

## **Caracterização geomorfométrica da folha de Ribeirão Preto - SP para predição de mapas digitais de solo**

Lucca Grzeczeczen Gonçalves<sup>1</sup>  
Anderson Luis Oliveira Maran<sup>2</sup>  
Ricardo Correia Campos Junior<sup>3</sup>  
Samuel Fernando Adami<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Graduando em Geografia na Universidade Federal da Integração Latino Americana - UNILA  
Caixa Postal 2044 – 85867-970 – Foz do Iguaçu - PR, Brasil  
lucca.goncalves@unila.edu.br

<sup>2</sup>Graduando em Engenharia de Energias Renováveis na Universidade Federal da Integração Latino Americana - UNILA  
Caixa Postal 2044 – 85867-970 – Foz do Iguaçu - PR, Brasil  
anderson.maran@unila.edu.br

<sup>3</sup>Graduando em Geografia na Universidade Federal da Integração Latino Americana - UNILA  
Caixa Postal 2044 – 85867-970 – Foz do Iguaçu - PR, Brasil  
ricardo.correia@unila.edu.br

<sup>4</sup>Professor Adjunto na Universidade Federal da Integração Latino Americana - UNILA  
Caixa Postal 2044 – 85867-970 – Foz do Iguaçu - PR, Brasil  
samuel.adami@unila.edu.br

**Abstract.** The increasing number of features that have been developed for tools like geographic information systems (GIS) and digital elevation models (DEM's) are suggesting new ways to deal with soil science. There currently is a global clamour for soil data and information for environmental monitoring and modelling. The main issue is that large countries like Brazil do not have a reasonable and detailed amount of soil data and information. The reason for this lack of soil spatial data infrastructure worldwide is simply that conventional soil survey methods are slow and expensive (McBratney et al., 2003). In this paper, we group four relief variables (slope, profile curvature, planar curvature and watershed distance) with soil data, from the Ribeirão Preto area. The morphometric parameters were extracted from SRTM data, refined by the The Brazilian Agricultural Research Corporation's (EMBRAPA). We have also updated the soils nomenclatures to the new Brazilian System of Soil Classification (SiBCS) once the soil map used was produced in 1983. Some generalizations were done with groups of soils that presented strong similarities with few variations. The generated data is a valuable tool when producing soil maps using prediction methods and will be used in a posterior work for the prediction of soil maps in areas with similar characteristics.

**Palavras-chave:** mapeamento digital de solos, geomorfologia, geoprocessamento.

## **1. Introdução**

Mapas de solo são de fundamental importância para setores como a construção civil e agricultura. Porém os métodos convencionais de mapeamento de solos são, em geral, mais lentos e dispendiosos (McBratney et al., 2003), - pois se emprega o trabalho intensivo de equipes técnicas, além de análises laboratoriais para a construção do projeto cartográfico. O mapeamento digital de solos é uma solução economicamente mais viável e menos trabalhosa.

A atualização de legenda do mapa e solos de Ribeirão Preto para o novo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) é um dos objetivos do artigo. Essas páginas são fundamentalmente dedicadas a fazer a identificação das variáveis de relevo - declividade, curvaturas horizontal e vertical e distância do divisor - e relacioná-las com os solos encontrados em Ribeirão Preto. Deste modo, faz-se possível a predição de classes de solos em áreas ainda não mapeadas. Este trabalho tem por objetivo principal caracterizar geomorfometricamente o mapa de solos da região de Ribeirão Preto, utilizando dados SRTM, a fim de identificar as relações das variáveis de solo e relevo.

## **2. Metodologia de Trabalho**

A coleta dos dados que serviram de base para a caracterização geomorfométrica foi a primeira etapa dos trabalhos. Utilizou-se o Levantamento Pedológico Semidetalhado do Estado de São Paulo – Quadricula de Ribeirão Preto, elaborado pelo Instituto Agrônomo de Campinas (Oliveira & Prado, 1987) e também o modelo digital de elevação (MDE) derivado de dados SRTM, carta SF-23-V-C, refinados pela EMBRAPA.

A partir do MDE foram calculadas as variáveis de declividade, de curvaturas vertical e horizontal e também de distância do divisor, que foi derivada segundo a proposta de Valeriano (1999) - essas variáveis estão relacionadas com a dinâmica da água na paisagem e, dessa forma, com a influência do relevo sobre os processos pedogenéticos (Oliveira 2008). As variáveis contínuas foram segmentadas em classes. A declividade do relevo foi dividida em 1% a 3%, de 3% a 6%, de 6% a 9% e de 9% a 12% e acima de 12%. As curvaturas vertical e horizontal foram divididas em três classes: plano, côncavo e convexo. A distância do divisor tem limite de classe que vai de 0 a 100 metros, 100 a 200 metros, 200 a 400 metros, de 400 a 600 metros e acima de 600 metros.

Outra etapa foi a atualização das legendas do mapa e solos de Ribeirão Preto, que seguia a classificação da época (1983), para o novo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS). No processo de atualização das legendas, foi necessário generalizar alguns tipos de solo, aqueles que apresentavam atributos característicos similares ou de pequena variação foram agrupados em uma mesma classe de solo.

Tanto o processo de extração, quanto de análise das variáveis do modelo solo-relevo e a manipulação de seus dados foi efetuada dentro do Sistema de Informação Geográfica (SIG) livre Ilwis (ITC, 1997). A partir da sobreposição do plano de informação (PI) de solos com aquele das variáveis geomorfométricas foi possível estabelecer a relação entre os parâmetros e as formas de relevo com as unidades pedológicas, assim, pôde-se realizar a caracterização dessas unidades.

A combinação dos parâmetros declividade, curvatura vertical, distância do divisor e curvatura horizontal com cada tipo de solo gerou uma planilha com a ocorrência das variações dos parâmetros em cada tipo de solo ou associação de mais de um tipo de solo (Figura 1). O conjunto de parâmetros aparentemente não apresenta boa relação com a caracterização química das unidades de mapeamento de solo. Foi necessário o agrupamento dos dados da planilha e a generalização de forma que fossem analisadas as três maiores áreas para cada tipo de solo ou combinação de solos.

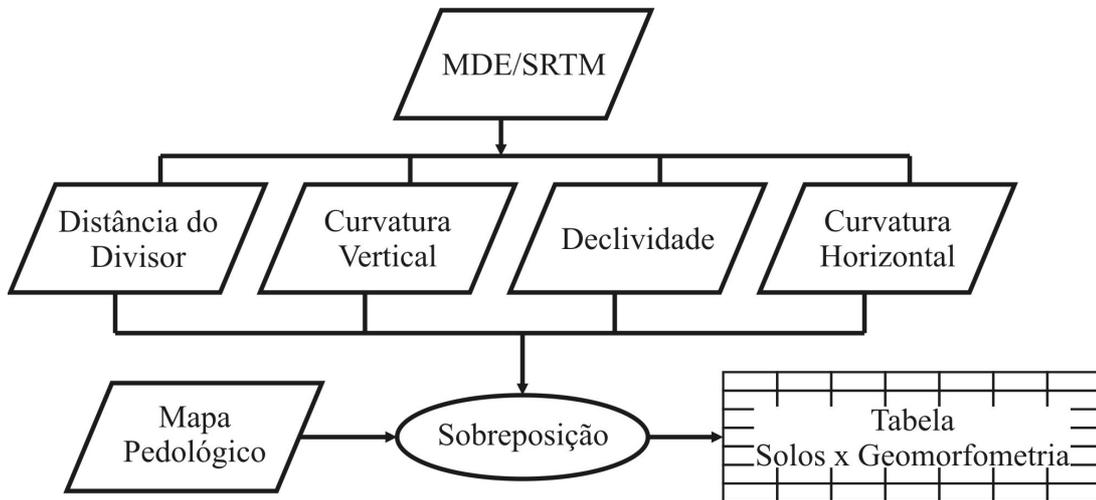


Figura 1: Fluxograma de atividades técnicas do projeto.

### 3. Resultados e Discussão

**Latossolo Vermelho eutrófico/distrófico/ácrico (LV) - A moderado, textura argilosa ou muito argilosa, raso.** 24% desse tipo de solo se dá com características de declividade entre 1% e 3%, podendo alcançar 6% em algumas áreas; curvaturas vertical e horizontal convexas; a distancia do divisor varia entre 0 e 100 metros.

**Os Latossolos Vermelhos eutróficos (LVe) – A moderado ou chernozêmico, textura muito argilosa ou argilosa.** 8,7% da área analisada se apresenta em declividade entre 3% e 9%, as curvaturas vertical e horizontal são em sua maioria convexas, e a distância do divisor varia entre 0 e 400 metros, sendo a maior proporção superior a 200 metros. A área de ocorrência desse tipo de solo é grande comparada às outras unidades classificadas no mapa de solos.

**Latossolo Vermelho distrófico (LVd) – A moderado ou proeminente, textura argilosa ou muito argilosa.** 11,16% dos solos se apresentam em declividade entre 1% e 6%, curvatura vertical convexa, distancia do divisor entre 0 e 200 metros e curvatura horizontal convexa. Esse tipo de solo apresenta sua menor declividade 1-3% compatível com a menor distância de divisor apresentando situação de topo. A área de ocorrência de LVd no mapa de solos, assim como LVe, é grande comparada aos outros tipos de solo.

**Em relação ao Latossolo Vermelho ácrico (LVw) – A moderado, textura argilosa ou muito argilosa–**15,93% de sua área apresenta parâmetros de declividade entre 3% e 12%, ambas as curvaturas vertical e horizontal são convexas e a distância do divisor varia entre 0 e 400 metros; as áreas de declividade maior que 6% apresentam-se mais distantes do divisor –mais que 200 metros a 400 metros.

**Latossolo Vermelho, alumínico ou distrófico (LVaf-1) - A moderado, textura média.** 11,58% desse tipo de solo apresenta parâmetros de declividade que vão de 1% a 6%, curvaturas vertical e horizontal convexas com alteração para côncavas quando maior a distância do divisor. A distância do divisor vai de 0 a 400 metros; as curvaturas se alteram para convexas a partir dos 200 metros de distância do divisor. A área de

ocorrência desse tipo de solo é bastante grande em relação às outras unidades de solo classificadas.

Latossolo Vermelho, alumínico, distrófico ou ácrico (LVaf-2) - A moderado, textura argilosa. 11,67% desse tipo de solo apresenta parâmetros de declividade entre 1% e 6%, e distância do divisor variante entre 0 e 400 metros; tanto a curvatura vertical, quando a horizontal se apresentando de forma convexa.

Os Latossolos Vermelho-Amarelo-1 (LVA-1) e 2 (LVA-2) apresentam características semelhantes - álico ou distrófico, com o horizonte A moderado ou proeminente, textura argilosa ou média – a maior partes desses 3 tipos de solo apresentam declividade variante entre 1% a 6%; as curvaturas vertical e horizontal se dão de formas convexas; a distância do divisor vai de 0 a 100 metros. O Latossolo Vermelho-Amarelo-3 (LVA-3), também se assemelha aos outros dois tipos de solo anteriores com menos argila. Ocorre sob mesma declividade e distância do divisor. A curvatura horizontal é convexa, a curvatura vertical também, porém com pequena variação de convexa para plana em algumas áreas.

Chernossolo Argilúvico (MT) – A maior parte dos MT representados por 6,71% é caracterizada por declividade de 6% a 9%, curvatura vertical em sua maioria côncava, curvatura horizontal variante entre os três tipos de curvaturas – côncavo, convexo e plano – e distância do divisor entre 400 e 600 metros. A área de ocorrência desse tipo de solo no mapa é pequena comparada aos outros tipos de solo.

Organossolo Háplico (OX) – 38% desse solo ocorre sob declividade variante entre 1% e 6%; a curvatura vertical, em sua maioria, se apresenta côncava, podendo varias para convexa, a curvatura horizontal apresenta a mesma característica. A área de ocorrência no mapa de solos é considerada pequena comparada aos outros solos presentes.

Neossolo Quartzarênico (RQ) – 11,63% desse tipo de solo reúne parâmetros de declividade entre 3% e 6%, as curvaturas horizontal e vertical são côncavas, variando para convexa apenas na proximidade com o divisor, a distância do divisor varia de 0 a 400 metros.

Cambissolo distrófico (CXd) - A moderado ou proeminente, textura indiscriminada, bem a imperfeitamente drenado. 44% desse tipo de solo apresenta declividade variante entre 1% e 3%, curvatura horizontal convexa, e curvatura vertical variante entre os três tipos de formas; a distância do divisor se resume entre 0 e 100 metros.

Neossolo Litólico eutrófico/distrófico (RL) A chernozêmico proeminente ou moderado, textura argilosa. 7,45% que caracterizam esse tipo solo apresentam os parâmetros mais variantes da análise. A declividade varia de 3% a 9%, porém áreas do mesmo solo podem chegar a ter 45% de declividade. A distância do divisor varia de 0 a 100 metros nas áreas de declividade baixa e de 200 a 400 metros onde a declividade se acentua. Ambas as curvaturas horizontal e vertical se dão de forma convexa. A ocorrência de Neossolo Litólico no mapa de solos se dá em área significativa.

Associação de Gleissolo Háplico e Gleissolo Melânico (Gx) – 26,52% desse solo apresenta-se com declividade de 1% a 3%. A curvatura vertical é côncava, alternando para plana em algumas áreas, a curvatura horizontal também se apresenta em formas côncavas, variando para convexas em algumas áreas. A área de ocorrência desse tipo de solo no mapa é pequena comparada com a ocorrência de outros tipos de solo.

Associação de Latossolo Vermelho distrófico com Latossolo Vermelho eutrófico. (LVd+LVe) - a maior parte dos solos se resume em 15,87% é definida por declividade entre 3% e 9%, curvatura vertical convexa, distância do divisor entre 100 e 400 metros e curvatura horizontal convexa.

Associação de Latossolo Vermelho eutrófico com Latossolo Vermelho distrófico (LVe+LVd) – essa combinação se diferencia pela maior ocorrência de Latossolo Vermelho eutrófico, seus 10,57% característicos apresentam declividade de 3% a 6% nas áreas em que a distância do divisor varia entre 0 e 100 metros, e de 6% a 9% onde a distância do divisor aumenta para 200-400 metros. As curvaturas vertical e horizontal se dão em formas convexas, podendo ser côncavas dependendo da área. Assim como em suas formas puras, a área de ocorrência dessa associação de solos é bastante grande.

Associação de Latossolo Vermelho distrófico com Latossolo Vermelho ácrico (LVd+LVw) – 18,12% os parâmetros que caracterizam esse tipo de solo são: declividade de 3% a 9%, com curvaturas horizontal e vertical em formas convexas e distância do divisor variante entre 0 e 400 metros, sendo que a declividade aumenta conforme a proximidade ao divisor.

Associação de Latossolo Vermelho ácrico com Latossolo Vermelho distrófico (LVw+LVd) – Essa combinação tem maior ocorrência de LVw e seus parâmetros característicos são representados por 12,31%, com declividade de 1% a 6%; ambas curvaturas horizontal e vertical se apresentam de forma convexa; a distância do divisor varia de 0 a 100 metros, e em algumas áreas de 200 a 400 metros. A área de ocorrência desse tipo de solo é significativamente maior em relação aos outros tipos de solo. É o solo com maior ocorrência no mapa de solos.

Associação de Latossolo Vermelho distrófico com Neossolo Litólico (LVd+RL) – os 7,27% que representam sua maior área tem os parâmetros variados de duas maneiras, a primeira a declividade está entre 3-6% nas áreas com curvaturas vertical e horizontal convexas e distância do divisor entre 0-100; a segunda, a declividade se eleva para 9-15%, as curvaturas horizontal e vertical se tornam côncavas e a distância do divisor aumenta para 400-600 metros.

Associação de Chernossolo Argilúvico com Latossolo Vermelho distrófico (MT+LVd) – 13% caracterizado por possuir declividade entre 3% e 9%, as declividades variam junto com as curvaturas vertical e horizontal que quando se apresentam de maneira côncava tem declividade menor de 6% e de maneira convexa maiores de 6%, a distância do divisor varia entre 200 e 600 metros.

Associação de Chernossolo Argilúvico com Nitossolo Vermelho eutrófico ou distrófico (MT+RL) – 6,5% dessa combinação se caracteriza por ocorrer em declividades entre 6% e 12%, a distância do divisor varia de 200 a 600 metros, com maior ocorrência a partir dos 400 metros. A curvatura vertical é côncava, podendo variar para convexa. A curvatura horizontal é variada entre os três tipos de formas.

Associação de Chernossolo Argilúvico com Nitossolo Vermelho eutrófico ou distrófico e Neossolo Litólico, eutrófico/distrófico (MT+NV+RL) – 10% representa a maior ocorrência dessa combinação que apresenta parâmetros de declividade variante entre 6% e 12%, curvaturas vertical e horizontal convexa e a distância do divisor entre 200 e 400 metros.

Associação entre Neossolo Quartzarênico alumínico e Latossolo Vermelho, alumínico ou distrófico (RQ+LVaf-1) – 13% dessa combinação de solos apresenta declividade entre 3% e 6%, podendo chegar a 9% em algumas áreas. A distância do divisor varia entre 0 e 100 metros, alcançando os 200 metros em algumas áreas. As curvaturas vertical e horizontal são convexas, porém, podem apresentar-se côncavas em algumas áreas.

Associação entre Latossolo Vermelho, alumínico ou distrófico e Neossolo Quartzarênico alumínico (LVaf-1+RQ) – Esse solo se caracteriza por conter mais Latossolo Vermelho do que Neossolo Quartzarênico. Sua maior área é representada por 11,47% de parâmetros de declividade que variam entre 3% e 6%, podendo alcançar 9%

nas áreas de maior distância do divisor; a distância do divisor fica entre 0 e 200 metros, alcançando os 400 metros em algumas áreas. Ambas as curvaturas vertical e horizontal se apresentam em formas convexas.

Associação de Latossolo Vermelho, aluminico ou distrófico e Latossolo Vermelho distrófico (LVaf-1+LVd) – 11,14% dessa combinação se apresenta com declividade de 3% a 6% podendo alcançar os 9%. Suas curvaturas vertical e horizontal são em formas côncavas, podendo variar para convexas conforme a proximidade ao divisor. A distância do divisor varia de 0 a 400 metros.

Associação de Latossolo Vermelho-Amarelo álico ou distrófico com Neossolo Quartzarênico aluminico (LVA-2+RQ) – 12,45% dessa combinação é caracterizada por parâmetros de declividade variante entre 1% e 6%. Ambas as curvaturas vertical e horizontal apresentam-se de forma convexas. A distância do divisor pode variar de 0 a 100 metros e 200 a 400 metros dependendo da área.

Associação de Neossolo Quartzarênico aluminico com Latossolo Vermelho-Amarelo álico ou distrófico (RQ+LVA-2) 12,69% dessa combinação tem como parâmetros característicos a declividade que varia entre 1% e 3% aonde a distância do divisor vai de 0 a 100 metros, e -entre 6% a 9% onde a distância do divisor aumenta para 200 metros a 400 metros. As curvaturas vertical e horizontal apresentam-se em formas convexas, podendo alternar para côncavas dependendo da área.

Associação de Gleissolo Háplico e Gleissolo Melânico com Organossolo Háplico (Gx+OX) – 38% dessa combinação apresenta parâmetros de declividade variando entre 1% e 3%; a distância do divisor entre 0 e 100 metros; a curvatura horizontal se dá de maneira convexa, podendo variar para côncava. Já a curvatura vertical se apresenta com três formas presentes.

Associação de Gleissolo Háplico e Gleissolo Melânico com Cambissolo distrófico (Gx+CXd) – 40,41% dessa combinação apresenta declividade variando entre 1% e 3%; a curvatura vertical se apresenta nas três formas – plana, convexa e côncava – e a curvatura horizontal se dá de forma convexa, podendo variar para côncava.

Associação de Cambissolo distrófico com associação de Gleissolo Háplico e Gleissolo Melânico (CXd+Gx) – essa combinação apresenta 43,68% de áreas com os mesmos parâmetros característicos da combinação anterior - declividade variando entre 1% e 3%; a curvatura vertical se apresenta nas três formas e a curvatura horizontal se dá de forma convexa, podendo variar para côncava – a diferença é a maior ocorrência de Cambissolo distrófico na combinação.

#### 4. Conclusões

Acabamos de ver a parte que desempenha, no estudo do solo, a consideração das variáveis de relevo. O desenvolvimento do modelo que relaciona os parâmetros geomorfométricos com o tipo solo de determinada região permite a predição de solos em áreas ainda não mapeadas. O mapeamento digital toma nova relevância no estudo do solo em regiões que se assemelham a trabalhada pelo artigo. A facilidade, o menor custo e maior rapidez nos processos de análise garantem a solução da escassez dos trabalhos cartográficos de solo. Em países de grande extensão territorial, como o Brasil, há certa carência de informações espaciais de solos em níveis maiores de detalhamento. Como continuação do trabalho desenvolvido aqui, ainda será aplicado o mesmo modelo trabalhado na folha de Ribeirão Preto - com características ambientais semelhantes e com mapeamento pedológico semi-detalhado - em duas folhas topográficas 1:50.000 que compõem a quadrícula Foz do Iguaçu (1:100.000).

## **Agradecimentos**

À nossas famílias pelo apoio e incentivo aos estudos. Ao nosso orientador e coautor deste trabalho Dr. Samuel Fernando Adami, pelo auxílio e pontuações precisas nos desenvolvimentos de nossas pesquisas. À Universidade Federal da Integração Latino Americana – UNILA, pelo suporte no desenvolvimento da pesquisa. Em especial ao programa PROBIC, pelas bolsas de iniciação científica.

## **Referências Bibliográficas**

McBratney, A.B.; Santos, M.L.M, Minasny, B. **On digital soil mapping**. Geoderma, 117:3-52, 2003.

Oliveira, J.B. **Pedologia Aplicada**. Campinas: FEALQ, 2008. 592p.

Oliveria, J.B.; Camargo, M. N.; Rossi, M.; Calderano F. B. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 1999. Escala 1:500.000.

Oliveira, J.B.; Prado, H. **Levantamento pedológico semidetalhado do Estado de São Paulo: quadricula de Ribeirão Preto**. Campinas, Instituto Agrônômico de Campinas, 133p. 1987

Valeriano, M. M. **Estimativa de variáveis topográficas por geoprocessamento para modelagem da perda de solos**. Rio Claro: Biblioteca do Instituto de Geociências e Ciências Exatas/UNESP. 172p., 1999.

Wilson, J.P, Gallant, J.C. **Terrain analysis: principles and applications**. New York: John Wiley & Sons, 2000.

Brasil em Relevo - **Embrapa Monitoramento por Satélite (SRTM)**

<<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/download/sp/sf-23-v-c.htm>> Acesso em: 15/09/2012.