

Atualização do Mapa de Solos na Bacia do Paraná 3: Estudo de Caso das Sub-bacias Hidrográficas dos Rios São Francisco Verdadeiro e São Francisco Falso

Actualización del Mapa de Suelo en la *Bacia do Paraná 3*: Estudio de Caso de las Cuencas de los Ríos São Francisco Verdadero y São Francisco Falso

Soil Map Update in the *Bacia do Paraná 3*: Case Study of the São Francisco Verdadeiro and São Francisco False Rivers Watersheds

Bruno Aparecido da Silva

Doutorando pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia pela Unioeste, Campus de Francisco Beltrão. E-mail: brunoborchertesilva@gmail.com.

Marcia Regina Calegari

Docente da Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Unioeste, Campus de Marechal Cândido Rondon e Francisco Beltrão. E-mail: marciareg_calegari@hotmail.com.

Recebido: setembro 2019 Aceito: dezembro 2019
Disponível on-line em <http://e-revista.unioeste.br/index.php/pgeografica>

Resumo – A ausência de mapas de solos detalhados na região Oeste do Paraná tem inviabilizado o avanço de pesquisas acadêmicas, assim como o planejamento voltado à conservação e manejo de solos. Uma alternativa viável e eficiente tem se estabelecido nas últimas décadas, a utilização de índices geomorfométricos oriundos de Modelos Digitais de Elevação (MDE). Diante desse cenário, o objetivo deste trabalho foi elaborar o mapa de solos das bacias hidrográficas dos rios São Francisco Verdadeiro e São Francisco Falso, a partir de parâmetros morfométricos do terreno. Com isso, avançar na escala de publicação do mapeamento existente (1:250.000) e subsidiar a investigação de doutorado sobre a aloctonia dos Latossolos na região em questão. Foram sistematizados dados de declividade e índices de capacidade de transporte de sedimentos e topográfico de umidade, em seguida prosseguiu-se com a álgebra entre estes parâmetros em Sistema de Informações Geográficas (SIG). Quatro (04) unidades de mapeamento foram definidas: Latossolos Vermelhos (LVf), Nitossolos Vermelhos (NVf), Neossolos Regolíticos+Cambissolos Háplicos+Neossolos Litólicos (RR+CX+RL) e Gleissolos Háplicos+Neossolos Flúvicos (GX+RY). Os resultados demonstraram a influência do relevo na distribuição dos solos, refletidos pela distribuição das classes dos parâmetros morfométricos, e a eficácia dos parâmetros morfométricos na atualização do mapa de solo.

Palavras-chave: índices geomorfométricos; solo-relevo; Bacia do Paraná 3.

Resumen – La ausencia de mapas detallados del suelo en el oeste de Paraná ha obstaculizado el avance de la investigación académica, así como la planificación de la conservación y el manejo del suelo. Una alternativa viable y eficiente se ha establecido en las últimas décadas, el uso de índices geomorfométricos, derivados de los Modelos Digitales de Elevación (DEM). En este sentido, el objetivo de este trabajo fue elaborar el mapa de suelos de las cuencas de São Francisco Verdadeiro y São Francisco Falso, con base en los parámetros morfométricos del terreno. Por lo tanto, avanzar en la escala de publicación del mapeo existente (1:250.000) y subvencionar la investigación doctoral sobre aloctonia de Ferralsols en la región en cuestión. Se sistematizaron los datos de la pendiente y los índices de capacidad de transporte de sedimentos y los datos de humedad topográfica, seguidos del álgebra entre estos parámetros en lo Sistema de Información Geográfica (SIG). Se definieron cuatro (04) unidades de mapeo: Ferralsols, Nitisols, Regosol + Leptosol + Cambisol y Gleysols + Fluvisols. Los resultados demostraron la influencia del relieve sobre la distribución del suelo, reflejada en la distribución de las clases de parámetros morfométricos, y la efectividad de los parámetros morfométricos en la actualización del mapa del suelo.

Palabras clave: índices geomorfométricos; suelo- relieve, Bacia do Paraná 3

Abstract – The absence of detailed soil maps in the western region of Paraná has made it difficult the advance of academic research, as well as the planning for conservation and soil management, unfeasible. A viable and efficient alternative has been established in recent decades, the use of geomorphometric indexes, derived from Digital Elevation Models (DEM). In this sense, the objective of this work was to elaborate the soil map of the São Francisco Verdadeiro and São Francisco Falso rivers watersheds, based on the morphometric parameters of the terrain. Thus, to advance in the scale of publication of the existing mapping (1:250.000) and to subsidize the doctoral research on allochthonous of Ferralsols in the region in question. Slope data and sediment transport capacity indexes and topographic wetness data were systematized, followed by the algebra between these parameters in Geographic Information Systems (GIS). Four (04) mapping units were defined: Ferralsols, Nitisols, Regosol+Leptosol+Cambisol and Gleysols+Fluvisols. The results demonstrated the influence of the relief on the distribution of the soils, reflected by the distribution of the morphometric parameters classes, and the effectiveness of morphometric parameters in updating the soil map.

Keywords: geomorphometric indexes; soil geomorphology, Bacia do Paraná 3

INTRODUÇÃO

Desde que o primeiro mapa mundial de solos elaborado por K.D. Glinka em 1908 (HARTEMINK et al., 2013), vários outros mapas de solos foram disponibilizados (p. ex.: mapa mundial de solos, escala 1:5.000.000, publicado pela FAO e UNESCO em 1961). Por vezes, muitos dos mapas disponíveis não alcançam o objetivo de subsidiar as atividades relacionadas ao gerenciamento a nível de propriedades rurais ou microbacias em função da escala de publicação dos mapeamentos (MCBRATNEY et al., 2000; DOBOS; HENGL, 2009; COELHO; GIASSON, 2010; CAMBULE et al., 2013). Com o advento de ferramentas e metodologias relacionadas às geotecnologias, a produção de mapas de solos foi aprimorada e facilitada, exemplo disso é a aplicação da Pedometria (MCBRATNEY et al., 2003; LACERDA et al., 2005; DOBOS; HENGL, 2009; DEMATTÊ et al., 2014; BREVIK et al., 2016).

Assim como a Pedometria, a Geomorfometria também tem ganhado espaço no meio acadêmico como uma alternativa para a elaboração de mapas de solos, de maneira eficiente e rápida (DOBOS; HENGL, 2009; GALLANT; DOWLING, 2003; IPPOLITI et al., 2005; MOORE et al., 1993; NOWATZKI; SANTOS, 2014; OLIVEIRA et al., 2014; PRATES et al., 2012; SILVA et al., 2018; SILVEIRA et al., 2012; 2018; SIRTOLI et al., 2008a, 2008b).

Pike et al. (2009) entendem a Geomorfometria como sendo a ciência da análise morfométrica da superfície terrestre que evoluiu diretamente da geomorfologia e da análise quantitativa do terreno. O foco operacional dessa área do conhecimento é a extração de parâmetros do relevo a partir de Modelos Digitais de Elevação (MDE). Ainda, segundo esses autores, a Geomorfometria abarca aplicações relacionadas à interação solo-paisagem, hidrologia em bacias hidrográficas, uso sustentável da terra, entre outras aplicações (PIKE et al., 2009).

O Brasil é reconhecidamente um dos pioneiros nos mapeamentos digitais de solos (MINASNY, 2017). Entretanto, mesmo com a disponibilidade de informações relacionadas às Geotecnologias (LACERDA et al., 2005; DEMATTÊ et al., 2014) uma parte significativa do território nacional ainda não é recoberta por mapeamentos de detalhe (p. ex.; escala 1:50.000). Acredita-se que menos de 1% da área territorial do país possua mapas semidetalhados (COELHO; GIASSON, 2010; SILVA, 2017). Esta situação tem levado os pesquisadores brasileiros a buscar alternativas para superar a ausência de mapas de solo detalhados e um caminho viável e eficiente tem sido a utilização de índices geomorfométricos (GALLANT; WILSON, 2000; HENGL; MACMILLAN, 2009; OLAYA, 2009; PIKE et al., 2009; WILSON; GALLANT, 2000a, 2000b; SILVEIRA et al., 2018).

Os índices geomorfométricos se tornaram uma das fontes mais difundidas e utilizadas como base para mapeamentos (DEMATTÊ et al., 2014). Hengl e Macmillan (2009) estimam que a quantidade de índices morfométricos do relevo ultrapasse a casa das centenas. Exemplo de parâmetros morfométricos do terreno (índices geomorfométricos) são a declividade e a curvatura do terreno (parâmetros primários), índices topográfico de umidade e de capacidade de transporte de sedimentos (parâmetros secundário), os quais têm se destacados pela eficiência na predição da distribuição dos solos na paisagem (MOORE et al., 1993; GESSLER et al., 1995; HAMMER et al., 1995; GALLANT; WILSON, 2000; WILSON;

GALLANT, 2000; MCBRATNEY et al., 2003; IPPOLITI et al., 2005; DOBOS et al., 2006; SIRTOLI et al., 2008a, 2008b; PRATES et al., 2012; SILVEIRA et al., 2012; NOWATZKI; SANTOS, 2014; OLIVEIRA et al., 2014; DEMATTÊ et al., 2015; SILVA, 2017).

Diante do que foi apresentado, o presente trabalho tem se justificado à medida em que: a) a aplicabilidade de técnicas relacionadas às geotecnologias e índices geomorfométricos em áreas de basalto no extremo Oeste do Paraná tem alcançado êxito para os mapeamentos pedológicos (p. ex. SILVA, 2017; SILVA et al., 2018; OLIVEIRA et al., 2018); b) na região oeste do Estado do Paraná, assim como para outras regiões estaduais, o mapa de solos disponível encontra-se na escala de 1:250.000 (BHERING et al., 2007; EMBRAPA, 1984) e isto tem inviabilizado o avanço de pesquisas acadêmicas e o planejamento voltado à conservação e manejo de solos; c) será atualizado o mapa de solos das bacias hidrográficas dos rios São Francisco Verdadeiro e São Francisco Falso (extremo oeste do Paraná) em relação ao mapeamento existente, em escala superior a 1:250.000.

Por fim, o objetivo do presente trabalho é elaborar o mapa de solos, em escala aproximada de 1:50.000, a partir de parâmetros morfométricos do terreno e, com isso, avançar na escala de publicação do mapeamento disponível, subsidiar o entendimento da relação solo-relevo e, mais especificamente, a investigação de doutorado sobre a aloctonia dos Latossolos no Planalto de Foz do Iguaçu, Oeste do Paraná.

MATERIAIS E MÉTODOS

Localização e Caracterização da área

A área do estudo (Figura 1) compreende as bacias hidrográficas dos rios São Francisco Verdadeiro e São Francisco Falso, que compõem a rede de drenagem da Bacia do Paraná 3 (BP-3). A litologia da área é representada por derrames tabulares maciços, lobo tabulares e lobados vesiculares. Esses derrames foram agrupados em distintos membros litológicos: Membros Flor da Serra do Sul (Formação Barracão), Toledo, Santa Quitéria e Foz do Iguaçu, que integram a Formação Cascavel do Grupo Serra Geral (MINEROPAR, 2013). O tipo climático predominante é o Cfa, clima subtropical, verão quente, temperaturas médias anuais que variam entre 18 e 22°C, sem ocorrência de estação seca e precipitação média anual entre 1400 e 2000 mm (PARANÁ, 2013).

O relevo é representado por três (03) unidades geomorfológicas: as subunidades morfoesculturais denominadas de Planalto de Foz do Iguaçu (formas planas e suave onduladas), Planalto de São Francisco (formas onduladas a forte onduladas) e Planalto de Cascavel (formas suave onduladas) (SANTOS et al., 2006). Essa configuração geomórfica reflete a interação entre o acamamento litológico e a dissecação do relevo promovida pela evolução da rede hidrográfica (SILVA, 2017). Ao mesmo tempo, tais planaltos retratam os distintos níveis de evolução da paisagem regional, de modo que o estágio de evolução geomórfica aumenta do Planalto de Foz do Iguaçu (superfície mais jovem) para o de Cascavel, conforme sugerem Fernandez e Rocha (2016).

A rede de drenagem, por sua vez, é perene e apresenta padrão dendrítico a sub-dendrítico. Em alguns setores das bacias estudadas, a drenagem possui padrão sub-retangular, assim como segmentos anômalos nos canais fluviais, devido à imposição litoestrutural (BALLER, 2014; LIMA, 2009; SILVA; CALEGARI, 2018). Na área do estudo, a rede de drenagem entalha derrames basálticos que apresentam uma morfologia tabular, ora intercalando com derrames predominantemente maciços (p. ex. Membro Toledo) e sequências de basaltos lobados (p. ex. Membro Santa Quitéria) (MINEROPAR, 2013). Soma-se a isso, também, o aspecto fraturado (estruturas atectônicas), assim como estruturas de origem tectônica, falhas e lineamentos com orientação NE-SW que, por vezes, refletem a evolução tectônica da Bacia Sedimentar do Paraná (BARTORELLI, 2004).

As principais classes de solos encontradas na área do estudo são os Latossolos e Nitossolos Vermelhos férricos, Neossolos Regolíticos, Litólicos e Flúvicos, Cambissolos Háplicos e Gleissolos Háplicos (SILVA, 2017). A vegetação característica da área do estudo é classificada como Floresta Estacional Semidecidual e Ombrófila Mista (IBGE, 2012). De modo geral, o uso do solo está associado à agricultura, principalmente, de modo que a produção de grãos (soja e milho) configura-se como a atividade base para economia regional.

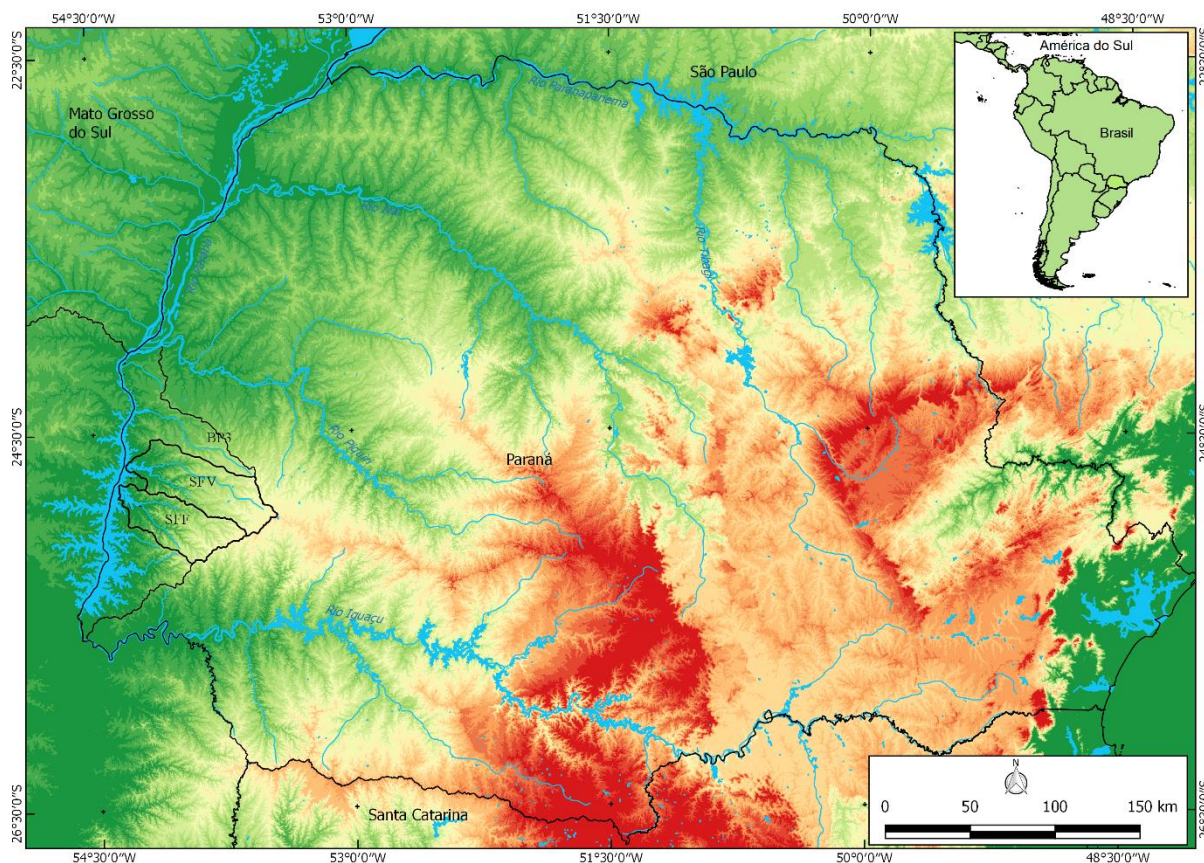


Figura 1 – Localização da área do estudo.

Procedimentos metodológicos

A atualização do mapa de solos das bacias da área do estudo se deu, inicialmente, com o descarregamento dos dados geoespaciais num banco de dados geográfico e a posterior edição e elaboração do mapa de solos em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIGs) *Saga 2.5* e *Qgis 2.18*, ambos softwares livres, e *Arcgis 10.4*, este disponibilizado no Laboratório de Cartografia e Geoprocessamento do Departamento de Geografia da Unioeste – campus de Marechal Cândido Rondon. Foram utilizados os atributos topográficos primários (declividade¹) e secundários (índice de capacidade de transporte de sedimentos² – ICTS e índice topográfico de umidade³ - ITU).

Num primeiro momento, no SIG *Saga 2.5*, foram gerados os planos de informação (PI) de declividade, índice topográfico de umidade e índice de transporte de sedimentos, a partir da manipulação dos dados do *Shuttle Radar Topography Mission* - SRTM, com 30 metros de resolução, disponibilizados pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos. Em seguida, os PI foram exportados para o SIG *Arcgis 10.4*, onde procedeu-se com a discretização das classes e reclassificação dos PI para posterior álgebra de mapas, conforme adotado por Silva et al. (2018). A discretização das variáveis considerou que os valores mais elevados de declividade e de ICTS estão associados as áreas com possível rejuvenescimento do solo (SILVEIRA et al., 2012). Assim, a morfogênese é mais atuante em relação a pedogênese (DIXON, 2013; GERRARD, 1993). Por outro lado, classes de declividade e ICTS com valores baixos e intermediários favorecem a formação e espessamento dos solos, uma vez que a pedogênese prevalece em relação à morfogênese (SILVEIRA et al., 2012; SILVA, 2017). Para ambientes hidromórficos, valores elevados de ITU indicam áreas de saturação superficial nas paisagens (PRATES et al., 2012).

Após a discretização, foram atribuídos pesos para cada classe dos atributos, conforme Silva (2017), considerando a influência que as variáveis morfométricas do terreno impõe à formação e distribuição dos solos, representada pela relação entre pedogênese e

Discretização das classes temáticas conforme Embrapa (2013)¹; Sirtoli et al. (2008a)² e Silveira et al. (2012)³.

morfogênese (MOORE et al., 1993; GESSLER et al., 1995; GALLANT; DOWLING, 2003; MCBRATNEY et al., 2003). Para a álgebra de mapas entre os atributos topográficos, seguiram-se os procedimentos adotados por Sirtoli et al. (2008a) e Nowatzki e Santos (2014), de modo que esta etapa procedeu-se no SIG *ArcGis 10.4*. Com isso, um novo plano de informação foi gerado contendo quatro (04) classes, representando o PI referente ao mapa de solos. Estas classes foram interpretadas como distintas unidades de mapeamento, conforme é apresentado a seguir.

A finalização do *layout* de impressão ocorreu no SIG *Qgis 2.18.0*; à legenda atribuíram-se as cores conforme sugerem Santos et al. (2018). Com uma escala de publicação mais detalhada, aproximadamente 1:50.000, foram identificadas quatro (04) unidades de mapeamento, sendo duas (02) simples e duas (02) associações. A interpretação da distribuição dos solos, assim como a validação das unidades de mapeamento, apoiou-se nas informações disponibilizadas pela Embrapa (1984) e Bhering et al. (2007), além de trabalhos regionais mais recentes (p. ex.: CALEGARI; MARCOLIN, 2015; MAGALHÃES et al., 2012; ROCHA et al., 2012; SILVA, 2017; SILVA et al., 2018). Incursões de campo foram realizadas, ao longo das principais rodovias que cortam a área do estudo, tendo em vista validar as unidades de mapeamento, e envolveu a descrição de solos (SANTOS et al., 2015), sondagens com trado holandês e registro fotográfico.

RESULTADOS

Diante dos procedimentos metodológicos adotados, foram identificadas as seguintes unidades de mapeamento: Latossolo Vermelho férrico (LVf), Nitossolos Vermelhos férrico (NVf), Neossolos Regolíticos+Cambissolos Háplicos+Neossolos Litólicos (RR+CX+RL) e Gleissolos Háplicos+Neossolos Flúvicos (GX+RY) (Figura 2).

A área de ocorrência de algumas dessas unidades de mapeamento foi maior em relação ao mapa de solos da EMBRAPA (1984) e Bhering (2007), conforme é apresentado a seguir. Esse aumento pode estar relacionado à inclusão/exclusão de subordens de solos às novas unidades de mapeamentos (Tabela 1) e a escala de mapeamento. No caso da unidade dos LVf, esta teve sua área aumentada consideravelmente na bacia do São Francisco Falso, de 10,28 km² para 242,65 km² no mapa atualizado. Situação semelhante ocorreu para a associação de RR+CX+RL nesta mesma bacia, onde houve aumento de 20,37 km² para 334,91 km² de área.

Por outro lado, a unidade dos NVf, anteriormente mapeada como associação NV+CX+LV por EMBRAPA (1984) e Bhering et al. (2007), teve sua área diminuída em ambas as bacias, muito devido à exclusão dos CX e LV da referida unidade. Verificou-se que a quantidade de subordens de solos e as unidades de mapeamento identificadas aumentou em relação ao mapa existente, devido à inclusão das subordens RR e RY, assim como da unidade representada pela associação GX+RY.

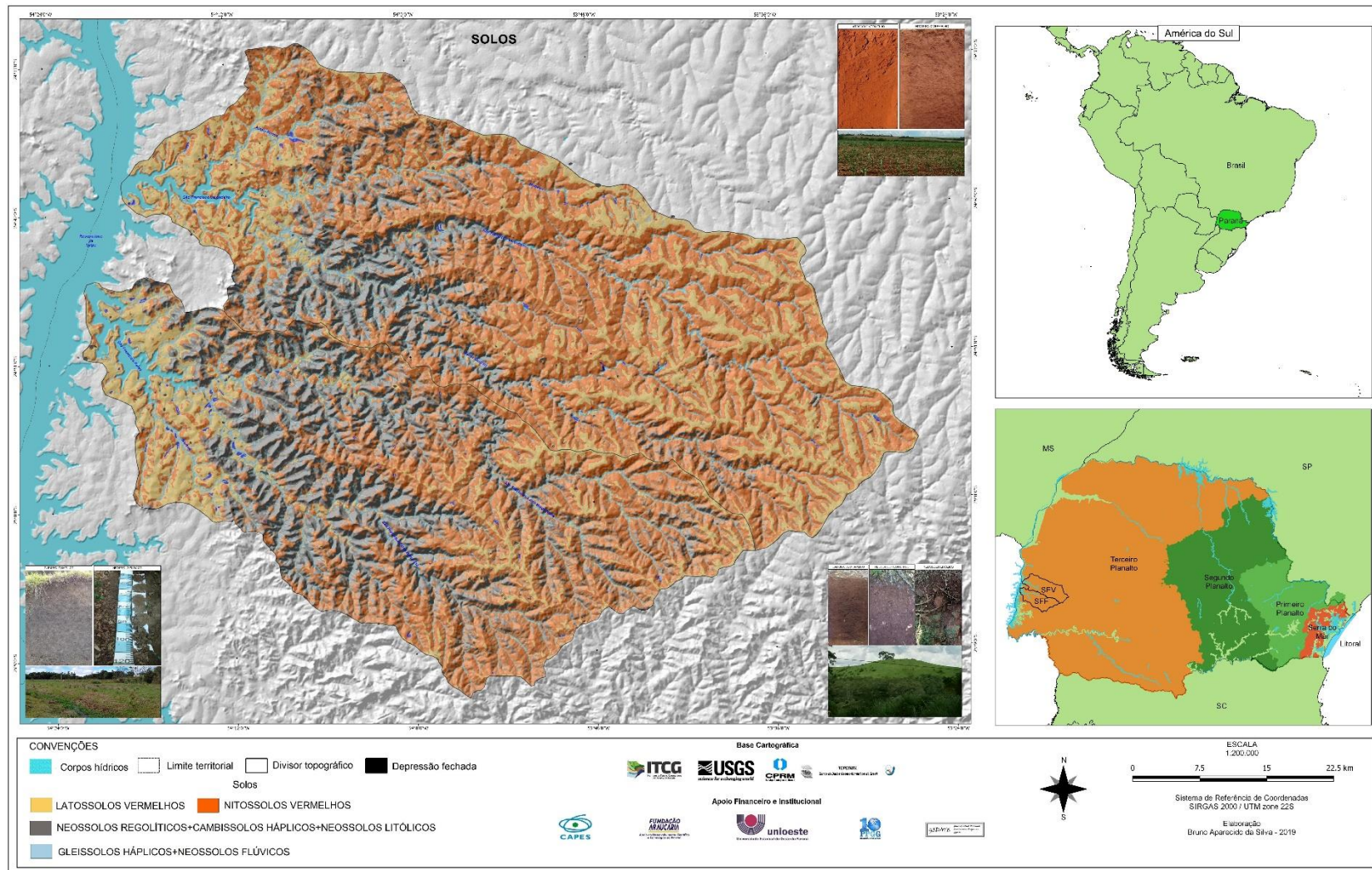


Figura 2: Mapa de solos atualizado da área do estudo, em escala aproximada de 1:50.000.

No que diz respeito à distribuição das unidades e suas respectivas subordens de solos, verificou-se que os LVf ocupam os setores de interflúvios planos e alongados, comumente com declividades entre 0 e 3% e os setores estáveis das vertentes, associados à classe ICTS - baixo e valores de ITU entre 6,56 a 11,43, ainda que esta condição de saturação superficial se assemelha à unidade dos NVf (Tabela 2). Os NVf dominam os segmentos de alta-média e baixa vertente, com inclinação da vertente entre 6 e 20% e formas côncavas à convexas. Esta unidade está associada aos setores da paisagem com classes ICTS – baixo e médio, considerados setores estáveis da vertente, estando em acordo com resultados alcançados por Sirtoli et al. (2008a). Os setores da paisagem, nos quais se distribuem os LVf e NVf, associados às classes morfométricas acima mencionadas pressupõem condições de boa drenagem e estabilidade geomórfica, conforme discutem Sirtoli et al. (2008a) e Silveira et al. (2012), favorecendo, portanto, a atuação pedogenética que é refletida na configuração espacial das variáveis morfométricas (DOBOS et al., 2006).

Tabela 1: Comparação entre o mapeamento atualizado e o mapa existente para a área do estudo em escala 1:250.000.

Bacia São Francisco Falso					
Mapeamento atualizado			Mapeamento EMBRAPA (1984) e Bhering et al. (2007)		
Unidade de Mapeamento	Área km ²	Área %	Unidade de Mapeamento	Área km ²	Área %
LVf	242,65	15,40	LV	10,28	0,62
NVf	737,92	46,84	NV+CX+LV	1.273,10	77,38
RR+CX+RL	523,83	33,25	RL+CX+NV	361,89	22,00
GX+RY	71,04	4,51	-	-	-
Total	1.575,45*	100,00	Total	1.645,27*	100,00

Bacia São Francisco Verdadeiro					
Mapeamento atualizado			Mapeamento EMBRAPA (1984) e Bhering et al. (2007)		
Unidade de Mapeamento	Área km ²	Área %	Unidade de Mapeamento	Área km ²	Área %
LVf	441,03	20,94	LV	430,51	19,80
NVf	1.228,60	58,34	NV+CX+LV	1.722,96	79,26
RR+CX+RL	334,91	15,90	RL+CX+NV	20,37	0,94
GX+RY	101,31	4,81	-	-	-
Total	2.105,85*	100,00	Total	2.173,84*	100,00

*Área da lâmina d'água nos mapeamentos não se equivalem, sendo 32 km² para a bacia do São Francisco Falso e 22 km² para a bacia do São Francisco Verdadeiro.

Por sua vez, a associação entre os RR+CX+RL se distribui nos setores com declividade entre 20 e > 45%, assim como em segmentos com formas retilíneas, convexas e côncavas e setores instáveis da vertente, relacionados à classe de alto ICTS, situação que favorece o adelgamento dos solos por meio da erosão (SOUZA JUNIOR; DEMATTÉ, 2008), refletindo em solos rasos, corroborada pela baixa condição de umidade na paisagem com valores de ITU <6,56 (Tabela 2).

Tabela 2: Relação entre as unidades de mapeamento atualizadas e os índices geomorfométricos.

Unidades de Mapeamento	Declividade %	ITU	ICTS
LVf	0 a 3	6,56 a 11,43	baixo
NVf	6 a 20	6,56 a 11,43	baixo a médio
RR + CX + RL	20 e > 45%	4,65 a 6,56	alto
GX + RY	0 a 3	10,36 a 20,54	baixo

Por fim, a associação de solos GX+RY é encontrada nos setores de fundo de vale com forma plana, principalmente no compartimento geomorfológico de Foz do Iguaçu. A referida unidade de mapeamento está diretamente relacionada aos valores de ITU > 10,36 e classes de declividade entre 0 a 3%, assim como a classe baixa de ICTS (Tabela 2), estando em acordo com a literatura, pois essas características morfológicas do terreno favorecem a

deposição e acumulação de material ao longo do tempo (GALLANT; DOWLING, 2003), assim como a ocorrência de hidromorfia mediante a saturação hídrica, que é indicada pelos elevados valores de ITU (GRUBER; PECKHAM, 2009; CAPOANE et al., 2017).

CONCLUSÕES

Diante dos resultados alcançados, conclui-se que as técnicas e as ferramentas relacionadas às geotecnologias, tais como a álgebra de mapas e os índices geomorfométricos, são eficazes para a identificação de unidades de mapeamento, assim como para a atualização e o detalhamento da escala de mapas de solos. Ao mesmo tempo, a distribuição espacial das classes dos índices geomorfométricos (declividade, ICTS e ITU) refletiu as condições pedogeomorfológicas da vertente ou mesmo da paisagem, tais como setores de maior erosão/agradiação ou saturação hídrica nos solos, por exemplo. Isso confirma, novamente, a eficiência dos dados oriundos de modelos digitais de elevação como base para o mapeamento de solos. Por outro lado, uma avaliação estatística torna-se essencial para referendar esta afirmação, embora os resultados iniciais, além daqueles resultados de pesquisas realizadas na mesma região do presente estudo, indicaram uma correspondência satisfatória com a realidade de campo, conforme constatado em campo durante a presente pesquisa.

Por fim, os resultados demonstraram a intrínseca influência do relevo na distribuição dos solos na área do estudo, de modo que, a utilização de parâmetros morfométricos do terreno, os quais traduzem matematicamente a morfologia do relevo, são fontes eficientes para a identificação de ordens ou subordens de solos. Por consequência, os parâmetros utilizados possibilitam a atualização e o melhoramento das escalas de publicação dos mapas de solos, conforme demonstrado neste trabalho.

AGRADECIMENTOS

- O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.
- Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BALLER, L. **Caracterização de perfis longitudinais dos rios nas bacias hidrográficas do Paraná III (Brasil) e Alto Paraná (Paraguai)**. Marechal Cândido Rondon: UNIOESTE, 2014. (Dissertação, Mestrado em Geografia).
- BHERING, S. B. et al. **Mapa de Solos do Estado do Paraná**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2007.
- CAMBULE, A. H.; ROSSITER, D. G.; STOOBVOGEL, J. J. A methodology for digital soil mapping in poorly-accessible areas. **Geoderma**, v. 192, n. 1, p. 341–353, 2013.
- CAPOANE, V.; COSTA, L. F. F.; KUPLICH, T. M. Efeito da resolução de modelos digitais de elevação na derivação do índice topográfico de umidade: estudo de caso no município de Palmitinho-RS. **Geografia em Questão**, v. 10, n. 2, p. 9–23, 2017.
- COELHO, F. F.; GIASSON, E. Comparação de métodos para mapeamento digital de solos com utilização de sistema de informação geográfica. **Ciência Rural**, v. 40, n. 10, p. 2099–2106, 2010.
- DEMATTÊ, J. A. M. et al. Detecção de limites de solos por dados espectrais e de relevo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 3, p. 718–729, 2014.
- DEMATTÊ, J. A. M.; RIZZO, R.; BOTTEON, V. W. Pedological mapping through integration of digital terrain models spectral sensing and photopedology. **Revista Ciência Agronômica**, v. 46, n. 4, p. 669–678, 2015.
- DIXON, J. C. Pedogenesis with Respect to Geomorphology. In: SHORODER J.; POPE, G. A. (Ed.). **Treatise on Geomorphology - Weathering and Soils Geomorphology**. San Diego: Elsevier Ltd.,

2013. v. 4p. 27–43.

DOBOS, E.; HENGL, T. Soil mapping applications. In: HENGL, T.; REUTER, H. I. (Eds.). **Geomorphometry: concepts, software, applications**. Amsterdam: Elsevier B.V., 2009. v. 33p. 765.

DOBOS, E.; HENGL, T.; REUTER, H. **Digital soil mapping as a support to production of functional maps**. Luxembur: Office for Official Publications of the European Communities, 2006.

EMBRAPA. **Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado do Paraná: Tomo I e II**. Curitiba: EMBRAPA - SNLCS/SUDESUL/IAPAR, 1984.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3ª ed. Brasília: EMBRAPA, 2013.

FERNANDEZ, O. V. Q.; ROCHA, A. S. DA. Análise Preliminar da Aplicação da Integral Hipsométrica à Caracterização das Unidades de Paisagem na Bacia do Paraná III, Oeste do Paraná. **Anais VIII SIMPGeo - As fronteiras da Ciência Geográfica: avanços e possibilidades**, p. 497–506, 2016.

GALLANT, J. C.; DOWLING, T. I. A multiresolution index of valley bottom flatness for mapping depositional areas. **Water Resources Research**, v. 39, n. 12, 2003.

GALLANT, J. C.; WILSON, J. P. Secondary topographic attributes. In: GALLANT, J. C.; WILSON, J. P. (Eds.). **Terrain analysis: principles and applications**. [s.l.] John Wiley & Sons, Inc., 2000. p. 520.

GERRARD, J. Soil geomorphology - present dilemmas and future challenges. **Geomorphology**, v. 7, n. 1–3, p. 61–84, 1993.

GESSLER, P. E. et al. Soil-landscape modelling and spatial prediction of soil attributes. **International Journal of Geographical Information Systems**, v. 9, n. 4, p. 421–432, 1995.

GRUBER, S.; PECKHAM, S. Land-surface parameters and objects in hydrology. In: REUTER, T. H.; I., H. (Eds.). **Geomorphometry Concepts, Software, Applications**. Amsterdam: Elsevier B.V., 2009. v. 33p. 765.

HAMMER, R. D. et al. Slope class maps from soil survey and digital elevation models. **Soil Science Society of America Journal**, v. 59, n. 2, p. 509–519, 1995.

HARTEMINK, A. E.; KRASILNIKOV, P.; BOCKHEIM, J. G. Soil maps of the world. **Geoderma**, v. 207–208, n. 1, p. 256–267, 2013.

HENGL, T.; MACMILLAN, R. A. Geomorphometry — A Key to Landscape Mapping and Modelling. In: **Developments in Soil Science**. [s.l.] Elsevier B.V., 2009. v. Volume 33p. 433–460.

IBGE. Manual Técnico da Vegetação Brasileira: Sistema fitogeográfico; Inventário das formações florestais e campestres; Técnicas e manejo de coleções botânicas; Procedimentos para mapeamentos. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE**, p. 271, 2012.

IPPOLITI, G. A. et al. Análise digital do terreno: ferramenta na identificação de pedomformas em microbacia na região de Mar de Morros (MG). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 3, p. 269–276, 2005.

LACERDA, M. P. C. et al. Aplicação de Geotecnologias em correlações entre solos, geomorfologia, geologia e vegetação nativa no Distrito Federal, DF. **Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, p. 2211–2218, 2005.

MAGALHÃES, V. L. Uso e degradação do solo no fundo de vale da Sanga Creoula, distrito de Margarida, município de Marechal Cândido Rondon - Pr. **GEOGRAFIA (Londrina)**, v. 16, n. 2, p. 49–62, 2007.

MAGALHÃES, V. L.; NÓBREGA, M. T. DE; CUNHA, J. E. DA. Transformações pedológicas no platô de Marechal Cândido Rondon (PR) / Transformation pedological in the Marechal Cândido Rondon (PR) plateau. **Revista Ambientia**, v. 8, n. Especial 1, p. 633–649, 2012.

- MCBRATNEY, A. B. et al. An overview of pedometric techniques for use in soil survey. **Geoderma**, v. 97, n. 3–4, p. 293–327, 2000.
- MCBRATNEY, A. B.; MENDONÇA SANTOS, M. L.; MINASNY, B. On digital soil mapping. **Geoderma**, v. 117, n. 1–2, p. 3–52, 2003.
- MINASNY, B. Pesquisa Pedométrica no Brasil. **Boletim informativo da SBCE**, v. 43, n. 3, p. 42–43, 2017.
- MINEROPAR. **O Grupo Serra Geral no estado do Paraná: mapeamento geológico na escala de 1:250.000 (I e II)**. 1ª ed. Curitiba: Mineropar, 2013. v. 1 e 2
- MOORE, I. D. et al. Soil Attribute Prediction Using Terrain Analysis. **Soil Science Society of America Journal**, v. 57, n. 2, p. NP, 1993.
- MORESCO, M. D. **Estudo de paisagem no município de Marechal Cândido Rondon-PR**. Maringá: UEM, 2007. (Dissertação, Mestrado em Geografia).
- NOWATZKI, A.; SANTOS, L. J. C. Mapeamento digital de solos por pedometria com base em atributos topográficos da bacia hidrográfica do rio pequeno-paraná. **RA'E GA - O Espaço Geográfico em Análise**, v. 32, p. 185–211, 2014.
- OLAYA, V. Basic land-surface parameters. **Developments in Soil Science**, v. 33, n. C, p. 141–169, 2009.
- OLIVEIRA, J. C. DE et al. Terrain attributes and spatial distribution of soil mineralogical attributes. **Geoderma**, v. 213, n. January, p. 214–225, 2014.
- OLIVEIRA, P. A. et al. Variáveis morfométricas derivadas de dados obtidos de Veículo Aéreo Não Tripulado e a distribuição em detalhe dos solos em Bacia de Primeira ordem no Oeste do Paraná - Contribuições para os estudos de relação solo-relevo. In: **Anais XII Sinageo - Simpósio Nacional de Geomorfologia**. Crato-CE, 2018.
- PARANÁ. **Bacias Hidrográficas do Parana: Série Histórica**. Curitiba: SEMA - Governo do Estado do Paraná, 2013.
- PIKE, R. J.; EVANS, I. S.; HENGL, T. Geomorphometry: A Brief Guide. In: HENGL, T.; REUTER, H. I. (Eds.). **Developments in Soil Science - Geomorphometry Concepts, Software, Applications**. Amsterdam: Elsevier, 2009. p. 765.
- PRATES, V.; SOUZA, L. C. DE P.; OLIVEIRA JUNIOR, J. C. DE. Índices Para a Representação Da Paisagem Como Apoio Para Levantamento Pedológico Em Ambiente De Geoprocessamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 4, p. 408–414, 2012.
- ROCHA, A. S. DA. **As vertentes características e os sistemas pedológicos como instrumentos de análise para a identificação das fragilidades e potencialidades ambientais na Bacia Hidrográfica do Paraná 3**. Maringá: UEM, 2016. (Tese, Doutorado em Geografia).
- ROCHA, A. S. DA; CUNHA, J. E. DA; MARTINS, V. M. Relações morfopedológicas nos setores de fundos de vale da bacia hidrográfica do córrego Guavirá, Marechal Cândido Rondon-PR. **Boletim de Geografia**, v. 30, n. 2, p. 99–110, 2012.
- SANTOS, H. G. DOS et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5ª ed. Brasília - DF: Embrapa, 2018.
- SANTOS, R. D. DOS et al. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 7ª ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015.
- SANTOS, L. J. C. et al. Mapeamento Geomorfológico do Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 7, n. 2, p. 3–12, 2006.
- SILVA, B. A. **Mapeamento Convencional e Digital de Solos na Folha Topográfica de Marechal**

Cândido Rondon - PR - Brasil. Marechal Cândido Rondon: UNIOESTE, 2017. (Dissertação, Mestrado em Geografia).

SILVA, B. A.; CALEGARI, M. R. Relção morfometria de canal fluvial e os Latossolos na Bacia do Rio São Francisco Verdadeiro (Bacia do Paraná 3) - PR - Brasil. **XII Simpósio Nacional de Geomorfologia - SINAGEO**, p. 13, 2018.

SILVA, B. A. et al. Mapeamento digital de solos e os atributos topográficos das vertentes no Alto Curso da Sub-bacia Hidrográfica do Córrego Quatro Pontes, PR-Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 19, n. 4, p. 817–886, 2018.

SILVEIRA, C. T. DA et al. Pedometria Apoiada Em Atributos Topográficos Com Operações De Tabulação Cruzada Por Álgebra De Mapas. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 13, n. 2, p. 125–137, 2012.

SILVEIRA, C. T. DA et al. Classificação Automatizada de Elementos de Relevo no Estado do Paraná (Brasil). **Rev. Bras. Geomorf. (Online)**, v. 19, n. 1, p. 33–57, 2018.

SIRTOLI, A. E. et al. Atributos topograficos secundarios no mapeamento de pedoformas. **Geociencias (UNESP, Sao Paulo)**, v. 27, n. 1, p. 63–77, 2008a.

SIRTOLI, A. E. et al. Atributos do relevo derivados de modelo digital de elevação e suas relações com solos. **Scientia Agraria**, v. 9, n. 3, p. 317–329, 2008b.

SOUZA JUNIOR, J. G. DE A.; DEMATTÊ, J. A. M. Modelo digital de elevação na caracterização de solos desenvolvidos de basalto e material arenítico. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, v. 32, n. 1, p. 449–456, 2008.

VALERIANO, M. DE M. **Topodata : Guia para Utilização de Dados Geomorfológicos Locais**. São José dos Campos: INPE, 2008. v. 8, p. 73, 2008.

WILSON, J. P.; GALLANT, J. C. Digital Terrain Analysis in Terrain Analysis: Principles and Applications. In: WILSON, J. P.; GALLANT, J. C. (Eds.). **Terrain analysis: principles and applications**. [s.l.] John Wiley & Sons, Inc., 2000. p. 520.