

## **Geração de mapas de declive e análise dos padrões geomorfológicos na bacia do Ribeirão da Onça, Brotas/SP a partir de dados topográficos em diferentes escalas.**

Claudiane Otilia Paes<sup>1</sup>  
Rodrigo Lilla Manzione<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Estadual Paulista – UNESP  
Av. Vitalina Marcusso, 1500 - 19910-206 Ourinhos – SP  
claudiane paes@hotmail.com

<sup>2</sup> Universidade Estadual Paulista – UNESP  
Av. Vitalina Marcusso, 1500 - 19910-206 Ourinhos – SP  
manzione@ourinhos.unesp.br

**Abstract:** The knowledge of the physical and especially the morphology of a basin becomes essential, for studies that show their dynamics, these characteristics are defined by many factors such as, climate, topography, shape, type of drainage, soil and slope of the water catchments. The relief of basin, especially its slope has great influence on the process of sediment flux, since it determines the runoff velocity. So the spatial dynamics of a river depends largely on their geomorphological feature and its geological structures. In these studies the techniques of remote sensing and GIS enable the generation of spatial databases from different sources of information. The scale of details will influence the posterior studies and the model accuracy. This study generates two maps of slope in a watershed from different sources of elevation survey (topographic maps in 1:10.000 and 1: 50.000 scale) and discuss the influence of information details in the watershed management plan and further analysis from this data in watershed located in a Guarani Aquifer System (GAS) recharge area in Brotas/SP, Brazil. The maps generated from 1:10.000 scale reveal much more detailed relief classes and is indicated for land use planning and hydrological modeling in the area.

**Palavras-chave:** watershed, slope, geoprocessing, bacia hidrográfica, declividade, geoprocessamento.

### **1. Introdução**

A Geografia, como ciência, tem desde sua gênese a necessidade de estudar o meio ambiente e suas interações principalmente com o homem. Nos dias atuais, além de analisar essas relações, o geógrafo vê a necessidade de intervir, auxiliando na preservação dos recursos naturais. Nesse sentido o Sensoriamento Remoto, o Geoprocessamento e suas ferramentas, tem se mostrado como um meio prático, rápido e alta confiabilidade para efetuar tais análises. A possibilidade de rápido cruzamento e análise de dados que essas ferramentas permitem, têm contribuído para verificação de impactos sobre os ecossistemas. As técnicas de geoprocessamento e de sensoriamento remoto ao possibilitar a geração de bancos de dados espaciais com recortes espaço-temporais significaram uma grande evolução para estudos geográficos (Burrough, 1998), determinando as conseqüências das atividades humanas nos ecossistemas naturais e também naqueles já modificados pela ação antrópica. Assim, as informações geradas a partir do Geoprocessamento são importantes fontes de dados que dão suporte na determinação das relações e da dinâmica entre homem e natureza a partir da observação do espaço geográfico.

Nos estudos acerca dos recursos hídricos, a bacia hidrográfica é definida como unidade de gestão pela Lei 9.433/97. Segundo Guerra (1978), bacias hidrográficas são como um conjunto de terras drenadas por um rio principal e seus afluentes, estando assim de acordo com Christofletti (1980), que se refere a bacias hidrográficas como uma área drenada por um determinado rio ou por uma rede fluvial. Uma forma de estudar, analisar e monitorar uma bacia hidrográfica é através da utilização dos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) e técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. Segundo Pissarra et al (2009), isso confere rapidez, confiabilidade e facilidade de identificação dos conflitos de uso da terra.

O conhecimento dos aspectos físicos e principalmente da morfologia de uma bacia torna-se indispensável para estudos que mostrem realmente sua dinâmica. Essas características são definidas por muitos fatores como clima, relevo, forma, tipo de drenagem, solos e declividade da bacia. O relevo de uma bacia hidrográfica, elencando sua declividade exerce grande influência na bacia, pois determina, por exemplo, a velocidade do escoamento superficial. Segundo Oliveira (2004) a dinâmica das vertentes está associada aos processos de transporte de massa e movimentos de massa, que acarretam um processo erosivo. A influência do relevo é um fator importante na intensidade do processo erosivo principalmente pela declividade, pois terrenos com maiores declividades apresentam maiores velocidades do escoamento superficial e conseqüentemente maior capacidade erosiva. Sendo assim analisar declividade de um terreno é importante para determinar a susceptibilidade à erosão e a capacidade de uso do solo. Deste modo, a dinâmica espacial de um rio ou de uma bacia depende em grande parte de suas características geomorfológicas e de suas estruturas geológicas, que vão influenciar não só a dinâmica das águas como também a forma da bacia e os padrões de drenagem (Jorge e Uehara, 1998).

Para se chegar a declividade de um terreno é necessário o conhecimento da topografia local, para assim determinar um modelo hidrológico que represente o sistema natural, segundo Moore (1993) apud Galvêncio et al (2006). O procedimento para modelagem de sistemas complexos, como processos hidrológicos de uma bacia hidrográfica, exige um conhecimento detalhado das formas da bacia e sua morfologia. Esses atributos topográficos podem ser obtidos através de um Modelo Digital de Terreno (MDT), que apresenta os padrões de relevo de uma região através de uma imagem matricial gerada tradicionalmente pela interpolação de curvas de nível. Na análise de atributos topográficos, a declividade tem grande relevância em estudos em bacias hidrográficas, sendo mais uma informação auxiliar na determinação da capacidade de usos dos recursos naturais e sua gestão e manejo de forma sustentável. O conhecimento da declividade e das curvas hipsométricas da bacia da bacia são úteis para seu zoneamento quanto ao uso e ocupação do solo e processos erosivos, pois as curvas vão representar a variação do relevo em uma bacia (Jorge e Uehara, 1998).

O objetivo deste trabalho foi gerar um mapa de declividade da bacia hidrográfica do Ribeirão da Onça, Brotas/SP a fim de gerar uma fonte de informação auxiliar em área total para análises hidrológicas em área de recarga do Sistema Aquífero Guarani (SAG).

## **2. Materiais e métodos**

### **2.1 Área de estudo**

A Bacia do Ribeirão da Onça está localizada no Município de Brotas (SP) nas latitudes 22°10' e 22°15' Sul e nas longitudes 47°55' e 48°00' Oeste, correspondendo a uma área de aproximadamente 5.300 ha (Figura 1). A bacia do Ribeirão da Onça é uma das formadoras do Rio Jacaré Guaçu, sendo este afluente do Rio Tietê.

Quanto às características físicas, segundo Barreto (2006); geologicamente a Bacia se desenvolve em sua grande parte sobre o arenito da Formação Botucatu, sendo que próximo ao seu exutório encontra-se o complexo Botucatu-Diabásio, ambos pertencentes ao Grupo São Bento. Os solos da Bacia como provêm do Arenito Botucatu, apresentam uma composição homogênea, com presença de argilas somente na região do exutório.

A Bacia pode ser considerada de uso exclusivamente agrário, sem áreas consideradas de pavimentação ou de industrial, possuindo apenas povoamentos pequenos e isolados. Climatologicamente, a Bacia classificada segundo a metodologia de Köppen, possui clima subtropical úmido com chuvas de verão (Cwa), variando para clima tropical úmido com inverno seco, a temperatura média anual é de 20,5°C.

A bacia trata-se de uma área de afloramento e recarga do Aquífero Guarani, característica importante para fornecer dados e elementos para aprofundamento de estudos para o conhecimento do comportamento de áreas de afloramento e recarga do SAG.

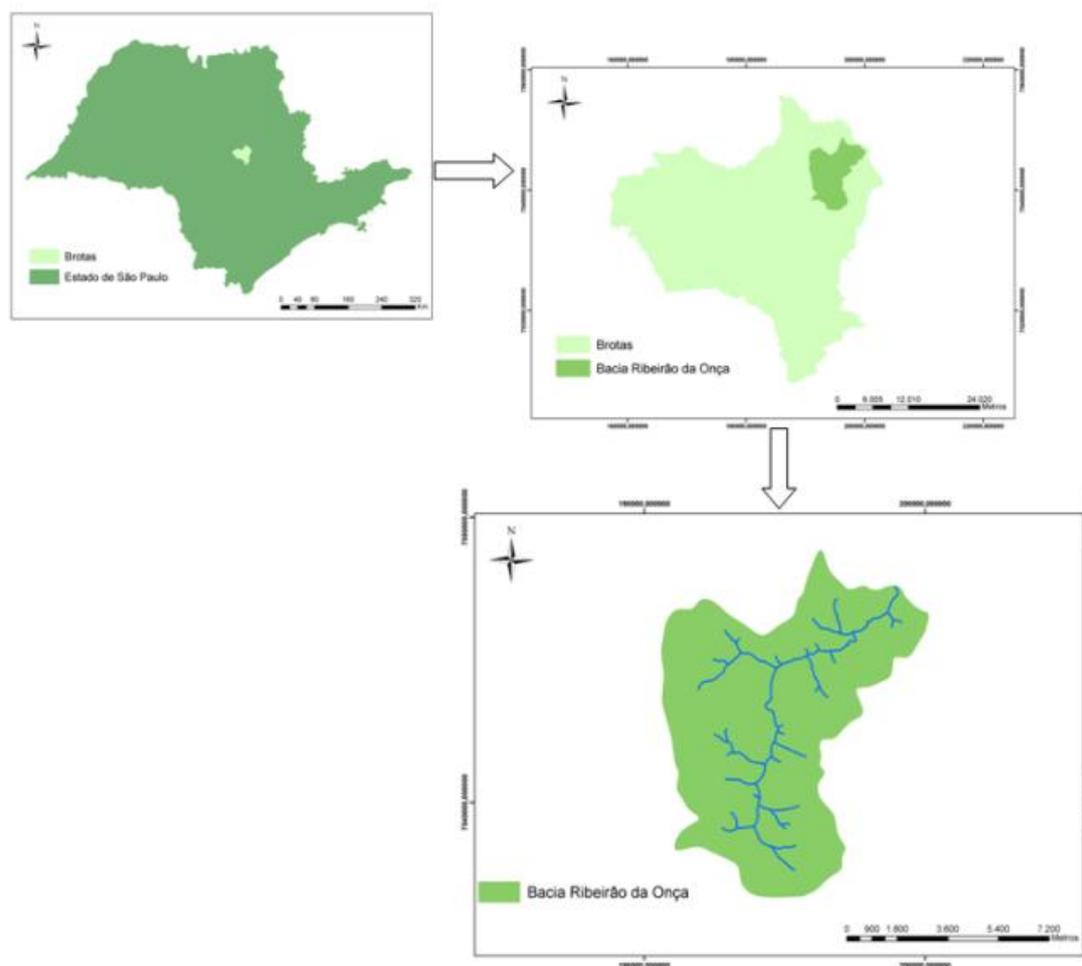


Figura 1 – Localização espacial da Bacia do Ribeirão da Onça no Município de Brotas-SP.

## 2.1 Levantamento de dados

Os materiais usados na realização deste estudo foram cartas topográficas em escala 1:50.000, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, datadas de 1971, folha de São Carlos(SF-23-Y-A-I); e cartas topográficas em escala 1:10.000, do plano cartográfico de São Paulo, datadas de 1979, folhas Fazenda Santa Evangelina (SF-23-Y-A-I-1-A), Rio Jacaré Guaçu (SF-23-Y-A-I-1-B), Ribeirão da Onça (SF-23-Y-A-I-1-SO-C), Represa do Lobo (SF-23-Y-A-I-1-SO-D) e Bairro Monte Alegre (SF-23-Y-A-I-1-SO-E). Foi feito um mosaico das cinco cartas em escala 1:10.000 para que toda bacia fosse compreendida. As cartas e o mosaico foram georreferenciadas no SIG SPIRNG (Câmara et al., 1996), permitindo uma boa visualização dos erros. O georreferenciamento de cartas ou imagens tem como função fazer as correções geométricas, onde são feitas associações a coordenadas reais, para que as informações possam ser utilizadas como complementares de dados de diferentes fontes. No caso desse estudo o sistema de referência utilizado para o georreferenciamento foi o sistema brasileiro UTM/SAD69 fuso 23s. Após isso as imagens foram exportadas para o SIG IDRISI ANDES, onde suas curvas altimétricas foram digitalizadas, sendo elas equidistantes 5 metros na escala 1: 10.000 e 20 metros na escala 1:50.000.

## 2.2 Geração dos mapas de declividade

Para gerar os mapas de declividade foi necessária a utilização de um MDT que foi gerado por triangulação irregular da grade (TIN) a partir das curvas de nível digitalizadas. O método TIN é um modelo matemático baseado nas distâncias dos dados, onde são gerados nós irregulares triangulares que formam uma grade com estrutura vetorial que representa a superfície de um conjunto de faces interligadas que, quanto mais equiláteras forem, mais exatidão agregarão à descrição dessa superfície (Câmara e Medeiros, 1998). Sendo assim. Com a obtenção do MDT, a próxima etapa foi a determinação das classes de declividade, baseados nos intervalos em porcentagem propostos por Ramalho Filho e Beek (1995), que são: 0 – 3% (plano), 3 – 8% (suave ondulado), 8 – 13% (moderadamente ondulado), 13 – 20% (ondulado), 20 – 45% (forte ondulado), e maior que 45% (montanhoso). Esses intervalos são definidos pelos autores conforme o grau de limitação de uso do solo em função da susceptibilidade a erosão.

## 3. Resultados e Discussões

Os resultados obtidos foram dois mapas de declividade em escalas 1:10.000 (Figura 2) e 1:50.000 (Figura 3).

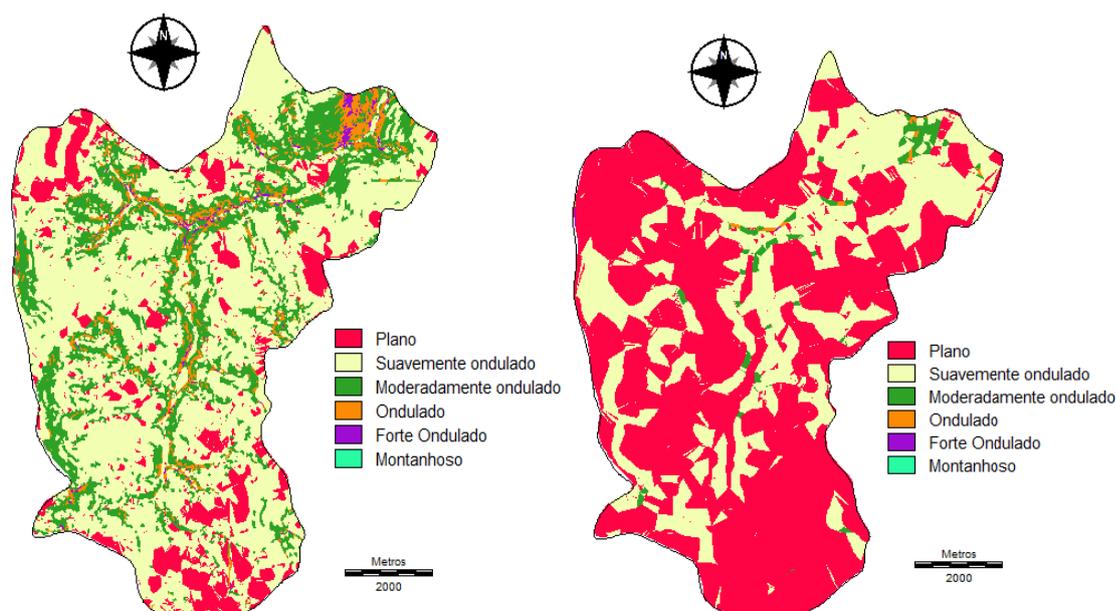


Figura 2 – Mapa de declividade em escala 1:10.000.

Figura 3 – Mapa de declividade em escala 1:50.000.

Observa-se que nos dois mapas a maior parte da declividade trata-se de relevos planos e suavemente ondulados. Entretanto, no primeiro mapa, em escala 1:10.000, a maior classe de declividade refere-se a relevos suavemente ondulados (declive entre 3 – 8%). Já no segundo mapa em escala 1:50.000, a maior classe de declividade é de relevos planos (declive entre 0 – 3%). Isso mostra que as diferentes escalas de detalhe das informações topográficas obtidas para confecção desses mapas influenciam fortemente na qualidade final dos mapas de declive. Uma área pode apresentar dados muito diferentes de um mesmo atributo, como no caso em escala 1:10.000 temos 60% de relevo suavemente ondulado e 13% de relevo plano enquanto que no mapa em escala 1:50.000 temos 34% de relevo suavemente ondulado e 64% de relevo plano (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1: Padrões percentuais do mapa de declividade em escala 1:10.000.

Relevo	Classes de Declive %	Área (Hectares)	Área (%)
Plano	0 - 3	831, 5339	13%
Suavemente ondulado	3 - 8	3.923,6411	60,2%
Moderadamente			
Ondulado	8 - 13	1.374,4571	21,3%
Ondulado	13 - 20	290, 6474	4,5%
Forte ondulado	20 - 45	50, 8938	1%
Montanhoso	< 45 %	0	0%
TOTAL		6.471,1733	100%

Tabela 2: Padrões percentuais do mapa de declividade em escala 1:50.000.

Relevo	Classes de Declive	Área (Hectares)	Área (%)
Plano	0 - 3	4.143,102548	64%
Suavemente ondulado	3 a 8	2.200,689383	34%
Moderadamente			
Ondulado	8 a 13	112, 2190591	1,77%
Ondulado	13 - 20	13, 5363601	0,20%
Forte ondulado	20 - 45	2, 0891482	0,03%
Montanhoso	< 45	0	0%
TOTAL		6.471,636498	100%

As informações sobre relevo ondulado e forte ondulado também sofrem mudanças, sendo que esta última classe quase não apresenta áreas no mapa em escala 1:50.000, evidenciando a diferença de detalhamento entre os mapas. Segundo Paes e Manzione (2010) isso deve-se equidistância das curvas para tais modelos são 5 metros para escala 1:10.000 e 20 metros para escala 1:50.000, pois são a partir delas que são gerados os MDT's, bases para os mapas de declividade. Ao pensarmos que a falta de informações detalhadas no manejo da bacia pode trazer conseqüências negativas uma vez que relevos mais escarpados requerem maiores cuidados para conservação do solo, o mapa em escala 1:10.000 mostra-se mais recomendável quanto a aplicação em estudos na bacia. Valeriano (2003) descreveu procedimentos para o mapeamento digital da declividade em microbacias em SIG, concluindo que para o mapeamento em escalas generalizadas, é necessário o armazenamento de múltiplos planos de informações para sua descrição adequada, com o cálculo da declividade com resolução menor que 20 - 40 m, afetando a estimativa da declividade pela conformação local do relevo.

Ao analisarmos os dados obtidos para os dois modelos verificamos que, apesar das diferenças entre as classes, a maior parte de relevo está compartimentados em relevos planos e suavemente ondulados. Para o mapa em escala 1:10.000 essas classes são respectivamente 13% e 60,2%, totalizando 73,2%. Para o mapa em escala 1:50.000, essas classes são respectivamente 64% e 34%, totalizando 98%. Esses relevos são segundo Ramalho Filho e Beek (1995) indicados para culturas anuais, com auxílio de práticas de conservação de solo. As declividades referentes ao relevo moderadamente ondulado, que representaram, para mapas em escala 1:10.000, 21% e 1,77% em escala 1:50.000, também pode ser utilizado para esse tipo de cultura, entretanto requer mais práticas de conservação, pois apresentam mais fragilidade que os solos supra citados. Os solos em relevo ondulado são indicados para

exploração de culturas permanentes, pois este tipo de plantio proporciona maior proteção ao solo, áreas que apresentam relevo forte ondulado são solos com maior fragilidade a processos de erosão. Recomenda-se a serem áreas de preservação e conservação ambiental, entretanto podem ser utilizados para pecuária e silvicultura juntamente com práticas de conservação do solo, já solos montanhosos, que não se apresentam nos mapas de declividade do Ribeirão da Onça, são muito susceptíveis a processos erosivos, não sendo recomendada nenhuma prática antrópica. A acurácia do mapa em escala 1:50.000 não revela justamente classes de relevo próximas ao leito do rio e nascentes, ou mesmo a área de várzea no exutório da bacia (Figura 2). Esses detalhes não podem ser menosprezados no plano de manejo da bacia, pois justamente nessas áreas muitas vezes é que se necessita de práticas mais conservacionistas de exploração e/ou preservação. Modelos hidrológicos podem utilizar informação em área total gerada a partir de mapas temáticos ou numéricos para melhorar a predição espacial de atributos amostrados em menor intensidade no espaço, como alturas de lençol freático (Manzione et al., 2010). Nesse tipo de modelagem, quanto melhor a acurácia do modelo espacial e a resolução das informações disponíveis, maior a possibilidade de agregar valor ao modelo a partir de informações auxiliares (Manzione et al., 2007).

#### 4. Conclusões

A partir dos resultados apresentados pode-se concluir que:

- Os dois modelos representam os padrões de declividade de modo semelhantes para as classes de relevo predominantes, entretanto o modelo em escala 1:50.000 possui menos dados e por conseqüência menos detalhes, mascarando informações importantes sobre classes de declive encontradas em pouca quantidade, mas que necessitam de atenção quanto ao seu uso e ocupação.

- A maior parte do relevo se mostrou apta a culturas anuais, mas por se tratar de uma área de recarga de aquífero é necessário planejamento de uso para não influenciar a dinâmica das águas subterrâneas.

- O mapa de declividade em escala 1:10.000 seria mais confiável como informação auxiliar no manejo da bacia.

#### Agradecimentos

À FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) pela bolsa de treinamento técnico (TT-1) concedida para execução desse projeto (Processo 2009/11882-9).

#### Referências Bibliográficas

Barreto, C. E. A. G. **Balanço hídrico em zona de afloramento de Sistema Aquífero Guarani a partir de monitoramento hidrogeológico em bacia representativa**. 2006. 249 p. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2006.

Burrough, P. A.; R. McDonnell. **Principles of Geographical Information Systems**. Oxford University Press, 1998. 333 p.

Câmara, G. et al. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modeling. **Computers & Graphics**, v. 20, p. 395-403, 1996.

Câmara, G.; Medeiros, J. S. **Mapas e suas representações computacionais**. In **Sistemas de Informações Geográficas: aplicações na Agricultura**. In: Assad, E. D.; Sano, E. E. (eds) **Sistemas de Informações Geográficas - Aplicações na Agricultura**. Brasília: EMBRAPA, pp. 13-29. 1998

Christofoletti, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgar Blücher, 1980. 2 ed. 188 p.

Corseuil, C. W.; Campos, S. Geoprocessamento aplicado na determinação das classes de declive de uso as terras da microbacia do Arroio Ajuricaba – Marachel Cândido Rondon – PR. **Revista Energia na Agricultura**. V. 22, n. 1, 2007, p.33-41.

Galvêncio, J. D. et al. Análise do relevo da bacia hidrográfica do Açude Epitácio Pessoa. **Revista de Geografia**, v. 23, n. 1, 2006, p. 54- 69.

Guerra, A. T. **Dicionário geológico-geomorfológico**. Rio de Janeiro: IBGE, 1978.

Jorge, F. N.; Uehara, K. Aguas da superfície. In Oliveira; A. M. S.; Brito S. N. A. **Geologia de Engenharia**. São Paulo: ABGE/Cnpq/FAPESP, 1998. 513 p.

Manziona, R. L. et al. Incorporation of ancillary information derived from satellite images applied on environmental variables evaluation. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 13, 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. p. 3437-3444. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr%4080/2006/11.14.22.15/doc/3437-3444.pdf>>. Acesso em: 15 nov. 2010.

Manziona, R. L. et al. Stochastic simulation of time series models combined with universal kriging: a framework to predict risks of water table depths in time and space. In: GEOEnv - Geostatistics for environmental applications, 8, 2010, Gent. **Proceeding...** Gent: Gent Universiteit. p.68-70. Disponível em: <<http://www.geoenv.ugent.be/geoENV10BookofAbstractsonweb.pdf>> Acesso em: 15 nov. 2010

Oliveira, F. G. **Diagnóstico da expansão da cultura canavieira e dos conflitos ambientais de usos do solo no município de Barra Bonita – SP**. 2009. 57 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista, Botucatu. 2009.

Paes, C. O. ; Manziona, R. L. Comparação de modelos digitais de terreno em diferentes escalas para fins geomorfológicos em área de recarga do Aquífero Guarani. In Congresso de Iniciação Científica da Unesp. **Anais...** Presidente Prudente. 2010.

Pissarra, T. C. T. et al. Aplicação de técnicas de sensoriamento remoto e sistema de informação geográfica para mapeamento de declividade e solos no Município de Jaboticabal, SP. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 14, 2009. Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009 9. p. 5367-5372. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.17.19.14/doc/5367-5372.pdf>>. Acesso em: 15 nov. 2010

Ramalho Filho, A; Beek, K. L. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 3ª ed. Rio de Janeiro. EMBRAPA, CNPS, 1995. 65 p.

Valeriano, M. de M. Mapeamento da declividade em microbacias com Sistemas de Informação Geográfica. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.**, v.7, n.2, p.303-310, 2003.