélite ASTER - Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (resolução de 30 m) (NASA, 2010).

Em seguida, pelo processo de digitalização manual, classificação visual e validação de campo (na ocasião das medições das variáveis hídricas), digitalizaram-se os usos e ocupações do solo dentro do perímetro das 4 bacias, a partir do qual foi possível obter os percentuais de uso do solo (Figura 2). A declividade média das bacias (Figura 3) foi determinada a partir do modelo de elevação do terreno (MDE) do satélite ASTER, com resolução espacial de 30 m.

**Figura 2.** Percentuais de uso e ocupação das bacias hidrográficas 1, 2, 3 e 4.

**Figura 3.** Declividade das bacias hidrográficas 1, 2, 3 e 4.

A partir da obtenção da área total das classes de declividade de 0–2, 2–5, 5–10, 10–15, 15–20, 20–25 e 25–50%, determinaram-se as declividades médias ponderadas das áreas com a respectiva média de cada classe de declividade. As declividades médias resultantes foram de 6,4; 5,8; 7,0 e 6,9%, respectivamente, para as bacias 1, 2, 3 e 4.

O escoamento superficial foi calculado para as 4 bacias hidrográficas pelo método do Soil Conservation Service (PRUSKI; BRANDÃO; SILVA, 2003), utilizando dados de precipitação diária obtidos a partir da estação agroclimática da Usina Coruripe, localizada no município de Iturama–MG. Em seguida, foram determinados os totais acumulados de escoamento superficial correspondendo aos 7 dias anteriores aos períodos de avaliação, sendo esta variável considerada como a variável dependente escoamento superficial.

Depois de obtidos os pares das variáveis dependentes e independentes, os modelos foram construídos a partir da análise de variância seguida da regressão linear múltipla. A resposta da variável dependente foi considerada significativa em função de uma ou mais

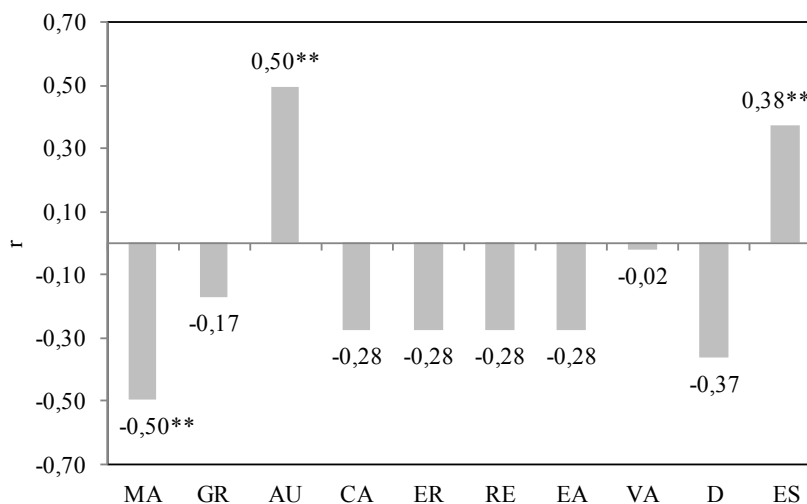
variáveis independentes para a composição do modelo, quando o nível de significância da correlação foi de 1% ( $p < 0,01$ ).

Todos os mapas e etapas de geoprocessamento foram executados com o auxílio do software ArcGIS 10.0 (ESRI, 2010), enquanto as análises estatísticas foram executadas no Microsoft Excel.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A resposta da produção específica de sedimentos foi significativa ( $p < 0,01$ ) em função das variáveis percentual de matas nativas e áreas urbanas, bem como o escoamento superficial (Figura 4).

**Figura 4.** Correlação cruzada da produção específica de sedimentos com os usos e ocupações nas bacias, sendo Matas (MA), gramíneas (GR), áreas urbanas (AU), culturas anuais (CA), estradas rurais (ER), servidão para rede elétrica (RE), espelhos d'água (EA), várzeas (VA), declividade (D) e escoamento superficial (ES).



\*\*Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Observa-se que a correlação foi negativa com as áreas ocupadas por matas nativas, indicando decréscimo da produção específica de sedimentos com o aumento dessas áreas. Já as áreas urbanas e escoamento superficial se correlacionaram positivamente, indicando contribuição dessas variáveis para a produção específica de sedimentos. Resultados semelhantes foram obtidos por Carpio e Fath (2011), que observaram que o aumento da área impermeável na cidade de Arequipa no intervalo de dezessete anos, de 1990 para 2007 afetou a qualidade de água do rio, potencializando problemas em abastecimento urbano e na irrigação.

O modelo de resposta da produção específica de sedimentos em função das áreas de matas e urbanizadas, e do escoamento superficial, está apresentado na equação 1.

$$P_s = 9589544 - 38,4458 \cdot MA + 8,4833 \cdot AU + 21,0651 \cdot ES \quad (r^2 = 0,3938**) \quad (1)$$

, em que:

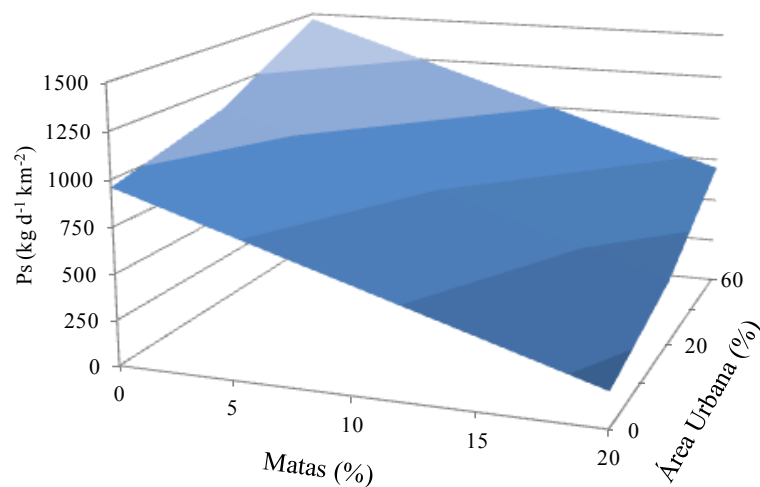
Ps - produção específica de sedimentos ( $\text{kg d}^{-1} \text{ km}^{-2}$ );



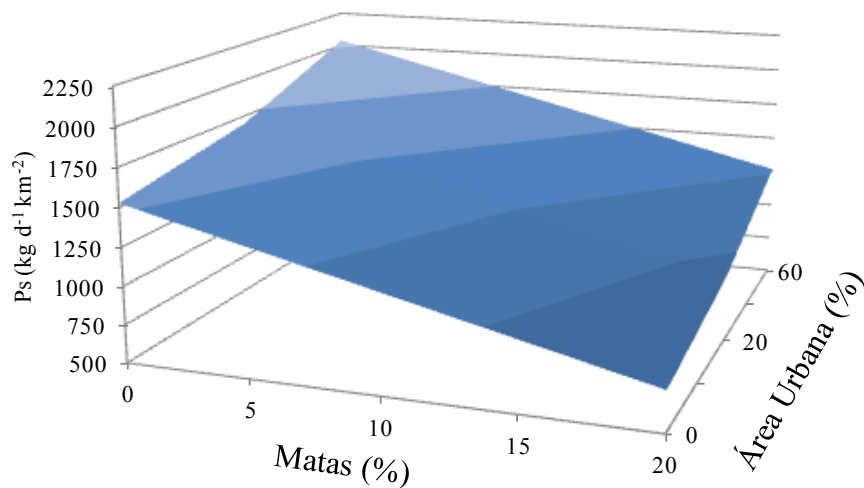
MA - percentual de ocupação por matas (%);  
 AU - percentual de área urbanizada (%);  
 ES - escoamento acumulado nos 7 dias anteriores (mm).

Nas Figuras de 5 a 7, estão os resultados das superfícies de resposta da produção específica de sedimentos em função do percentual de áreas de matas e urbanizadas, em simulações de mínimo, médio e máximo escoamento superficial (0, 27 e 53 mm) observados no período avaliado.

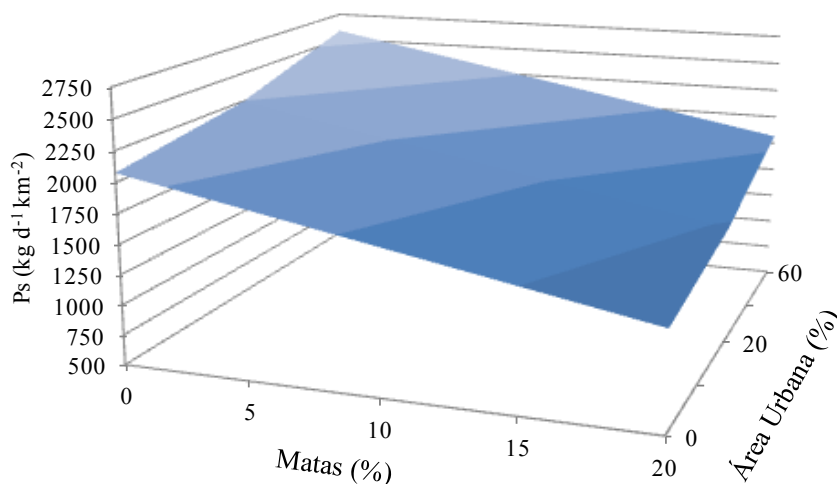
**Figura 5.** Resposta da produção específica de sedimentos (Ps) em função do percentual de ocupação por matas e área urbana, considerando que não há escoamento superficial nos 7 dias anteriores.



**Figura 6.** Resposta da produção específica de sedimentos (Ps) em função do percentual de ocupação por matas e área urbana considerando o escoamento superficial de 27 mm acumulados nos 7 dias anteriores.



**Figura 7.** Resposta da produção específica de sedimentos ( $P_s$ ) em função do percentual de ocupação por matas e considerando o escoamento superficial de 53 mm acumulados nos 7 dias anteriores.



De acordo com os modelos e considerando a condição de mínimo escoamento superficial nos 7 dias anteriores, seriam necessários 20 a 35% de áreas ocupadas por matas nativas nas bacias agrícolas para manter o potencial de assoreamento em níveis baixos, ou seja, inferior a  $192 \text{ kg d}^{-1} \text{ km}^{-2}$ , segundo Carvalho (1994). Já para a condição de médio escoamento superficial nos 7 dias anteriores, as matas nativas deveriam ocupar de 35 a 42%, visando manter os potenciais de assoreamento em níveis moderados (abaixo de  $479 \text{ kg d}^{-1} \text{ km}^{-2}$ ) (CARVALHO, 1994).

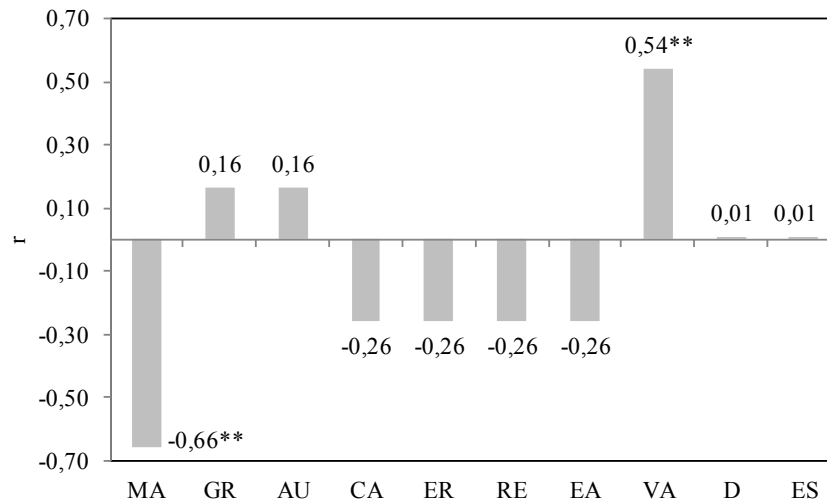
No caso da bacia com 65,3% de urbanização (bacia 2), mesmo se fosse possível a implantação de um percentual restante de 34,7% de matas nativas, apenas na ausência de escoamento superficial o potencial de assoreamento se manteria baixo. Nessas condições, escoamentos superficiais acima de 14 mm já seriam suficientes para produções específicas de sedimentos com altos potenciais de assoreamento (superiores a  $479 \text{ kg d}^{-1} \text{ km}^{-2}$ ).

Dentro dos percentuais observados de matas nativas (2,7 a 20,4%) e de área urbana (0 a 65,3%) nas bacias avaliadas e na amplitude de escoamentos superficiais observados no período (0 a 53 mm), esperam-se reduções médias nas produções específicas de sedimentos variando de 1,5 a 3,3% para cada percentual de incremento nas áreas de matas nativas. Nas mesmas condições, esperam-se aumentos variando de 0,4 a 1,8% na produção específica de sedimentos por percentual de incremento de área urbana.

Com base nos resultados anteriores, é possível afirmar que a produção específica de sedimentos pode ser controlada com o incremento de matas nativas, possibilitando maiores escoamento superficiais com menores danos aos recursos hídricos, favorecendo melhor disponibilidade e qualidade hídrica.

A resposta da vazão específica foi significativa ( $p < 0,01$ ) em função das variáveis percentual de áreas ocupadas por matas nativas e por várzeas, apresentadas na (Figura 8).

**Figura 8.** Correlação cruzada da vazão específica com os usos e ocupações nas bacias, sendo Matas (MA), gramíneas (GR), área urbanas (AU), culturas anuais (CA), estradas rurais (ER), servidão para rede elétrica (RE), espelhos d'água (EA), várzeas (VA), declividade (D) e escoamento superficial (ES).



\*\*Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

A correlação negativa com áreas ocupadas por matas nativas (Figura 8) indica decréscimo da vazão específica com o aumento dessas áreas, evidenciando a importância das matas nativas no aumento da infiltração e controle do potencial de poluição difusa nas bacias. Rientjes et al. (2011) observaram que mudanças registradas nas vazões ocorreram em função de mudanças na cobertura do solo e na distribuição anual e sazonal de chuvas. Os mesmos autores ainda consideraram as mudanças de cobertura do solo o fator mais impactante nas vazões, em função da diminuição da área florestal e aumento da área agrícola.

Já com as áreas de várzeas (Figura 8), a vazão específica se correlacionou positivamente, demonstrando que a presença desse tipo de ambiente pode estar relacionada com a maior disponibilidade hídrica nas bacias. Esse resultado sugere que como estes ambientes já são saturados na maior parte do ano, contribuem para a manutenção do escoamento de base, explicando sua correlação com o escoamento superficial.

O modelo de resposta da vazão específica em função das áreas de matas e de várzeas está apresentado na equação 2.

$$Q_{esp} = 84,0413 - 2,8139 \cdot MA + 4,6540 \cdot VA \quad (r^2 = 0,5226^{**}) \quad (2)$$

, em que:

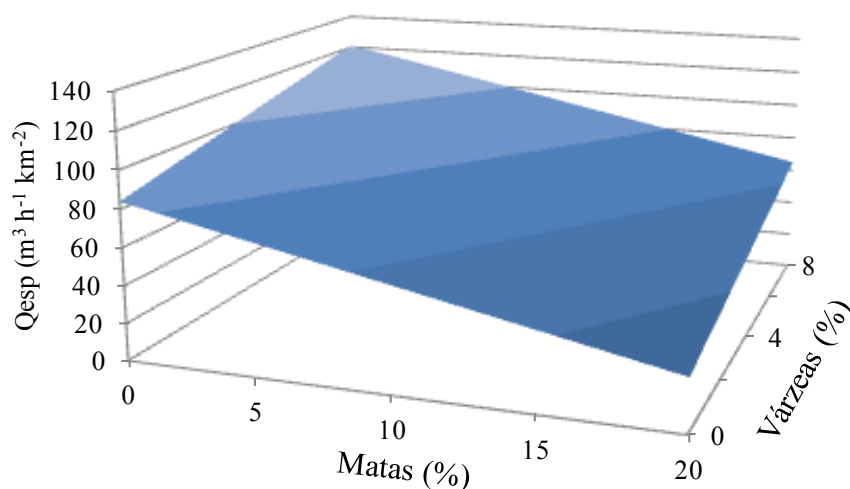
$Q_{esp}$  - vazão específica ( $m^3 h^{-1} km^{-2}$ );

MA - percentual de ocupação por matas (%);

VA - percentual de ocupação por várzeas (%).

Na Figura 9 observar-se a resposta combinada da vazão específica com o aumento do percentual de matas e várzeas.

**Figura 9.** Resposta da vazão específica (Qesp) em função do percentual de ocupação por matas e várzeas.



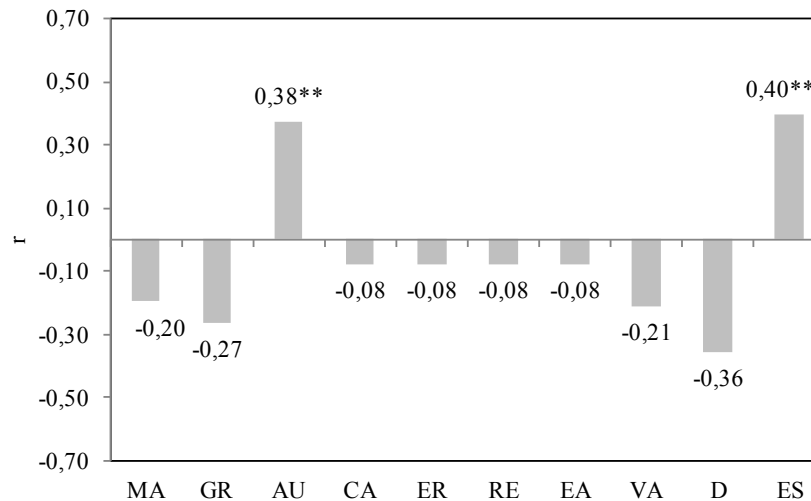
Nas condições médias de ocupação de várzeas nas bacias analisadas (percentual médio de 2,3% de várzeas), seriam necessários aproximadamente 25% de ocupação por matas nativas para manter a vazão média específica próxima aos valores de  $25 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1} \text{ km}^{-2}$ , observados na bacia hidrográfica do Rio Turvo-Grande (CBH-TG, 2008), onde as bacias estudadas estão inseridas.

A retirada de matas nativas da bacia e sua substituição por agricultura afetam diretamente o escoamento superficial (QUILBÉ et al., 2008; COSTA et al., 2013) e, conseqüentemente, sua vazão específica. Resultados obtidos por diversos autores em estudos de bacias experimentais comprovam o aumento da vazão média com a retirada da floresta ou vegetação natural (TUCCI, 2004). O principal fator atribuído ao aumento da vazão média com o manejo incorreto da retirada das matas nativas é devido ao aumento significativo do escoamento superficial que potencializa o transporte de sedimentos, acarretando impactos sobre os recursos hídricos.

Nas condições de ocupações de matas nativas (2,7 a 20,4%) e várzeas (2,4 a 6,8%) observadas nas bacias, esperam-se reduções médias nas vazões específicas variando de 2,6 a 3,2% por unidade de aumento percentual na área de matas e aumentos variando de 5,3 a 12,3% por unidade de aumento percentual nas áreas de várzeas.

A resposta da concentração de sólidos totais foi significativa ( $p < 0,01$ ) em função das variáveis percentual de áreas urbanizadas e escoamento superficial (Figura 10).

**Figura 10.** Correlação cruzada da concentração de sólidos totais com os usos e ocupações nas bacias, sendo matas (MA), gramíneas (GR), áreas urbanas (AU), culturas anuais (CA), estradas rurais (ER), servidão para rede elétrica (RE), espelhos d'água (EA), várzeas (VA), declividade (D) e escoamento superficial (ES)..



\*\*Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

A correlação positiva da concentração de sedimentos em função de ambas as variáveis (Figura 10) demonstra a importância da infiltração na contenção do transporte difuso (NOVOTNY, 2003), porque comprova que o aumento da concentração de sedimentos na água dos mananciais com o escoamento superficial é potencializado com o incremento de áreas urbanizadas. Em condições de baixa permeabilidade, associada a significativas quantidades precipitadas, o solo propicia maiores escoamentos superficiais (MITSOVA, 2014), com energia cinética para carrear sedimentos ao leito do córrego (CALDWELL, 2012). Os sedimentos transportados podem provocar a obstrução dos equipamentos de irrigação pela combinação de três fatores (físicos, químicos e biológicos) presentes na água de irrigação (ADIN; ALON, 1986).

O modelo de resposta da concentração de sólidos totais em função do percentual de área urbanizada e do escoamento superficial encontra-se na equação 3.

$$\text{CST} = 81,4683 - 2,0614 \cdot \text{AU} + 4,7709 \cdot \text{ES} \quad (r^2 = 0,3938**) \quad (3)$$

, em que:

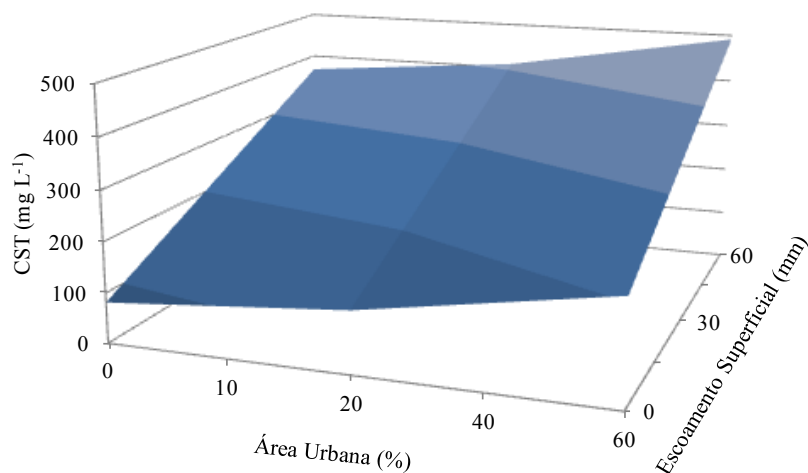
CST - concentração de sólidos totais ( $\text{mg L}^{-1}$ );

AU - percentual de área urbanizada (%);

ES - escoamento acumulado nos 7 dias anteriores (mm).

Conforme pode ser observada na superfície de resposta (Figura 11) e considerando o modelo obtido, mesmo para os escoamentos superficiais médios e máximos observados no período avaliado (de 27 a 53 mm), a concentração média esperada é de  $469 \text{ mg L}^{-1}$  de sólidos totais, sendo considerada baixa conforme a resolução CONAMA n. 357 de 2005 (BRASIL, 2005). Para a irrigação localizada, esses valores podem representar alto risco de obstrução de emissores, se mais 21% dos sólidos totais forem suspensos (NAKAYAMA; BUCKS, 1986).

**Figura 11.** Resposta da concentração de sólidos totais (CST) em função do percentual de ocupação de área urbana e escoamento superficial.



De maneira geral, considerando os modelos matemáticos obtidos, observam-se a importância das matas nativas no manejo conservacionista das bacias hidrográficas e para a qualidade de água, visando o amortecimento das vazões máximas em função da redução do escoamento superficial e, conseqüentemente, à minimização da produção de sedimentos devido à retenção do transporte difuso. Piroli, Ishikawa e Demarchi (2011) já destacaram a importância das áreas de preservação permanente, sendo que sua ausência pode acelerar o processo de deterioração da qualidade e redução da disponibilidade hídrica.

Neves (2005), ao simular a média de perda de solo para diferentes usos, concluiu que as áreas de agricultura, pastagens e as áreas urbanas são as principais contribuintes para o carreamento de partículas, e com menor intensidade as áreas de cana-de-açúcar, mata, laranja e reflorestamento. Assim, visando à minimização dos impactos sobre a água, essas áreas devem ser manejadas a partir de técnicas conservacionistas do solo, a fim de diminuir o escoamento superficial e o transporte difuso.

A preservação das matas ciliares nativas, a adequação dos imóveis rurais ao código florestal e a conservação do solo por meio de técnicas de terraceamento são fatores decisivos para a manutenção da disponibilidade de água (PAIVA, 2003) e redução dos custos com tratamento da água (TUNDISI; TUNDISI, 2010), possibilitando o uso da água no setor urbano e rural com qualidade e por período maior.

## 6 CONCLUSÕES

Os modelos matemáticos obtidos demonstram que a proporção entre os diferentes usos e ocupações do solo interfere significativamente na produção específica e na concentração de sedimentos, bem como na vazão específica das bacias hidrográficas, enquanto a quantidade de escoamento superficial interfere na produção específica de sedimentos;

As áreas de matas nativas promovem a redução na produção específica média de sedimentos e na vazão média específica. As áreas urbanizadas incrementam a produção específica média de sedimentos, a vazão média específica e a concentração média de sólidos totais. As áreas de várzeas proporcionam maiores vazões médias específicas;

O aumento do escoamento superficial promove incrementos na produção específica média de sedimentos e na concentração média de sólidos totais;

O manejo das bacias hidrográficas visando à disponibilidade e qualidade de água deve prever a conservação de matas nativas, uso de técnicas conservacionistas do solo e técnicas para minimizar o transporte difuso originado das áreas urbanas.

## 7 REFERÊNCIAS

ADIN, A.; ALON, G. Mechanisms and process parameters of filter screens. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, Jerusalem, v.112, n.4, p. 293-304, 1986.

AVAZANI, J. C. **Modelagem do escoamento superficial e erosão hídrica em uma microbacia hidrográfica na região dos tabuleiros costeiros**. 2005. 68p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

BRASIL. Resolução n. 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 18 mar 2005. Publicada no DOU nº 053, 58-63.

CALDWELL, P. V.; SUN, G.; McNULTY, S. G.; COHEN, E. C.; MYERS, J. A. M. Impacts of impervious cover, water withdrawals, and climate change on river flows in the conterminous US. **Hydrology and Earth System Science**, Munich, v.16, n.8, p. 2839-2857, 2012.

CARPIO, O. V.; FATH, B. D. Assessing the environmental impacts of urban growth using land use/land cover, water quality and health indicators: a case study of Arequipa, Peru **American Journal of Environmental Sciences**, New York, v.7, n.2, p.90-101, 2011.

CARVALHO, N. de O. **Hidrossedimentologia prática**. Rio de Janeiro: CPRM, 1994. 372 p.

CBH/TG - COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO TURVO/GRANDE. **Plano de Bacia da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos da Bacia do Turvo/Grande (UGRHI 15)**. São José do Rio Preto: CBH/TG, 2008. 172p.

CHRISTOFIDIS, D. Água, irrigação e agropecuária sustentável. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, v.22, n.1, p.115-127, 2013.

COSTA, C. F. G.; FIGUEIREDO, R. de O.; OLIVEIRA, F. de A.; SANTOS, I. P. de O. Escoamento superficial em Latossolo Amarelo distrófico típico sob diferentes agroecossistemas no nordeste paraense. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 2, p. 162-169, 2013.

DAEE – DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. **Manual de cálculos das vazões máximas, médias e mínimas nas bacias hidrográficas do Estado de São Paulo**. São Paulo: DAEE, 1994. 64p.

ESRI - ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE. **ArcGIS 10.1**. Redlands, CA: ESRI, 2008.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **Summary report of the food security dialogue day organized. FAO, IFAD, WFP and Bioversity International**. Rio de Janeiro: FAO, 2012. 11p.

GARDIMAN JÚNIOR, B.S.; COUTO, D. R.; SOUZA, F. B. C.; SANTOS JUNIOR, G. N. dos; SANTOS, A. R. dos. Perda de solo por erosão hídrica em áreas de preservação permanente na microbacia hidrográfica Córrego do Horizonte, Alegre, Espírito Santo. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v.9, p. 21-34, 2012.

JACOMINE, P. K. T.; CAVALCANTI, A. C.; RIBEIRO, M. R.; MONTENEGRO, J. O.; BURGOS, N.; MÉLO FILHO, H. F. R. de; FORMIGA, R. A. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos da margem esquerda do rio São Francisco, estudo da Bahia**. Recife: EMBRAPA, Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, 1976. 404p.

MARTINS, S.G.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; FERREIRA, M. M.; FONSECA, S.; MARQUES, J. J. G. S. M. Perdas de solo e água por erosão hídrica em sistemas florestais na região de Aracruz. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.3, p.395-403, 2003.

MELLO, C. R. **Estudo hidrológico em microbacia hidrográfica com regime de escoamento efêmero**. 2003. 133p. Tese (Doutorado em Agronomia/Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2003.

MERTEN, G. H.; CAPEL, P. D.; MINELLA, J. P. G. Effects of suspended sediment concentration and grain size on three optical turbidity sensors. **Journal of Soils and Sediments**, Cham, v.14, n.7, p. 1235-1241, 2014.

MITSOVA, D. Coupling land use change modeling with climate projections to estimate seasonal variability in runoff from an urbanizing catchment near Cincinnati, Ohio. **International Journal of Geo-Information**, Klybeckstrasse, v.3, n.4, p.1256-1277, 2014.

NAKAYAMA, F. S.; BUCKS, D. A. **Trickle irrigation for crop production - Design, operation and management**. Amsterdam: Elsevier, 1986. 383p

NASA – United States National Aeronautics and Space Administration. **ASTER Global Digital Elevation Map Announcement**. Pasadena: NASA, 2010. Disponível em: <<http://asterweb.jpl.nasa.gov/gdem.asp>>. Acesso em: 03 ago. 2011.

NEVES, F. F. **Análise prospectiva das áreas de risco à erosão na Microbacia Hidrográfica do Rio Bonito, Descalvado - SP, potencialmente poluidoras por dejetos de granjas**. 2005. 200p. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.



NOVOTNY, V. **Water quality: diffuse pollution watershed management**. 2ed. New York: J. Wiley, 2003. 864 p.

PAIVA, E. M. C. D. Métodos de estimativa da produção de sedimentos em pequenas bacias hidrográficas. In: PAVA, J. B. D.; PAIVA, E. M. C. D. **Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas**. Porto Alegre: ABRH, p. 365-394, 2003.

PEREIRA, S. B.; PRUSKI, F. F.; SILVA, D. D.; MATOS, A. T. Desprendimento e arraste do solo pelo escoamento superficial. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.7, n.3, p.423-429, 2003.

PIROLI, E. L.; ISHIKAWA, D. T. K.; DEMARCHI, J. C. Análise das mudanças no uso do solo da microbacia do córrego das Furnas, município de Ourinhos-SP, entre os anos de 1972 e 2007, e dos impactos sobre suas áreas de preservação permanente, apoiada em geoprocessamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR, 2011, Curitiba. **Anais...** Curitiba: SBSR, 2011. p. 6333-6340. 1 CD-ROM.

PRUSKI, F. F.; BRANDÃO, V. S.; SILVA, D. D. **Escoamento superficial**. Viçosa: UFV, 2003. 88p.

QUILBÉ, R. A. N.; ROUSSEAU, J.; MOQUET, S.; SAVARY, S.; RICHARD, S.; GARBOUJ, M. S. Hydrological responses of a watershed to historical land use evolution and future land use scenarios under climate change conditions. **Hydrology and Earth System Science**, Munich, v.12, n.1, p. 101-110, 2008.

RIENTJES, T. H. M.; HAILE, A. T.; KEBEDE, T.; MANNAERTS, M. M.; HABIB, E.; STEENHUIS, T. S. Changes in land cover, rainfall and stream flow in Upper Gilgel Abbay catchment, Blue Nile basin – Ethiopia. **Hydrology and Earth System Science**, Munich, v.15, n.6, p.1979-1989, 2011.

SÁ JUNIOR, A. de. **Aplicação da classificação de Koppen para o zoneamento climático do Estado de Minas Gerais**. 2009. 101p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

SILVA, A. M.; SCHULZ, H. E.; CAMARGO, P.B. **Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas**. 2ed. São Carlos: Rima, 2007. 158p.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 3ed. Porto Alegre: ABRH/UFRGS, 2004. 943 p.

TUNDISI, J. D.; TUNDISI, T. M. Impactos potenciais das alterações do Código Florestal nos Recursos Hídricos. **Biota Neotropica**, Campinas, v.10, n.4, p. 67-75, 2010.

VANZELA, L. S.; HERNANDEZ, F. B. T.; FRANCO, R. A. M. Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do córrego Três Barras, Marinópolis. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.1, p. 55-64, 2010.

WWF - GLOBAL. WORLD WIDE FUND FOR NATURE. **The energy report: 100% renewable energy by 2050.** Zeist: WWF, 2011. 40p.