

## **ANÁLISE DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL POR MEIO DO MODELO HIDROSEDIMENTOLÓGICO SWAT PARA A SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DO PEIXE, ITABIRA-MG**

*Pedro Henrique Rodrigues Pereira<sup>1\*</sup>; Eliane Maria Vieira<sup>2</sup>; Roberto César de Almeida Monte-  
Mor; Letícia de Souza Perdigão<sup>4</sup>; Aline Copque Fialho do Bonfim<sup>5</sup>*

**Resumo** – A sub-bacia do rio do Peixe, localizada nos municípios de Itabira e Nova Era, Minas Gerais, sofre impactos de atividades antrópicas como a mineração, a agropecuária e a silvicultura presentes na região. Tais atividades, caso não sejam monitoradas, podem trazer consequências como a intensificação do volume de escoamento superficial podendo ocasionar problemas com a erosão. Para prever como esses processo ocorre, alguns modelos como a ferramenta SWAT (*Soil and Water Assessment Tool*) foram criados para simular o impacto das práticas de manejo de solo nas bacias hidrográficas. Neste estudo, o escoamento superficial na sub-bacia foi simulada no qual verificou-se que os valores de volume de escoamento na sub-bacia aconteceram principalmente nas regiões de uso urbano e agricultura demonstrando a influência direta do uso e cobertura de solo.

**Palavras-Chave** – escoamento superficial, SWAT.

## **ANALYSIS OF RUNOFF HYDROSEDIMENTOLOGICAL SWAT MODEL FOR SUB-BASIN RIO DO PEIXE, ITABIRA-MG**

**Abstract** – The sub-basin of Rio do Peixe, located in the municipalities of Itabira and Nova Era, Minas Gerais, suffers impacts of anthropogenic activities such as mining, agriculture and forestry in the region. Such activities, if not monitored, may have consequences such as increased the runoff's volume may cause problems with erosion. To predict how these process occurs, some models like the tool SWAT (*Soil and Water Assessment Tool*) was created to simulate the impact of soil management practices in watersheds. In this study, the runoff in the sub-basin was simulated in which it was found that the values of volume flow in the sub-basin occurred mainly in the areas of agriculture and urban use demonstrating the direct influence of the use and soil cover.

**Keywords** – runoff, SWAT.

<sup>1</sup> Discente da Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI/Itabira CEP 35900-000 – Itabira - MG, Brasil. E-mail: pedro.hrp90@gmail.com

<sup>2</sup> Professor Adjunto da Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI/Itabira CEP 35900-000 – Itabira - MG, Brasil. E-mail: elianeveira@unifei.edu.br

<sup>3</sup> Professor Adjunto da Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI/Itabira CEP 35900-000 – Itabira - MG, Brasil. E-mail: rmontemor@unifei.edu.br

<sup>4</sup> Discente da Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI/Itabira CEP 35900-000 – Itabira - MG, Brasil. E-mail: leticia.sperdigao@gmail.com

<sup>5</sup> Discente da Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI/Itabira CEP 35900-000 – Itabira - MG, Brasil. E-mail: aline.copque@gmail.com

## 1. INTRODUÇÃO

Os problemas relacionados a recursos naturais das bacias hidrográficas vêm demonstrando que atividades humanas, nos seus mais diferentes níveis, contribuem para intensificação ou causa das adversidades encontradas neste território. As alterações das características na região podem ocasionar a intensificação de certos processos naturais que nela ocorrem, como o escoamento superficial.

O escoamento superficial ocorre quando a água da chuva não infiltra-se no solo, formando uma lâmina d'água que escoar por sua superfície. Este escoamento é capaz de transportar sedimentos aos recursos hídricos reduzindo sua qualidade e disponibilidade, além de causar grandes perdas dos solos gerando problemas mais graves como a erosão.

Para prever como esses processos ocorrem, alguns modelos hidrossedimentológicos se tornaram importantes ferramentas, que podem ser utilizados para avaliar a produção de água e sedimentos em uma bacia hidrográfica.

Um dos modelos que vem sendo empregado pela comunidade científica é o modelo hidrossedimentológico *Soil and Water Assessment Tool* (SWAT). O SWAT foi desenvolvido pela *Agricultural Research Service* (ARS) ligado ao *United States Department of Agriculture* (USDA) com a finalidade prever o impacto das práticas de manejo do solo em relação à água, sedimentos e produção química agrícola na bacia hidrográfica. Tal modelo requer dados específicos de entrada sobre clima, topografia, vegetação e práticas de manejo do solo presentes na bacia no qual os processos físicos que envolvem a água, o movimento de sedimentos, o crescimento de culturas, entre outros, serão modelados (Neitsch *et al.* 2009).

Nas bacias brasileiras, o processo de escoamento superficial ocorre de maneira intensa principalmente pelo uso e ocupação do solo de maneira imprópria. A sub-bacia hidrográfica do Rio do Peixe está presente nos municípios de Itabira e Nova Era e possui sua nascente próxima ao centro urbano de Itabira onde existe a exploração e extração de minério de ferro. Somado a este fato, em toda a sub-bacia existe a presença de atividades agropecuárias e de silvicultura que em conjunto caracterizam a sub-bacia como uma região de intensa atividade antrópica, que podem proporcionar o aumento do escoamento superficial.

Contudo, tornam-se importante os estudos em sub-bacias como a do Rio do Peixe, principalmente sobre o escoamento superficial nestas regiões, onde a modelagem com o SWAT pode ser aplicada para prever como estes processos ocorrem, criando formas de planejamento que gerem resultados a níveis locais e para toda a bacia hidrográfica, garantindo o desenvolvimento das atividades humanas em conjunto a proteção do meio ambiente.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Área de estudo

A sub-bacia hidrográfica do Rio do Peixe (Figura 1) está localizada entre os municípios de Itabira e Nova Era à aproximadamente 110 km de Belo Horizonte, capital do Estado do Minas Gerais, integrando-se à bacia hidrográfica do Rio Piracicaba, um dos tributários da bacia hidrográfica do Rio Doce (PREFEITURA DE ITABIRA, 2012).

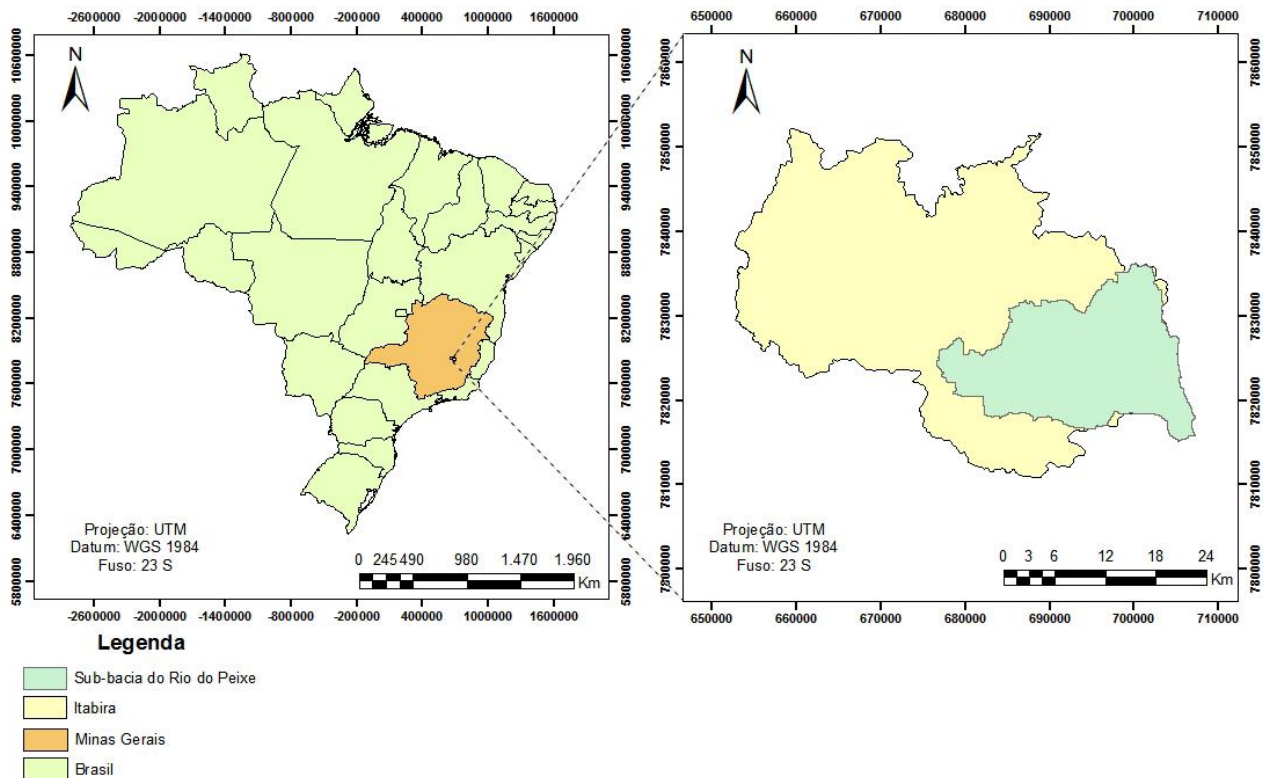


Figura 1 - Limite e localização da sub-bacia hidrográfica do Rio do Peixe

O clima de Itabira é em predominância o clima tropical de altitude, com médias de temperatura de 20,3°C, médias máximas de 25,4°C e médias de mínimas de 15°C. As chuvas na região se concentram nos meses de novembro a fevereiro e o período de seca que se estende de maio a setembro, registrando-se médias anuais de pluviosidade de aproximadamente 1400 mm para a região (Carvalho e Brasil 2009).

A mineração, considerada uma prática constante na bacia do Rio Piracicaba e também na sub-bacia do Rio do Peixe, possui intensa exploração do minério de ferro ocupando grandes extensões a céu aberto. As atividades rurais presentes na sub-bacia são caracterizadas pela agropecuária e a silvicultura, sendo esta, a principal produção a de eucaliptos, utilizados para alimentar os fornos das siderúrgicas e na fabricação de celulose (Trindade, 2007). Além disso, durante o percurso, o rio do Peixe recebe o despejo de esgoto tratado da cidade de Itabira da estação de tratamento de esgoto.

## 2.2 O modelo SWAT

Para a determinação do escoamento superficial da sub-bacia hidrográfica utilizou-se o modelo hidrossedimentológico SWAT, que trabalha de maneira integrada com os Sistemas de Informações Geográficas (SIG's) através de sua interface com o *software* ArcGIS. O modelo requer dados de entrada que consistem no Modelo Numérico do Terreno (MNT), mapa de solos, mapa de uso e ocupação do solo e dados climatológicos.

A priori, os dados referentes ao Modelo Numérica do Terreno foram obtidos através de imagens do satélite *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) com resolução espacial de 30 metros. Inserido-se o MNT no SWAT, foi delimitada a direção do fluxo de água da sub-bacia

gerando-se os cursos d'água e as divisões da sub-bacia em microbacias. Com o MNT, também foi gerado o fluxo acumulado do escoamento superficial para a sub-bacia através do *software* ArcGIS.

O mapa de solos da sub-bacia do rio do Peixe, foi obtido a partir da Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM) em parceria com a Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais (CETEC) do ano de 2011, classificado de acordo com as normas de classificação dos solos do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBICS), elaborado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) no ano de 2006. O mapa possui uma escala de 1:500.000 e para determinar os solos na sub-bacia do rio do Peixe, foi utilizado a ferramenta *Clip* do ArcGIS que recorta o mapa de solos a partir do limite da sub-bacia.

O mapa de uso e ocupação dos solos foi elaborado a partir da digitalização e classificação de quatro imagens do município de Itabira obtidas do satélite Landsat 5, sendo posteriormente georreferenciadas no ArcGIS. A digitalização e classificação foram feitas com o *software* ArcGIS na região da sub-bacia do rio do Peixe, diferenciando-se nas imagens seis tipos de classes de uso e ocupação do solo e atribuindo-se um código referente ao seu tipo de uso do solo.

Para os dados climatológicos, foram utilizados dados das estações meteorológicas de cidades vizinhas com características semelhantes a sub-bacia do Rio do Peixe, devido a carência de dados da estação presente no município de Itabira, utilizando-se portanto os dados das estações das regiões de Belo Horizonte e Conceição do Mato Dentro. Para a simulação utilizou-se dos valores diários de precipitação, temperatura máxima e mínima, além das médias mensais dos respectivos parâmetros.

Por fim, a partir da alimentação do modelo hidrossedimentológico SWAT com os dados de entrada, as microbacias geradas foram parametrizadas por meio das Unidades de Respostas Hidrológicas (*Hydrologic Response Units - HRU's*). As HRU's constituem partes das microbacias que possuem em comum as mesmas características de uso e manejo do solo, tipo de solo e declividade, no qual os parâmetros são tratados de maneira concentrada e não interagem entre si, sendo os resultados de escoamento, nutrientes e sedimentos compostos pela soma das HRU's presentes em cada microbacia (Lubitz, 2009). Para esta simulação, foi simulado o parâmetro correspondente ao escoamento superficial, cujos resultados podem ser visualizados a seguir.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Como descrito anteriormente, foram elaborados os dados de entrada para o SWAT, cujo o primeiro plano de informação a ser definido foi o MNT (Figura 2). Para a região da sub-bacia foram encontrados valores de altitude mínima de 544,6 m, máxima de 1275,3 m e média de 821,7 m.

O mapa de solos gerado para a sub-bacia (Figura 3), representou somente dois tipos de solos para a região, sendo os solos litólicos correspondentes a 1,01% e em maior predominância os latossolos vermelho-amarelo ocupando cerca de 98,99% da sub-bacia.

Também foram delimitadas pelo SWAT o limite da sub-bacia do Rio do Peixe e as microbacias pelo tendo por base o MNT. A sub-bacia foi segmentada em 27 microbacias como apresentado na Figura 3.



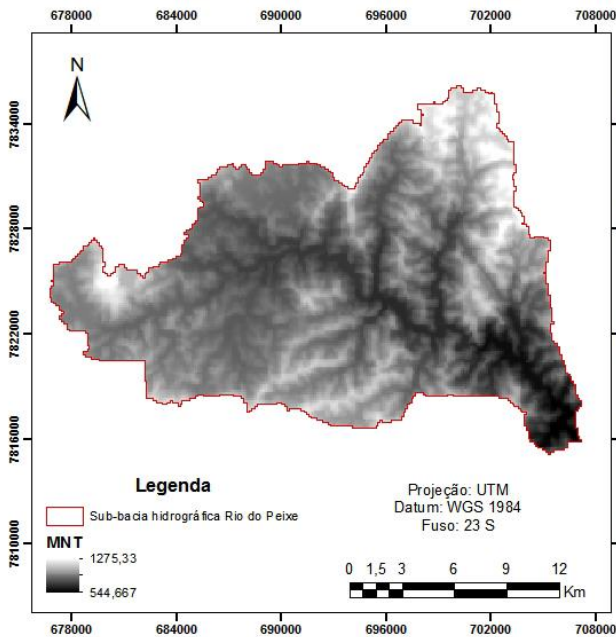


Figura 2 – Modelo Numérico do Terreno da sub-bacia hidrográfica do Rio do Peixe.

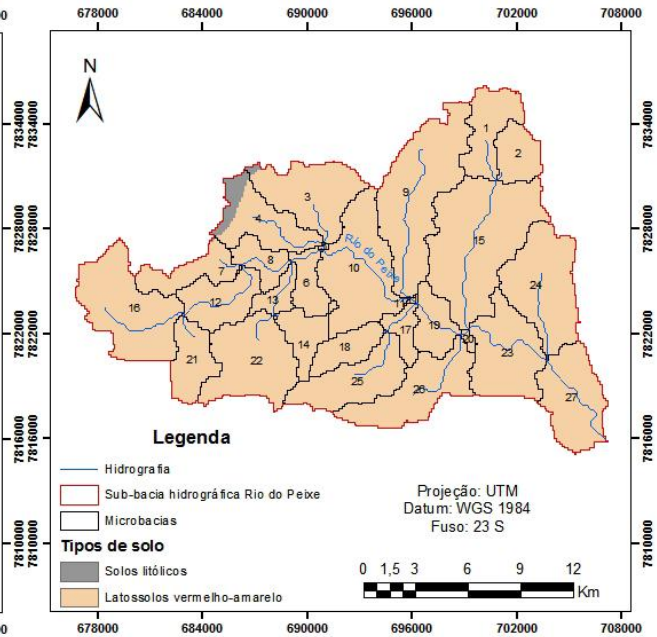


Figura 3 – Mapa de solos para sub-bacia hidrográfica do Rio do Peixe.

Além da delimitação do curso d'água e microbacias por meio do MNT, foi também possível gerar através da ferramenta *Flow Accumulation* do ArcGIS o mapa de fluxo acumulado para a sub-bacia representado na Figura 4.

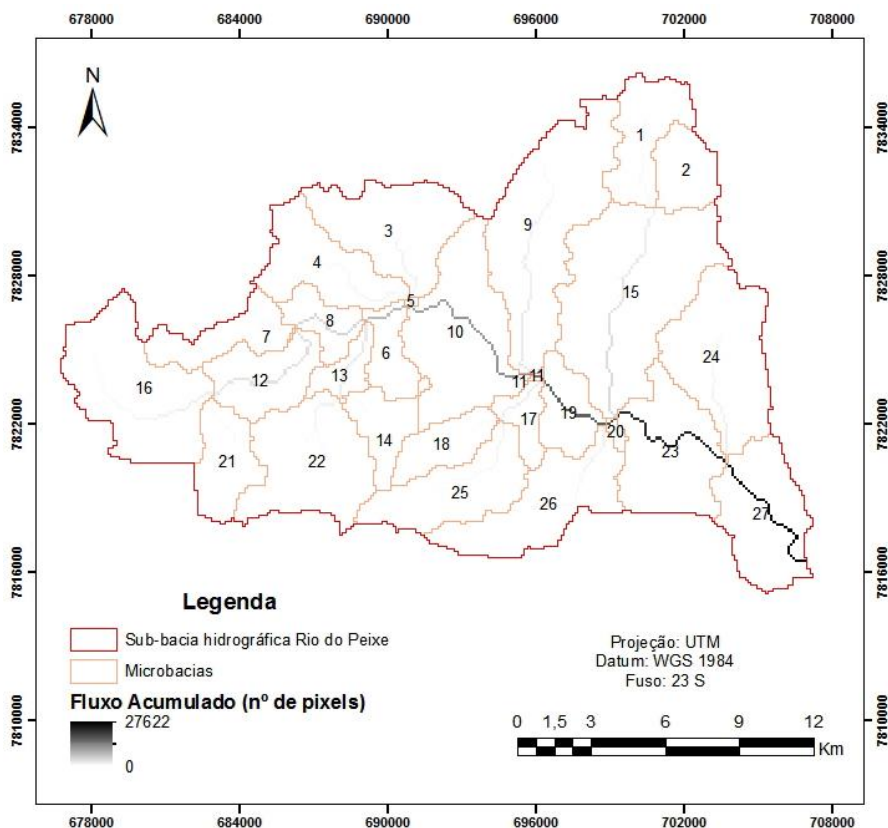


Figura 4 - Direção do fluxo acumulado da sub-bacia hidrográfica do Rio do Peixe

A distribuição espacial do uso e ocupação do solo da sub-bacia está ilustrada pelo mapa da Figura 5 no qual foram encontrados seis tipos de classes distintas definidas como: urbano, floresta, pastagem, agricultura, solo exposto, água (represas e lagos).

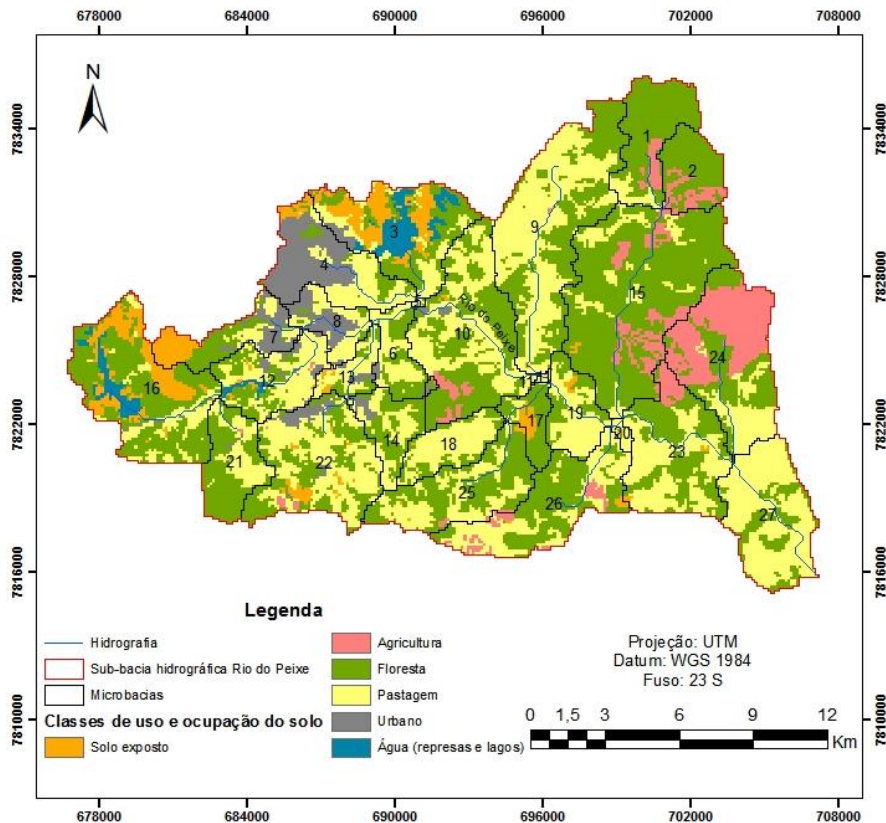


Figura 5 - Distribuição espacial do mapa de uso e ocupação do solo da sub-bacia do Rio do Peixe.

Para quantificação dos diferentes usos de solo, foi elaborado a Tabela 1 que representa a percentagem de cada uma das áreas em relação a sub-bacia hidrográfica do Rio do Peixe.

Tabela 1 - Área dos tipos de uso e ocupação do solo da sub-bacia do Rio do Peixe

Tipo de uso	Área (ha)	Área (%)
Agricultura	2182,54	6,14
Floresta	16510,81	46,45
Pastagem	12870,68	36,21
Solo exposto	1657,75	4,66
Urbano	1738,58	4,89
Água (represas e lagos)	585,09	1,65

Analisando os valores obtidos pela Tabela 1, percebe-se que pouco menos da metade da área da sub-bacia é ocupada por regiões de floresta, em contrapartida, se somarmos as porcentagens de atividades envolvidas com atividades e modificações antrópicas totalizam-se que cerca de 49,71%. Assim cerca de metade da área da sub-bacia está sobre algum tipo de influência de ocupação humana. Este resultado se apresenta relativamente próximo aos encontrados para toda a bacia hidrográfica do rio Piracicaba, que apresenta cerca de 60% das áreas ocupadas por sistemas antrópicos, estando diretamente associadas as altas taxas de geração de sedimentos (IGAM, 2010).

Com os resultados simulados para escoamento superficial foi gerado o mapa da distribuição espacial deste parâmetro nas microbacias, cujo os resultados obtidos para toda a sub-bacia estão ilustrados a seguir na Figura 6.

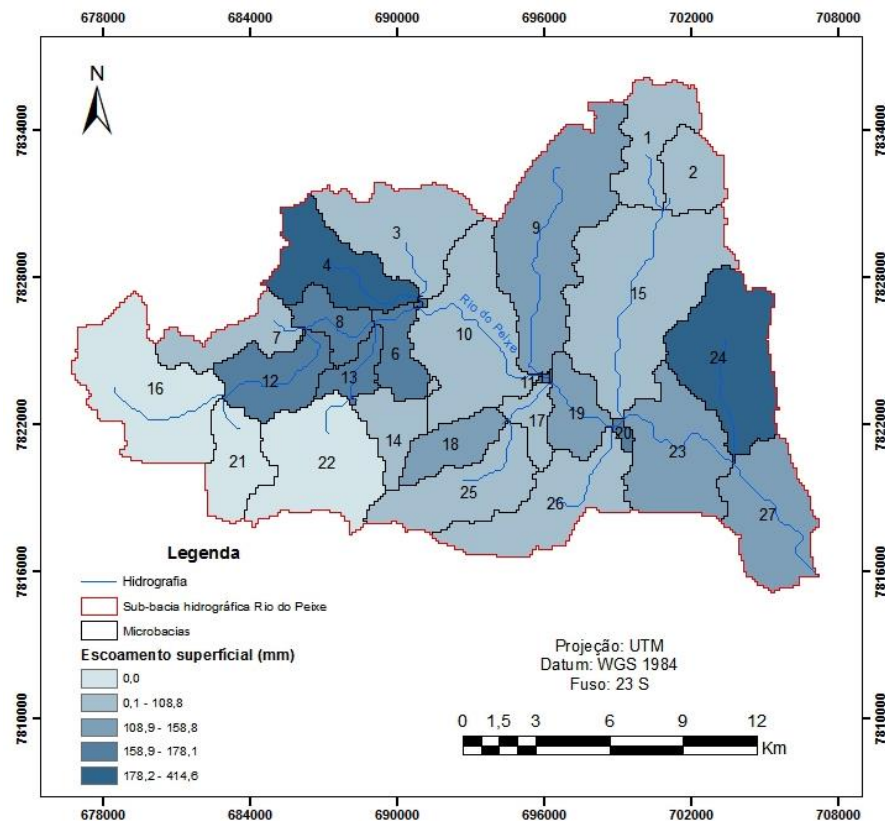


Figura 6 - Distribuição espacial do escoamento superficial para a sub-bacia do Rio do Peixe

Correlacionando os resultados das Figuras 4 e 6, nota-se que os maiores valores de fluxo acumulado para a região, ocorreram nas microbacias próximas ao exutório da sub-bacia, principalmente nas de número 19, 20, 23 e 27. Entretanto, o resultado gerado do escoamento superficial demonstra que as regiões que apresentaram maiores volumes de escoamento são as microbacias 4, 6, 8, 12 e 13, com exceção somente da microbacia 24.

A divergência dos resultados obtidos entre o fluxo acumulado e o escoamento superficial simulado, permite introduzir a importância da cobertura do solo na variabilidade do escoamento nas microbacias. Segundo Silva *et al.* (2005) a cobertura do solo representa um obstáculo mecânico ao livre escoamento superficial, diminuindo sua velocidade e aumentando a capacidade de infiltração da água no solo, reduzindo assim o seu volume.

Portanto, analisando-se os resultados das Figuras 5 e 6 é possível observar que as microbacias que obtiveram os maiores valores de escoamento superficial estão localizadas principalmente nas regiões que possuem a cobertura do solo urbano. Tal resultado era esperado, devido a impermeabilização do solo nas áreas urbanas que dificultam a infiltração da água no solo elevando, portanto, o volume de escoamento superficial.

Para microbacia 24, o elevado valor de escoamento superficial pode ser justificado pela ocupação do solo com a mais extensa área contínua de agricultura da sub-bacia. Porém, deve-se ressaltar que para esta simulação o cultivo de eucalipto na sub-bacia foi considerado na classificação de uso e cobertura do solo como agricultura, o que se enquadra para a região microbacia 24.

#### 4. CONCLUSÃO

Os resultados esperados para o escoamento superficial na sub-bacia hidrográfica do Rio do Peixe foram satisfatórios, no qual as microbacias localizadas na região urbana do município de Itabira apresentaram os maiores valores de escoamento superficial como o esperado. A microbacia 24, diferente das demais, teve o alto valor para o escoamento justificado por ser uma extensa área de agricultura.

O modelo SWAT mostrou-se uma importante ferramenta para predizer os efeitos do uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica, possibilitando a adoção de medidas que possibilitem o planejamento e mitigação das atividades presentes nesta unidade.

#### 5. AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI (Campus Itabira)  
À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG

#### REFERÊNCIAS

- CARVALHO H. D.; BRASIL E. R. (2009). *Conjuntura socioeconômica do município de Itabira*. Funcesi. Itabira – MG, 161p.
- INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DA ÁGUA. (2010). *Plano de ação de recursos hídricos da unidade de planejamento e gestão da DO2*. – PARH Piracicaba. Contrato N° 043/2008.
- LUBITZ, E. *Avaliação da aplicação do modelo hidrológico SWAT à bacia do Ribeirão Concórdia - Lontras, SC*. (2009). 125 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Programa de pós-graduação em engenharia ambiental, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2009. Disponível em: <[http://proxy.furb.br/tede/tde\\_busca/arquivo.php?codArquivo=706](http://proxy.furb.br/tede/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=706)> Acesso em: 8 set. 2012.
- NEITSCH S. L.; ARNOLD, J. G.; KINIRY, J. R., WILLIAMS, J. R. (2009). *Soil and water assessment tool - Theoretical documentation version 2009*. Temple: Blackland Research Center, Texas Agricultural Experiment Station, 2019. 647p.
- PREFEITURA DE ITABIRA (2012). *Caracterização do município de Itabira – MG*. Disponível em: <<http://www.itabira.mg.gov.br/novoportal/index.php/o-municipio>> Acesso em: 25 abr. 2013.
- SILVA, D. D.; PRUSKI, F. F.; SCHAEFER, C. E. G. R.; AMORIM, R. S. S.; PAIVA, K. W. N. (2005) Efeito da cobertura nas perdas de solo em um Argissolo Vermelho-Amarelo utilizando simulador de chuva. *Engenharia Agrícola*, v.25, n.2, pp.409 - 419.
- TRINDADE, J. C. D. (2007). *Paisagem e desenvolvimento econômico da bacia do Rio Piracicaba/MG*. Itabira: Fundação Comunitária de Ensino Superior de Itabira. Trabalho Final de Graduação. Disponível em: <<http://www.funcesi.br/Portals/1/monografia%20geografia.pdf>> Acesso em: 8 set. 2012.