

## **AValiação DA ACURÁCIA DO MAPEAMENTO PEDOLÓGICO DA BACIA DA PICADA A PARTIR DO PROCESSAMENTO DIGITAL DE VARIÁVEIS MORFOMÉTRICAS**

***Evaluation of the accuracy of mapping pedologic basin of sting from digital processing of variable morphometric***

Iza Carla de Oliveira e Silva

Mestre em Geografia pela Universidade Federal de Goiás  
[izaoliveira07@gmail.com](mailto:izaoliveira07@gmail.com)

Régia Estevam Alves

Doutoranda pela Universidade Nova de Lisboa  
[regiaestevam@gmail.com](mailto:regiaestevam@gmail.com)

Helder Barbosa Paulino

Professor Doutor do Dep. Agronomia da Universidade Federal de Goiás  
[helderlino51@yahoo.com.br](mailto:helderlino51@yahoo.com.br)

### **Resumo:**

O presente trabalho tem o objetivo de elaborar um mapa pedológico digital da Bacia Hidrográfica do Ribeirão da Picada-GO, a partir do processamento digital de variáveis morfométricas extraídas de um MDT do SRTM e verificar qual a acurácia do mapa de solo processado a partir deste tipo de recurso. A metodologia objetivou avaliar a eficiência deste tipo de mapeamento para orientar trabalhos de campo tornando-se pesquisas mais rápidas e de baixo custo. O MDT foi elaborado com resolução espacial de 30 metros disponíveis por reamostragem pelo TOPODATA. A partir do MDT, foram obtidos variáveis morfométricas para serem usadas na elaboração das composições de cores RGB, com vistas a identificar tipos de solo, sendo: declividade, aspecto e área de contribuição. O resultado foi comparado com o mapeamento da base do SIEG (2008) e outro da mesma base do SIEG, porém atualizado por Alves (2012). No mapeamento da base do SIEG (2008) há a ausência da classe de solo NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS, porém Alves (2012) fez adaptações com ajuda de um aparelho de GPS, delimitando a área de maior representatividade da classe de NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS. Os resultados da acurácia do mapa de solo pelo índice kappa indicaram uma classificação satisfatória para classes de solos com características semelhantes como os LATOSSOLOS. Entretanto, a metodologia utilizada não foi eficiente para a Bacia Hidrográfica do Ribeirão da Picada-GO em sua totalidade devido ser uma bacia com característica heterogênea. Os destaques no mapeamento foram à identificação de uma área de ocorrência dos NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS maior do que indica o mapa de solo do SIEG adaptado por Alves (2012) e a supressão da classe de ARGISSOLOS presentes na bacia.

**Palavras-Chave:** SRTM, Morfometria, Relevo, Solo.

**Abstract:**

This work aims to develop a digital soil map of the Ribeirão da Picada-GO Hydrographic Basin, from digital processing of extracted morphometric variables from SRTM and MDT to verify the accuracy of which soil map rendered from such resource . The methodology aimed to evaluate the efficiency of this type of mapping to guide fieldwork becoming faster and cost-effective research. The MDT was produced with a 30 meters spatial resolution available for resampling by TOPODATA. From MDT, morphometric variables was obtained to be used in preparing the compositions of RGB colors , in order to identify soil types, were being: Slope , aspect and area of contribution. The result was compared with the mapping of the base of SIEG (2008) and another from the same base of SIEG, updated by Alves (2012). In mapping the base of SIEG (2008) there is a lack of soil class NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS, but Alves (2012) made adjustments with the help of a GPS device, delimiting the most representative area of the class of NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS. The accuracy results of the soil map by kappa index indicated a satisfactory rating for soil classes with similar characteristics as LATOSSOLOS. Though, the methodology used was not efficient for the Ribeirão da Picada-GO Watershed in its entirety due to being a watershed with heterogeneous features. The highlights on mapping were the identification of an greater area of occurrence of NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS than indicates the soil map of the SIEG adapted by Alves (2012) and the abolition of ARGISSOLOS class in the basin.

**Keywords :** SRTM , Morphometry , Relief , Soil.

## 1 INTRODUÇÃO

Os mapeamentos de solo visam à separação das classes de solo e sua distribuição espacial, com o intuito, dentre outros, de auxiliar na tomada de decisão de projetos, empreendimentos e formas de manejo, não sendo um procedimento de classificação. No Brasil, de acordo com o Instituto de Geografia e Estatística -IBGE (2007), os mapeamentos de solos existentes foram realizados primeiramente para todo o Território Nacional em escala de 1:1.000.000 pelo Projeto RADAMBRASIL, e nas últimas décadas, numa escala de 1:250.000 para várias Unidades da Federação pelo Centro Nacional de Pesquisas de Solos da Embrapa, escalas que ainda são pouco elucidativas, quando se exige mais acuracidade de informações.

Embora os dados de solo estejam disponíveis para o público em geral, a maior parte do país está mapeada em escala pequena, a qual não é adequada para planejamento de uso e manejo dos solos em município, propriedade rural ou

bacia hidrográfica. Mapas com escalas pequenas podem ser utilizados para planejamento em grandes regiões, zoneamento, construção de ferrovias e rodovias entre outros. Para projetos relativos a usos e manejos em escala municipal, o ideal é, segundo Chargas (2006) se utilizar escalas maiores ou iguais a 1:50.000.

Segundo o IBGE (2007), é importante esclarecer que os mapeamentos realizados pelo Projeto RADAMBRASIL foi elaborado através de radar aerotransportado de visada lateral de abertura real (SLAR) em escala de 1:250.000 e em seguida essas interpretações foram reduzidas por meio fotográfico para uma escala de 1:1.000.000.

Todavia, a partir dos avanços tecnológicos do final da década de 1970, uma importante ferramenta tem auxiliado nos estudos voltados aos recursos terrestres reduzindo custos e otimizando tempo. Assim, o surgimento do sensoriamento remoto que, em 40 anos, conta atualmente com sensores remotos, os quais produzem dados cada vez mais confiáveis e temáticos, possibilitando a realização de mapeamento de vários tipos, inclusive pedológicos.

Dentre alguns exemplos de estudos relacionados à modelagem ambiental, envolvendo compartimentação pedológica pelo uso de sensores orbitais, pode-se citar a missão SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*), que através de interferometria de radar de abertura sintética (*InSAR*), obteve como produto um Modelo Digital de Terreno (MDT) de 80% do Globo terrestre, o que contribuiu sobre maneira com as análises relacionadas a modelagem ambiental (USGS, 2003).

Nestas perspectivas a que se realizarem novos estudos, em escalas menores, para que se possa assim contribuir com ações de uso e manejo dos recursos naturais de modo adequado para se evitar impactos ambientais, pelas ações antrópicas irrevésíveis, principalmente quando refere-se a ambientes como as bacias hidrográficas, das quais nem sempre possuem características homogênicas entre os seus ecossistemas, exigindo um maior cuidado no processo de uso e ocupação desses recursos naturais.

Deste modo, a escolha de bacia hidrográfica como unidade espacial em estudos que primam por mapeamentos em bacias hidrográficas é muito relevante, pois a bacia hidrográfica constitui-se em uma unidade ambiental natural

de fácil delimitação. Além de possibilitar uma análise integrada de seus componentes permitindo a realização de ações de identificação, prevenção e monitoramento do controle de degradações conforme as características específicas de cada área da bacia, como é o caso da Bacia Hidrográfica do Ribeirão da Picada, no município de Jataí/Goiás/Brasil, que possui características heterogêneas em suas classes de solos. Isto implica em restrições de determinados tipos de uso em algumas áreas da bacia. Assim, a realização de mapeamentos com escalas bem detalhadas são importantes, pois permite uma análise ampla da bacia.

A Bacia Hidrográfica do Ribeirão da Picada, é um claro exemplo de áreas com bases cartográficas com escala entre 1:250.000 a 1: 1000.000, das quais não atendem mais as demandas de planejamento de uso da terra, uma vez que Alves (2012) realizou um estudo da caracterização da paisagem a partir da fragilidade ambiental da Bacia Hidrográfica do Ribeirão da Picada, cujo estudo, verificou a ausência da classe de NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS nas bases cartográficas disponíveis para a área da bacia no site do Sistema Estadual de Estatística e Informações Geográficas. Informações estas dissonantes da realidade, uma vez que a mesma possui visualmente áreas em processo de arenização (degradação da terra), o que pode indicar a presença dessa classe de solos e um manejo inadequado destas áreas.

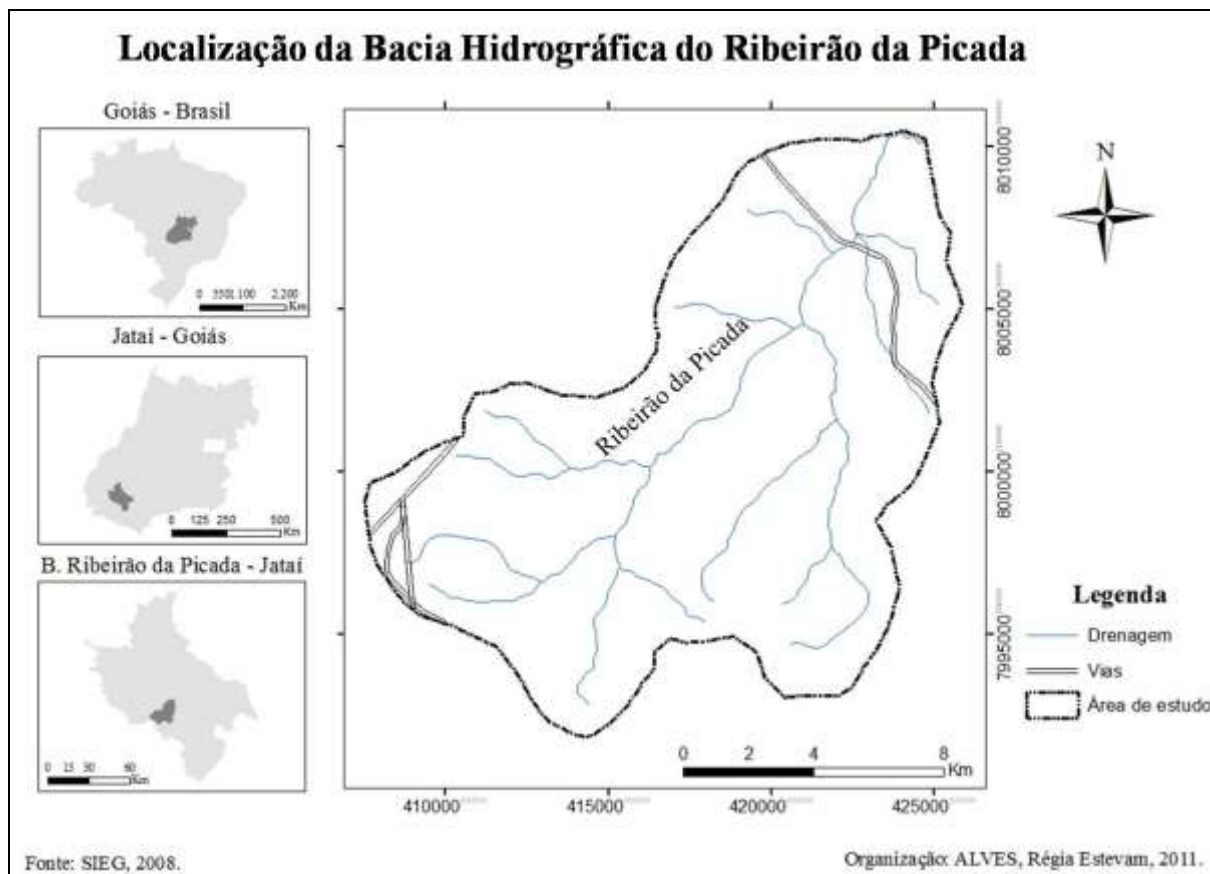
Diante disto, este trabalho teve como objetivo principal desenvolver um mapa de solo a partir do processamento digital de variáveis morfométricas, derivadas de um modelo digital do terreno obtido por sensor remoto orbital, verificando-se qual a acurácia do mapa de solo desenvolvido pelo processamento digital de variáveis morfométricas, de modo a contribuir para ações de uso e manejo do solo.

## **2 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1. Área de estudo**

A pesquisa foi realizada na Bacia Hidrográfica do Ribeirão da Picada (Figura 1) situada no município de Jataí-GO entre as coordenadas E = 404000m, N = 428000m e E = 799000m, N = 8014000m, do Sistema de Coordenadas UTM,

fuso 22. Esta bacia possui aproximadamente 193,1 km<sup>2</sup>, abrangendo diversas propriedades rurais, as quais desenvolvem atividades agropecuárias diversas, predominando agricultura em Plantio Direto e Pecuária.



**Figura 1:** Localização da Bacia Hidrográfica do Ribeirão da Picada, Jataí GO.

Em termos de características de hidrografia, a Bacia Hidrográfica do Ribeirão da Picada nasce ao sul do município de Jataí, e a drenagem principal, que é abastecida por 12 atributos, recebe o nome de Ribeirão da Picada (Figura 01), que deságua no Ribeirão Ariranha, o qual faz parte da bacia hidrográfica do Rio Claro. A bacia está assentada sob arenitos da Formação Vale do Rio do Peixe, em quase toda área da bacia, arenitos da Formação Cachoeirinha de idade Terciária, os quais ocorrem à montante da bacia e sedimentos basálticos da Formação Serra Geral (RADAMBRASIL, 1982; GONÇALVES e SCHNEIDER, 1970).

Em relação aos tipos de solos na bacia, predomina-se LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS, LATOSSOLOS VERMELHOS, ARGISSOLOS VERMELHOS e NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS (ALVES, 2012). Quanto às características de relevo, a bacia apresenta formas de relevo predominantemente

tabulares com dissecções médias, cujas cotas variam entre 550 a 750m. A jusante da bacia as formas de relevo continuam planas, porém apresenta dissecção fraca a média com cotas entre 800 a 850m de altitude (LATRUBESSE, 2005).

No que se refere à cobertura vegetal nativa na bacia, vegetação, os remanescentes corresponde ao Bioma Cerrado, sendo distribuídas em áreas de Mata Seca, Mata úmida, Mata de Galeria, Cerradão e Cerrado. O clima é característico de tropical de continentalidade pronunciada, apresentando um longo período chuvoso (outubro a março), ou seja, tropical chuvoso – Aw (classificação de Köppen, 1918), opondo-se a outro mais seco (abril a setembro) (MARIANO, 2005).

## **2.2 Materiais**

A primeira etapa do trabalho constituiu-se na aquisição da base de dados definida pelo limite da bacia hidrográfica da Picada, obtida no formato *shapefile* pelo SIEG sítio: <http://www.sieg.go.gov.br/>. O mapa pedológico do estado de Goiás disponibilizado pelo SIEG no sítio <http://www.sieg.go.gov.br/> foi utilizado como referência e orientação na definição das classes de solo no momento da classificação. Contudo, o trabalho seguiu utilizando uma atualização da base de solo por Alves (2012), a partir da identificação em campo de uma nova classe (NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS) não identificada pela base original do mapa pedológico do estado de Goiás conforme limitações de escala 1:250.000.

O MDT foi obtido da missão SRTM, na articulação 18s\_525 e Sistema Geodésico de Referencia (SGB) WGS84, através do banco de dados TOPODATA (Valeriano, 2005) disponibilizadas pelo INPE sítio: <http://www.dsr.inpe.br/topodata/acesso.php>, e reamostradas de 3" (90 m) para 1" arco de segundo (30 m).

## **2.3 Produtos morfométricos**

Os produtos morfométricos foram extraídos a partir da imagem de radar SRTM, sendo esta interpolada para eliminar qualquer ausência de valores de altitude. Portanto, foi gerando novo MDT pelo *TIN* (Triangular Irregular Network) no módulo *3D Analyst* do software *ArcMap*. Em seguida foi possível extrair pelo



*Spatial Analyst* as variáveis morfométricas: declividade, aspecto e área de contribuição, com resolução espacial de 30 m, e posteriormente convertido para o formato *raster*.

#### **2.4 Realce digital de variáveis morfométricas**

O procedimento de realce digital visou elaborar uma composição colorida, combinando três imagens morfométricas com as três cores primárias que definem o sistema RGB (*Red, Green, Blue*). O propósito da composição colorida é sintetizar, numa única imagem, uma grande quantidade de informação referente às feições, contribuindo na qualidade visual e discriminação do padrão de relevo e assim facilitando determinar classes de solo.

Portanto, a composição colorida que melhor contribuiu na definição da classe de solo foi definida por: MDT (*R*), declividade (*G*) e área de contribuição (*B*).

#### **2.5 Classificação da imagem morfométrica**

As imagens morfométricas produzidas por composição colorida passaram pelo método de classificação supervisionada. Obteve-se de cada classe de solo quatro amostras de treinamento na imagem resultante da composição colorida das variáveis morfométricas para o objetivo de controlar as regiões homogêneas de interesse no processo de classificação. O algoritmo de classificação aplicado foi o Máxima Verossimilhança (MaxVer) e o resultado da classificação foi um mapa de classes de solo em formato matricial (*raster*) que posteriormente foi convertido para o formato vetorial a fim de possibilitar a inspeção e edição de classes classificadas erroneamente.

Por fim a definição da legenda relacionada à classificação da imagem morfométrica foi orientada e detalhada a partir do mapa pedológico do estado de Goiás na escala de 1:250.000 modificado por Alves (2012) através de coletas de campo.

#### **2.6 Exatidão da classifica do solo**

Para avaliar a qualidade da classificação temática do mapa de solo foi calculado o índice *kappa* uma medida da concordância real que avalia o número

de respostas concordantes, sendo um dos procedimentos mais utilizados para mensurar a exatidão de uma classificação. O índice *Kappa* determina a acurácia da classificação por um intervalo de aceitação proposto por Landis e Koch (1977) (Tabela 1).

**Tabela 1** - Índice *Kappa* e o correspondente desempenho da classificação temática do mapa de solo.

Valor do <i>Kappa</i>	Desempenho
< 0,01	Péssimo
0,01 – 0,20	Ruim
0,21 – 0,40	Razoável
0,41 – 0,60	Boa
0,61 – 0,80	Muito Boa
0,81 – 1,00	Excelente

Fonte: Landis e Koch (1977).

O processo de análise do índice *Kappa* envolve a comparação do mapa de solo classificado com os dados de referência ou verdade de campo, e uma matriz de erros identificando as classes de maior confusão pelo chamado erro de comissão (EC) (erros de inclusão) e erros de omissão (EO) (erros de exclusão). Um erro de comissão ocorre ao incluir um objeto na classe a qual ele não pertence e o de omissão quando um objeto é excluído da classe a que pertence.

A seguir é apresentada a equação do índice *Kappa* (1):

$$K = \frac{n \sum_{i=1}^c x_{ii} - \sum_{i=1}^c x_{i+} + x_{+i}}{n^2 - \sum_{i=1}^c x_{i+} + x_{+i}} \quad (1);$$

Onde *K* é uma estimativa do coeficiente *Kappa*; *x<sub>ii</sub>* é o valor na linha *i* e coluna *i*; *x<sub>i+</sub>* é a soma da linha *i* e *x<sub>+i</sub>* é a soma da coluna *i* da matriz de confusão; *n* é o número total de amostras e *c* o número total de classes.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1 Variáveis morfométricas

O Modelo Digital do Terreno (MDT) revelou a altitude do terreno, com cotas variando de 550m a 900m de altitude. As maiores altitudes se concentram a montante da bacia. O Modelo Digital do Terreno possibilitou a elaboração do

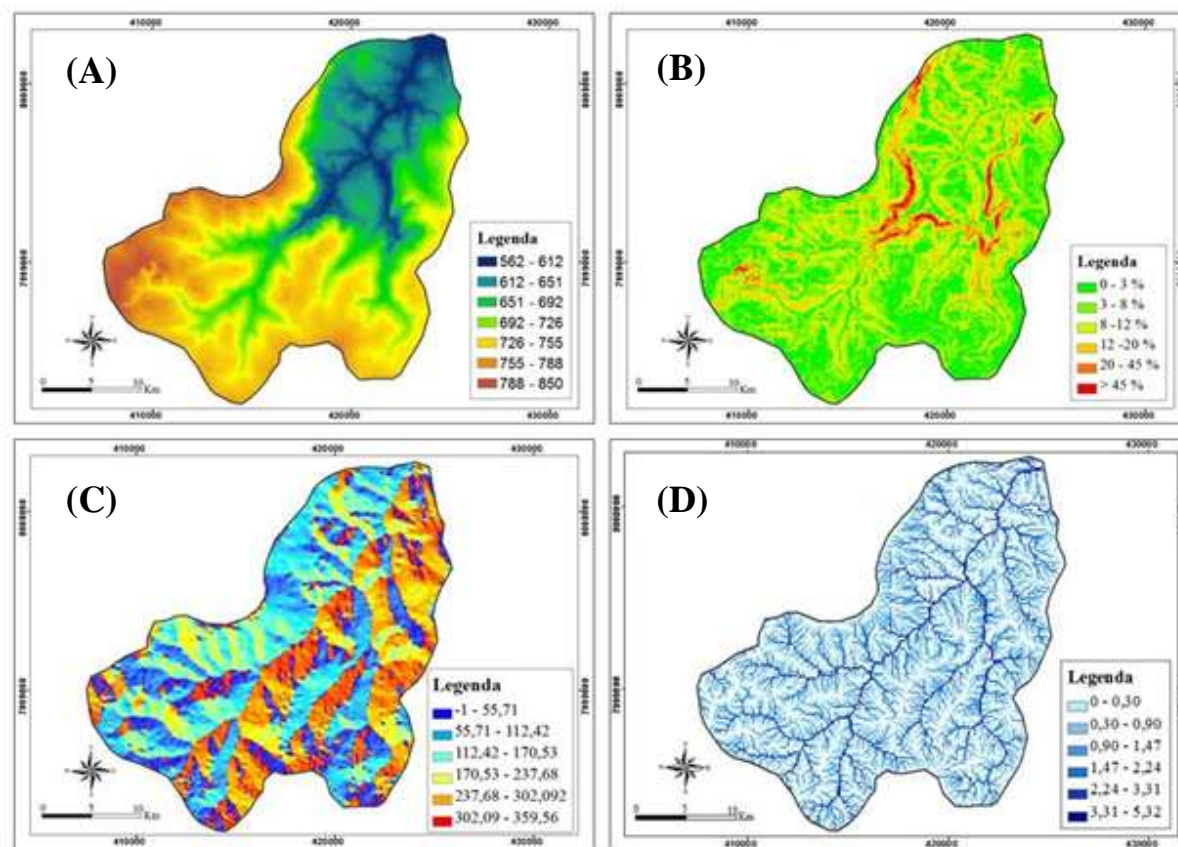


mapa da declividade da Bacia Hidrográfica do Ribeirão da Picada-GO, a qual apresenta declividades acima de 45%, principalmente a médio curso em direção a jusante da bacia onde há ocorrência de falhamento geológico (Figura 2 A e B). Essa declividade indica a necessidade premente, nessa região, de práticas de conservação do solo, as quais não são verificadas na área de estudo, o que pode imprimir em elevadas perdas de solos.

Quanto a terceira derivações da superfície em planta, o mapa de Aspecto revelou a direção das vertentes em setores conforme os pontos cardeais, com intervalos de 45° graus iniciando-se pelo norte (Figura 2 C). Em relação ao mapa de área de contribuição, este representa a área de drenagem da montante de cada pixel, cujo cálculo para cada pixel corresponde ao valor de acumulação de água em áreas com feições côncavas ou em vales (Figura 2 D).

A ação do relevo reflete na ação da água tanto no sentido vertical, quanto no sentido horizontal. No sentido vertical é devido à infiltração da água no solo, no entanto, no sentido horizontal é em função dos processos de escoamentos superficiais e erosivos. É importante ressaltar que em relevos muito movimentados, o escoamento superficial é maior que a infiltração, o que resulta em menos processos de intemperismos.

Assim, a correlação dos atributos do relevo como declividade, dissecação, litologia das rochas como, por exemplo, sedimentos recentes de deposição fluvial compostos por areia, siltes, argilas e cascalhos, presentes principalmente à jusante da bacia, sobre arenitos da formação Vale do Rio do Peixe, posteriormente os tipos de solos, principalmente os NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS (Figura 4 A e B), proporcionou a montante até ao médio curso da Bacia Hidrográfica do Ribeirão da Picada-GO, relevo menos movimentado. Entretanto, na metade do médio curso da bacia, à medida que se avança em direção a jusante, o relevo começa a se apresentar de forma mais movimentada, com presença forte de processos de intemperismo, predominando visivelmente processos de assoreamento, ocorrência de inundações e forte carga de sedimentos no fluxo de água da drenagem principal (Foto 1).



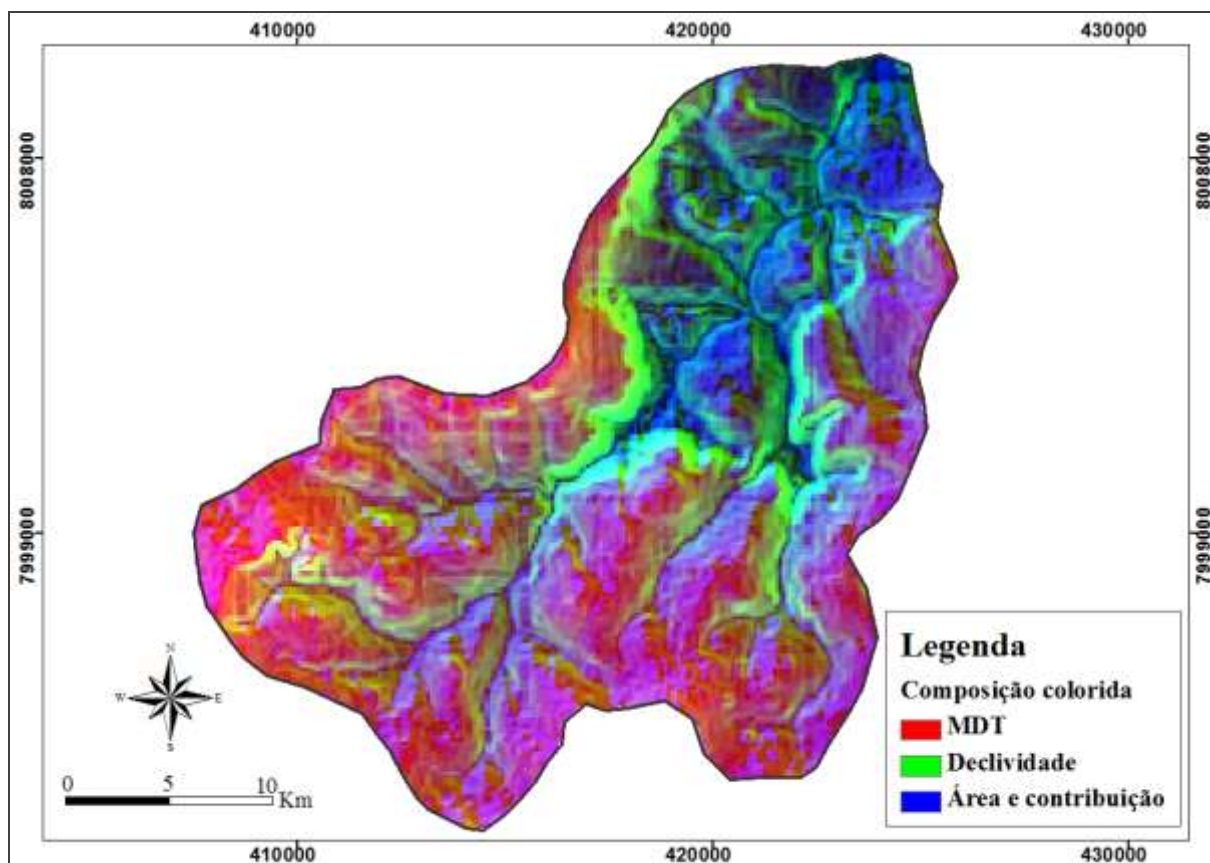
**Figura 2:** (A) - Modelo Digital de Terreno (MDT); (B) - Declividade; (C) - Aspecto e (D) - Área de Contribuição da Bacia Hidrográfica do Ribeirão da Picada-GO.



**Foto 01:** Processos erosivos e assoreamento da drenagem principal da Bacia Hidrográfica do Ribeirão da Picada-GO. Autora: Régia E. Alves. Trabalho de campo realizado em 27/01/2011.

### 3.2 Mapeamento de solo por imagem morfométrica

Os procedimentos metodológicos para elaboração do mapa de solo digital utilizando imagem morfométrica possibilitaram observar que o melhor resultado na discriminação das classes de solo adotado pela qualidade visual nas imagens morfométricas são apresentados pela composição colorida RGB, o qual se configura pelo MDT (*R*), declividade (*G*) e área de contribuição (*B*) (Figura 3).



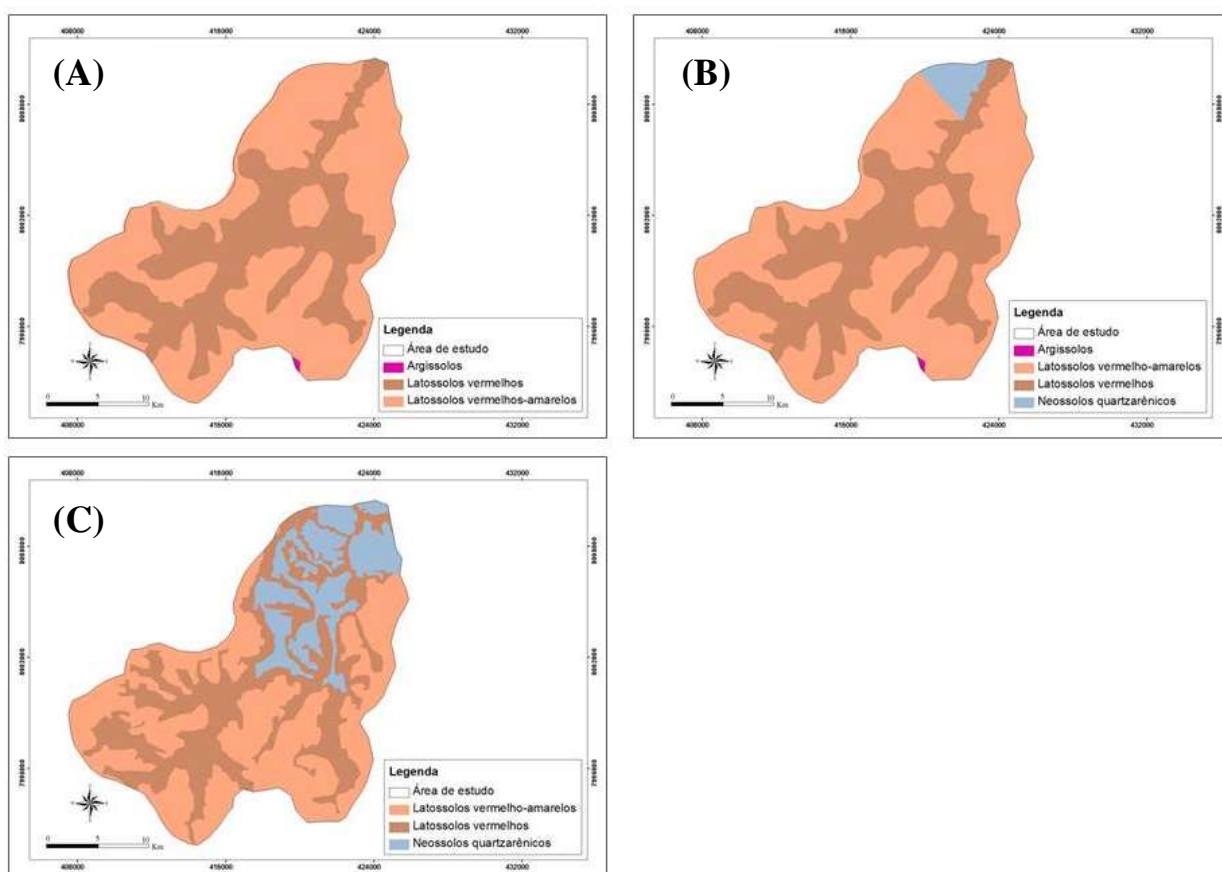
**Figura 3:** Composições coloridas da Bacia Hidrográfica do Ribeirão da Picada-GO elaboradas a partir da combinação das imagens derivadas MDT (*R*), declividade (*G*) e área de contribuição (*B*).

A partir do realce digital por meio da composição colorida foi verificado que as cores em tons de verde correspondem à distribuição espacial da classe de solo LATOSSOLOS-VERMELHOS, a qual abrange áreas com altitudes que variam entre 562 a 850m se estendendo em toda parte de fundo de vale da bacia. A cor vermelha que varia de rosado à lilás refere-se à classe de solo LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS que está distribuída em áreas com altitudes entre 651m 850m, cuja ocorrência desta classe de solo, neste mapa gerado a partir da imagem morfométrica (Figura 3; Figura 4A; B; C) se concentra à montante até ao

médio curso da bacia não correspondendo totalmente com a realidade, pois os LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS abrangem todas as margens da bacia.

Já a cor verde, de acordo com a Figura 3 que representa a composição colorida e com a Figura 4 A; B e C, sendo este último o mapa de solo elaborado a partir da imagem morfométrica, representa a ocorrência dos NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS na bacia, cuja abrangência neste mapeamento predomina-se a jusante até ao médio curso da bacia entre cotas de 562m a 651m de altitude.

Em relação à classe de ARGISSOLOS, como mostra a Figura 4 C, o mapeamento pela composição colorida não possibilitou a identificação da pequena área de ocorrência desta classe de solo não correspondendo a realidade, pois há a presença de ARGISSOLOS numa pequena área, cerca de 0,09% da bacia (Tabela 2), localizada na margem direita à Sudoeste da bacia (Figura A e B).



**Figura 4:** (A) – Classes de solo classificadas por SIEG (2008); (B) – Classes de solos classificadas pela SIEG, adaptado por ALVES (2012); (C) - Comparação entre as classes de solo obtidas através da classificação de realce digital de imagem morfométrica.



A comparação do mapeamento de solo realizado através da imagem morfométrica, com o mapa de solo da base do SIEG (2008) adaptado por Alves (2012) permitiu demonstrar as semelhanças e diferenças quanto à extensão e distribuição das classes de solo de maior representatividade em área conforme é apresentado pela Tabela 1 e as Figuras 4 A; B e C, no entanto, verificou-se diferenças entre o tamanho das áreas de ocorrência das classes de solos. Indicando que a acuracidade do método utilizado para a identificação das classes de solo através das imagens morfométricas é determinada pelo padrão de distribuição dos solos. Assim, áreas homogêneas, com mesma declividade, onde os processos de formação do solo são iguais é possível obter melhores resultados por serem facilmente inferidos. Contudo, devido à escala de identificação, o método não atende de modo satisfatório regiões com formação de solo resultante de falhas geológicas, o que pode acarretar classes diferentes de solo na mesma declividade, regiões mistas.

Desta forma, comparando as áreas de ocorrência da classe de LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS nos três mapeamentos, verificou-se para esta classe um resultado satisfatório conforme a pouca diferença em área encontrada entre os mapas, sendo que o mapa elaborado a partir de variáveis morfométricas identificou o menor percentual de área 46,05%, em relação ao total da bacia, o que significa uma área de 12,34% a menos em relação aos mapeamento elaborados por SIEG (2008) e Alves (2012) (Tabela 1). Resultados satisfatórios também foram obtidos com a classe de solo LATOSSOLOS VERMELHOS, cujo mapeamento a partir das imagens morfométricas identificou 37.98% dessa classe de solo do total da área da bacia, sendo quase o mesmo valor encontrado pelos os outros mapeamentos elaborados por SIEG (2008) e Alves (2012) (Tabela 1). Indicando que o método através da imagem morfométrica proporcionou uma boa inferência da distribuição espacial das classes de solo LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS e LATOSSOLOS VERMELHOS por serem áreas muito homogêneas.

As maiores diferenças observadas foram na classe de solo NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS, como já foi mencionado, em função do tamanho da escala utilizada, na base cartográfica do SIEG (2008), não apresenta essa classe de solo (Figura 4 A), mas comparando os mapeamentos elaborados por Alves (2012) e o

mapa elaborado a partir de imagens morfométricas, observou-se que este último identificou um percentual maior em termos área abrangente. Sendo verificado uma área de 15,97%, o que significa um aumento da classe de solo NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS em 12,75% do total da área da Bacia Hidrográfica do Ribeirão da Picada-GO, o que não corresponde na realidade a abrangência desta classe de solo quando comparada com o mapeamento elaborado por Alves (2012), sendo de 3,22% do total da bacia. Identificando que o método ao inferir a distribuição desta classe de solo não foi satisfatório quando comparado com o mapeamento de Alves (2012), isso devido a classe desse solo ocorrer em uma área de falha geológica na Bacia Hidrográfica do Ribeirão da Picada-GO e o processo de formação de solo não ter definido, neste caso, um padrão homogêneo da distribuição do solo.

Quanto à classe de ARGISSOLOS, a mesma representa percentuais iguais de 0,09% em ambos os mapas do SIEG (2008) (Figura 4 A) e de Alves (2012) (Figura 4 B). Todavia, no mapeamento realizado a partir de imagens morfométricas (Figura 3; Figura 4 C), não foi possível identificar a classe de ARGISSOLOS. Nesta situação a área que deveria ser identificada como área de ocorrência de ARGISSOLOS no mapeamento da composição colorida (Figura 3), apresenta coloração vermelha bastante ressaltada, estando associada a classe de solo LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS, não apresentado nenhuma coloração diferente que indicasse a classe de ARGISSLOS.

**Tabela 2** - Quantificação das classes de solo da Bacia Hidrográfica do Ribeirão da Picada-GO.

QUANTIFICAÇÃO DAS CLASSES DE SOLO								
Classes	Solo – SIEG (2008)		Solo – SIEG adaptado por Alves (2012)		Solo - Imagens morfométricas		Área modificada entre imagens morfométricas e Solo – SIEG (2012)	
	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)
Latossolo Vermelho-Amarelos	11892.34	61.62	11270.4	58.39	8887.73	46.05	2382.67	- 12.34
Latossolos Vermelhos	7391.49	38.29	7391.49	38.29	7331.20	37.98	60.29	- 0.31
Neossolos Quartzarênicos	0	0	621.94	3.22	3082.78	15.97	2460.84	+ 12.75
Argissolos	17.89	0.09	17.89	0.09	0	0	0	0



Total	19301.72	100	19301.72	100.00	19301.72	100.00	4903.79	--
-------	----------	-----	----------	--------	----------	--------	---------	----

### 3.4 Avaliação da exatidão do mapa de solo

Do total dos 36.142 *pixels* classificados, a soma da diagonal principal da matriz de erros indicou que 22.952 *pixels* foram classificados corretamente. O que significa que o EG (exatidão global) foi 63,5% das amostras foram corretamente classificadas quando confrontadas com a verdade terrestre que neste caso a referência foi o mapa de solo do SIEG (2008) adaptado por Alves (2012).

O índice *kappa* que determina a acurácia geral do mapa de solo foi de 0,37 mostrando ser uma classificação adequada de acordo com os valores de referência proposto por Landis e Koch (1977).

**Tabela 3** - Matriz de confusão em *pixel* e calculo do índice *Kappa* entre a verdade terrestre e o mapa de solo classificado da Bacia Hidrográfica do Ribeirão da Picada-GO.

	Latossolo amarelos	Latossolos vermelhos	Neossolos	Total	EC	EG (%)	Kappa	Classif.
<b>Latossolo amarelos</b>	<b>13330</b>	4694	3056	21080	0.3676			
<b>Latossolos vermelhos</b>	3253	<b>8758</b>	1849	13860	0.3681			
<b>Neossolos</b>	0	305	<b>864</b>	1169	0.2609	63.5	0.3716	razoável
<b>Argissolos</b>	33	0	0	<b>33</b>	0.01			
<b>Total</b>	16616	13757	5769	36142				
<b>EO</b>	0.1978	0.3634	0.8502					

A análise da matriz de confusão indicou que o maior erro de comissão foi na classe de ARGISSOLOS na ordem de 100% da classe incluída a uma classe a qual não pertence de fato. Os NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS apresentou uma concordância de 26.09% conforme o erro de omissão e 85.02% de discordância que explica-se pelo aumento de área dos NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS pela classificação. O restante das classes LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS e os LATOSSOLOS VERMELHOS obteve uma melhor classificação com o menor erro de omissão, respectivamente, na ordem de 36.76 e 36.8. Esses dados indicam que a metodologia de mapeamento de classes de

solos através de imagens morfométricas pode ser utilizada como forma de se estabelecer de modo mais preciso as classes dos Latossolos, entretanto para os Argissolos e Neossolos, a que se utilizar concomitante outras ferramentas para que se tenha maior acuracidade.

#### **4 CONCLUSÃO**

O mapeamento pedológico digital realizado a partir do uso de variáveis morfométricas mostrou-se adequado para as classes de solos LATOSSOLOS, com a aplicação da metodologia correlacionando os resultados com a realidade da bacia. Assim é possível perceber que o tipo de solo está relacionado às características do relevo, o qual neste estudo desenvolveu-se através das variáveis morfométricas na maior parte da bacia. Desta forma, as composições coloridas demonstradas pelas imagens morfométricas foram válidas na distinção das classes pedológicas de maior representatividade na bacia, utilizando como referência o mapa pedológico do SIEG (2008) adaptado por Alves (2012), cuja comparação apresentou algumas semelhanças e diferenças em relação à extensão e distribuição das classes de solos.

A metodologia não foi capaz de identificar classes de solos cuja extensão é muito pequena, como o que ocorreu com a classe de ARGISSOLOS, presentes na bacia, porém, suprimida no mapeamento digital utilizando variáveis morfométricas.

Verificou-se que a metodologia utilizada neste estudo não foi satisfatória para a Bacia Hidrográfica do Ribeirão da Picada, em função desta ser uma bacia hidrográfica em que suas características não são homogêneas, cuja distribuição dos solos é marcada pela presença de falhamento geológico. Contudo, a realização deste estudo, possibilitou observar que mapeamentos pedológicos digitais utilizando imagens morfométricas para regiões de falhas geológicas não atendem de modo satisfatório. Entretanto, poderá ser adequado para áreas homogêneas e simétricas com o mesmo processo de formação. Podendo servir de alternativa em caso de mapeamentos pedológicos preliminar de bacias hidrográficas simétricas, sendo possível utilizar seus resultados na orientação dos trabalhos de campo, principalmente ao verificar que nem todos os municípios e

órgãos de estudos são providos de informações planimétricas e altimétricas detalhadas, o que faz dos produtos SRTM uma alternativa economicamente viável e rápida para mapeamento pedológico de solos.

Portanto, estudos que exigem melhor detalhe das classes de solo, como por exemplo, planejamento de uso da terra, é necessária uma metodologia com acuracidade, que consiga identificar com precisão todas as classes de solos, porém, é imprescindível a realização de trabalhos de campo para confrontar e nortear os dados mapeados pelas metodologias morfométricas com a realidade.

## 8 REFERÊNCIAS

ALVES, R. E. **Caracterização da paisagem a partir da fragilidade ambiental da Bacia Hidrográfica do Ribeirão da Picada, Jataí – GO**. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal de Goiás/Campus Jataí. Jataí, 2012. 119 p.

CHAGAS, C. da S. **Mapeamento digital de solos por correlação ambiental e redes neurais em uma bacia hidrográfica no domínio de mar de morros**. 223 f. Tese (Doutorado em solos e nutrição de plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

GERRARD, A. J. **Soils and landforms**. 1.ed. London: George Allen & Unwin, 1981.

GONÇALVES, A.; SCHNEIDER, R. L. Geologia do Centro-Leste de Mato Grosso. PETROBRÁS, DESUL. **Relatório Técnico Interno**, nº 394. Ponta Grossa, 1970. 43 p.

HERMUCHE, P. M. et al. **Morfometria como suporte para elaboração de mapas pedológicos: I. bacias hidrográficas assimétricas**. Embrapa Cerrados, Planaltina – DF, n. 68, ISSN 1517-5111, 25 p., dezembro de 2002. Disponível em: <<http://www.cpac.embrapa.br/download/294/t>>. Acesso em: 20 jan. 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais**. Manual técnico de pedologia. 2. ed. Rio de Janeiro, 2005. 323p.

LATRUBESSE, E. M. **Mapa Geomorfológico do Estado de Goiás: Relatório Final**. Goiânia: GOIÁS (Estado) - Secretaria de Indústria e Comércio/Superintendência de Geologia e Mineração. Goiânia, 2005.81 p.

MARIANO, Z. F. **A importância da variável climática na produtividade da soja no Sudoeste de Goiás**. Tese (Doutorado em Agrometeorologia) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP. Rio Claro, 2005. 251 p.

MENDONÇA, F. B. J. **SOLO: substrato da vida**. 2 ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2010. 129 p.

NEUMANN, M. R. B. **Mapemamento digital de solos, no Distrito Federal**. Tese (Doutorado em Geociências). Universidade de Brasília. Brasília, 2012. 123 p.

SANTOS, J. B. **Discussões sobre o conceito de escala e os mapeamentos de solos no Brasil**. Caminhos de Geografia. Uberlândia, v. 13, n. 44 Dez/2012 p. 102–112.

SILVEIRA, C. T. **Análise digital do relevo na predição de unidades preliminares de mapeamento de solos: integração de atributos topográficos em sistemas de informações geográficas e redes artificiais**. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2010. 154 p.

SISTEMA ESTADUAL DE ESTATÍSTICA E DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS DE GOIÁS. **Folhas: SE22-YB e SE22 – VD**. Goiânia, 2008. Disponível em: <http://www.sieg.go.gov.br>. Acesso em: 12 de abr. de 2011.

PRADO. H. **Solos Tropicais: Potencialidades, limitações, manejo e capacidade de uso**. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 1998. 231p.

PROJETO RADAMBRASIL. **Programa de Integração Nacional. Levantamento dos recursos naturais**, v. 31, Folha SE. 22, Goiânia: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1982.

VALERIANO, M. M. Modelo digital de variáveis morfométricas com dados SRTM para o território nacional: o projeto TOPODATA. In: **XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Anais...**, Goiânia, 2005. p. 1-8.