

## CARACTERIZAÇÃO DE VARIÁVEIS FÍSICAS NO ALTO CURSO DA BACIA HIDROGRÁFICA QUATRO PONTES, PARANÁ – BRASIL

Characterization of physical variables in the upper stream of the watershed of the Quatro Pontes, Paraná – Brazil.

Caracterización de variables físicas en el alto curso de la cuenca hidrográfica Quatro Pontes, Paraná – Brasil.

Bruno Aparecido da Silva  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
[brunoborchertesilva@gmail.com](mailto:brunoborchertesilva@gmail.com)

### Resumo

As bacias hidrográficas, nos últimos anos, adquiriram significativa importância nos estudos da Geografia Física. Algo que reflete a preocupação do geógrafo com a escala espacial e a abordagem metodológica nos estudos ambientais. O objetivo do presente artigo foi mapear as áreas de fragilidade potencial do alto curso da bacia hidrográfica Quatro Pontes, Oeste do Paraná, tendo em vista contribuir com o uso e preservação do solo. Técnicas das Geotecnologias foram utilizadas para elaborar mapas temáticos de altimetria, declividade, solos e fragilidade potencial, os quais permitiram a caracterização de variáveis geoambientais da área estudada. A altitude variou entre 320 e 510 metros e as classes de declividades predominantes foram 0% e 12%, representando 88% da área. As classes de solos mapeadas foram Latossolos, Nitossolos, Neossolos e Cambissolos. As classes de fragilidade potencial Muito Baixa e Baixa predominaram em 85% da área, refletindo condições ambientais favoráveis à culturas temporárias. Entretanto, estudos regionais têm demonstrado que as áreas associadas à Muito Baixa e Baixa fragilidade potencial, onde predominam Latossolos e Nitossolos, ocorre a degradação desses solos, motivada pela compactação dos horizontes superficiais a partir do manejo agrícola.

**Palavras-chaves:** Fragilidade Potencial; Geotecnologias; SRTM.

### Abstract

Watersheds acquired significant importance in the studies of Physical Geography. Something that reflects the concern of the geographer with the spatial scale and the methodological approach in the environmental studies. The purpose of this article is to characterize the potential fragility of the upper section of the watersheds Quatro Pontes, West of Paraná, to contribute with the use and soil preservation. Geotechnology techniques were used to elaborate thematic maps of altimetry, slope, soils and potential fragility, which allowed the characterization of geoenvironmental variables of the studied area. The altitude varied between 320 and 510 meters and the classes of predominant slopes were 0% and 12%, representing 88% of the area. The classes of soils mapped were Oxisols and Nitosols, Regosols and Cambisols. The potential fragility classes Very Low and Low predominated in 85% of the area, reflecting environmental conditions favorable to seasonal crops. However, regional studies have shown that the areas associated with Very low and Low potential fragility, where Latosols and Nitosols predominate, occurs the degradation of these soils, motivated by the compaction of the superficial horizons from the agricultural management.

**Keywords:** Potential Fragility; Geotechnology; SRTM.

### Resumen

Las cuencas hidrográficas, en los últimos años, adquirieron significativa importancia en los estudios de la Geografía Física. Algo que refleja la preocupación del geógrafo con la escala espacial y el enfoque

metodológico en los estudios ambientales. El objetivo del presente artículo es caracterizar la fragilidad potencial del alto curso de la cuenca hidrográfica del arroyo Quatro Pontes, Oeste de Paraná, con el fin de contribuir con el uso y preservación del suelo. Las técnicas de las Geotecnologías se utilizaron para elaborar mapas temáticos de altimetría, declividad, suelos y fragilidad potencial, los cuales permitieron la caracterización de variables geoambientales del área estudiada. La altitud varió entre 320 y 510 metros y las clases de declividades predominantes fueron 0% y 12%, representando el 88% del área. Las clases de suelos mapeados fueron Latosolos y Nitosolos, Neosolos y Cambios. Las clases de fragilidad potencial Muy baja y baja predominaron en el 85% del área, reflejando condiciones ambientales favorables a los cultivos temporales. Sin embargo, estudios regionales han demostrado que las áreas asociadas a Muy baja y Baja fragilidad potencial, donde predominan Latosolos y Nitosolos, ocurre la degradación de esos suelos, motivada por la compactación de los horizontes superficiales a partir del manejo agrícola.

**Palabras clave:** Fragilidad Potencial; Geotecnología; SRTM.

## INTRODUÇÃO

A influência antrópica sobre o meio ambiente tem se tornado uma das preocupações entre pesquisadores da Geografia Física. O conhecimento prévio das características geoambientais, de uma bacia, minimiza impactos ocasionados pela atividade antrópica, ou até mesmo desastres naturais. Nesse contexto, a bacia hidrográfica adquire importância enquanto escala espacial, que abarca as características do relevo, solo, hidrografia, uso e cobertura da terra e entre outros, e permite determinar a fragilidade do meio (GONÇALVES et al., 2011).

A bacia hidrográfica também subsidia grande parte da legislação, do planejamento territorial e ambiental no Brasil. Isso acontece em função da bacia hidrográfica ser uma unidade espacial com limites passíveis de serem definidos (MACHADO et al., 2011; RODRIGUES e ADAMI, 2005). A partir da delimitação de uma determinada bacia hidrográfica é que será possível mensurar impactos ambientais, tais como a retirada da vegetação, manejo inadequado dos solos e entre outros fatores que interferem no equilíbrio dinâmico da paisagem (SILVA, 2014).

Algumas metodologias têm permitido alcançar o conhecimento sobre a fragilidade do ambiente e, com isso, ganhado cada vez mais espaço no meio acadêmico. Exemplo disso é a proposta metodológica de Ross (1990 e 1994) que integra elementos antrópicos e naturais. Embora o presente estudo tenha abordado apenas os aspectos do meio físico, é de fundamental importância que as causas dos desequilíbrios na paisagem sejam analisadas a partir dos elementos humanos e naturais (MORAIS, 2010; CUNHA e GUERRA, 1995).

Spörl e Ross (2004, p. 39) destacaram que os modelos de análise da fragilidade potencial e emergente servem como subsídio ao planejamento ambiental, uma vez que, os mapas confeccionados auxiliam na identificação de áreas com diferentes níveis de fragilidade ambiental. Através desses documentos é possível apontar áreas onde os graus de fragilidades são baixos, favorecendo a determinados tipos de inserção agrícola, por exemplo. Do mesmo modo, indicar as áreas frágeis numa bacia, sendo necessárias ações que restringem determinado uso.

De acordo com Kawakubo et al. (2005), em relação ao conceito de fragilidade ambiental, convém destacar que há a fragilidade potencial, abordada neste trabalho, e a fragilidade emergente. A fragilidade potencial é conceituada como sendo a vulnerabilidade natural de um ambiente, em função de suas características físicas (declividade e o tipo de solo). Ross (1990, 1994) destacou que a carta de fragilidade potencial indica os graus de fragilidade resultantes da relação entre os componentes geomorfológicos, climáticos, geológicos e pedológicos. A fragilidade emergente, por sua vez, além de considerar as características físicas do meio, engloba os graus de proteção dos diferentes tipos de uso e cobertura vegetal sobre o ambiente.

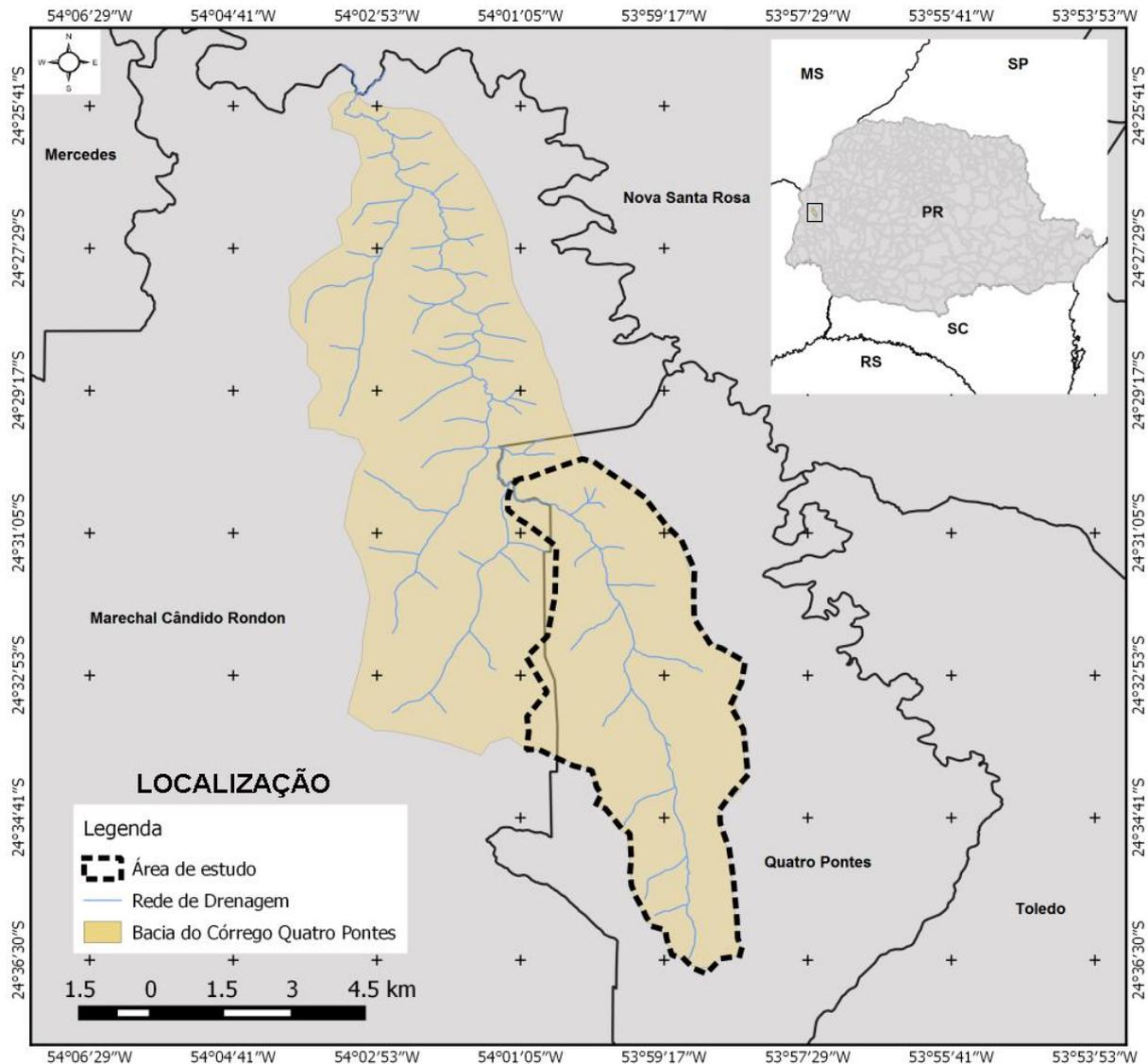
Na atualidade, os geógrafos têm pautado seus estudos a partir de uma abordagem integrada da paisagem. Do ponto de vista qualitativo, isso tem contribuído com o planejamento ambiental, apresentando resultados na forma de cartas temáticas que são organizadas e apresentadas por classes de fragilidade (SILVEIRA e OKA-FIORI, 2007). Tal fato se deve, também, ao incremento de ferramentas tecnológicas, tais como as Geotecnologias, representadas principalmente pelo Sensoriamento Remoto (SR), Sistema de Informação Geográfica (SIG), Geoprocessamento e outros, que permitem realizar análises integradas da paisagem (SILVA et al., 2016).

Na região Oeste do Paraná tem se tornado constante a degradação das coberturas pedológicas, principalmente pelo uso intensivo e manejo incorreto desses solos (GIAROLA et al., 2007), atrelado à fragilidade potencial do meio. Diante disso, o objetivo geral deste trabalho foi identificar as áreas com fragilidade potencial e relacioná-las com a degradação dos solos no alto curso da bacia hidrográfica Quatro Pontes, a partir da elaboração de mapas temáticos de altimetria, declividade e solos.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### **Caracterização da área de estudo**

A área de estudo, alto curso da bacia hidrográfica Quatro Pontes, compreende parte dos municípios de Quatro Pontes e Marechal Cândido Rondon, na região Oeste do Estado do Paraná (Figura 1). A bacia possui área equivalente a 34,24 km<sup>2</sup>.



**Figura 1:** Mapa de localização da área de estudo. **Fonte:** Autor.

A litologia é composta por rochas basálticas, Formação Serra Geral (Juro-Cretáceo) (NARDY et al., 2002). O tipo climático predominante é o Cfa, clima subtropical, verão quente, com temperaturas médias anuais entre 18°C e 22°C, sem ocorrência de estação seca e precipitação média anual corresponde entre 1400 mm e 2000 mm (PARANÁ, 2013). A rede de drenagem é caracterizada por canais perenes, os quais formam o conjunto da Bacia do Paraná III-Brasil (BP III-BR) que possui como canal principal o rio Paraná, compreendendo o nível de base regional.

O relevo da área de estudo é caracterizado por formas suaves a onduladas. Santos et al. (2006), ao classificar os compartimentos geomorfológicos do estado do Paraná, englobou a morfologia da área no compartimento geomorfológico de Cascavel, o qual possui dissecação média, topos alongados e aplainados, vertentes convexas e com vales em V.

A formação dos solos está associada à alteração do basalto, condições climáticas quentes e úmidas e formas de relevo suaves e onduladas. Com isso, os principais sistemas pedológicos são: LATOSSOLOS VERMELHOS, nos setores de topo, NITOSSOLOS VERMELHOS, situados na alta-média-baixa vertente. Nos segmentos com declividades superiores a 20% localizam-se os NEOSSOLOS REGOLÍTICOS,

NEOSSOLOS LITÓLICOS e CAMBISSOLOS HÁPLICOS. Nos setores de fundo de vale predominam os NEOSSOLOS FLÚVICOS, CAMBISSOLOS FLÚVICOS e GLEISSOLOS HÁPLICOS.

O processo de ocupação regional se desenvolveu no contexto de políticas governamentais que direcionaram a população para o Oeste do país, na década de 1950. Nesse período, o uso do solo era baseado na policultura e com algumas experiências de plantio de café (MORESCO, 2007). Com a mecanização e implantação da monocultura (soja), houve uma mudança significativa na paisagem regional, principalmente na cobertura do solo. Essa nova fase produtiva necessitava de terras, as quais estavam sob mata nativa. Entretanto, a cobertura florestal nativa foi gradativamente sendo substituída pela monocultura, modificando a dinâmica hídrica nas bacias hidrográficas (MORESCO, 2007; MEDEIROS e JUNIOR ZANÃO, 2015).

### **Procedimentos metodológicos**

Trabalhos pioneiros foram realizados por Silva (2014) e Silva et al. (2016) no alto curso da bacia hidrográfica Quatro Pontes. Os autores realizaram a caracterização geoambiental e o mapeamento de solos até o 2º nível categórico (escala aproximada 1:50.000). Os resultados obtidos por aqueles autores nortearam o desenvolvimento deste artigo.

A pesquisa foi desenvolvida a partir do levantamento de materiais cartográficos para a obtenção de variáveis morfométricas do terreno e atualização do mapa de solos. A extração e a manipulação das informações foram realizadas por meio de SIG's *Qgis 2.10* e *Spring 5.3*, com base em técnicas de Geoprocessamento, Sensoriamento Remoto e da base cartográfica: Folha Topográfica de Quatro Pontes, escala 1:50.000. Arquivos vetoriais e matriciais foram armazenados no banco de dados geográfico, tais como limites políticos, clima, litologia, solos, relevo e hidrografia, carta topográfica e imagem *SRTM* (*Shuttle Radar Topography Mission*), com 30 metros de resolução.

A elaboração dos mapas temáticos, altimetria e declividade, ocorreu a partir das imagens *SRTM*, disponibilizadas no site do *Earth Explorer*, vinculado ao governo dos Estados Unidos da América. Posteriormente, para a extração de informações temáticas, houve a importação e manipulação desses arquivos para o SIG *Qgis 2.10*. Para geração das classes altimétricas, selecionou-se a opção *banda simples falsa-cor* atribuindo as cores a cada classe de elevação com os seguintes intervalos: 320-340; 340-360; 360-380; 380-400; 400-420; 420-440; 440-460; 460-480; 480-500; 500-520. A elaboração da carta de declividade foi realizada a partir da importação do arquivo *raster*, através da opção: *Raster > análise > MDE (Modelo Digital de Elevação)*. Em seguida foram atribuídas as cores a cada classe de declividade.

O mapa de solos da área de estudo foi atualizado e, também, corrigidos os erros referentes aos limites entre as unidades de mapeamento, a partir da interpretação visual de imagens de satélite e trabalhos de campo. Este último contou com as incursões por meio de caminhamento livre, observações das formas e comprimento das vertentes e distribuição da vegetação, permitindo a correção dos limites entre as unidades de mapeamento, conforme Embrapa (1995) e IBGE (2015). Foram utilizados mapas temáticos, carta topográfica, GPS, Carta de Cores *Munssel* e Trado Holandês nos trabalhos de campo. Para a identificação da distribuição espacial dos solos na paisagem foram consideradas a declividade, a forma e o comprimento das

vertentes. Num segundo momento, procedeu-se com a descrição morfológica dos perfis de solos (SANTOS, 2015) e a classificação de cada classe de solo (EMBRAPA, 2013). Portanto, foram identificadas 3 unidades de mapeamento, sendo descritas e classificadas 4 classes de solos, até o 2º nível categórico. A edição final do mapa de solos foi realizada no Qgis 2.18.0, em escala aproximada de 1:50.000.

A elaboração do mapa de fragilidade potencial ocorreu a partir de técnicas de Geoprocessamento. A partir do SIG *Qgis 2.10*, os planos de informação de declividade e solos foram cruzados por meio de sobreposição ponderada. Em seguida, foram atribuídos pesos às classes temáticas de declividade e solos, obtendo-se um arquivo *raster* com 5 classes de fragilidade potencial, referente às formas de relevo e solos (ROSS, 1994) (Tabela 1).

**Tabela 1:** Classes de declividade e solo com suas respectivas classes de fragilidade.

Atributo	Classes de Declividade	1	< 6%	Muito Fraca
		2	6 a 12%	Fraca
		3	12 a 20%	Média
		4	20 a 30%	Forte
		5	> 30%	Muito Forte
Classes de Solos	1	Latossolo Vermelho, textura argilosa	Muito Baixa	
	3	Nitossolo Vermelho, textura argilosa	Média	
	5	Neossolos e Cambissolos	Muito Forte	

Fonte: **Autor**.

## APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O presente tópico, num primeiro momento, apresenta os resultados relacionados à morfometria do terreno (altimetria e declividade), os solos e fragilidade potencial da bacia. Em seguida, são discutidas as implicações das características físicas da área em questão, a partir das informações levantadas e resultados obtidos em outras pesquisas regionais, juntamente com uma breve reflexão sobre os impactos decorridos da produção agrícola na bacia estudada.

### Atributos morfométricos do terreno

A área de estudo apresenta altitudes variando entre 510 metros, setor sul da bacia, e 320 metros (setor norte), foz do canal principal. A amplitude topográfica é de 180 metros, distribuída numa extensão de aproximadamente 11 km (Figura 2).

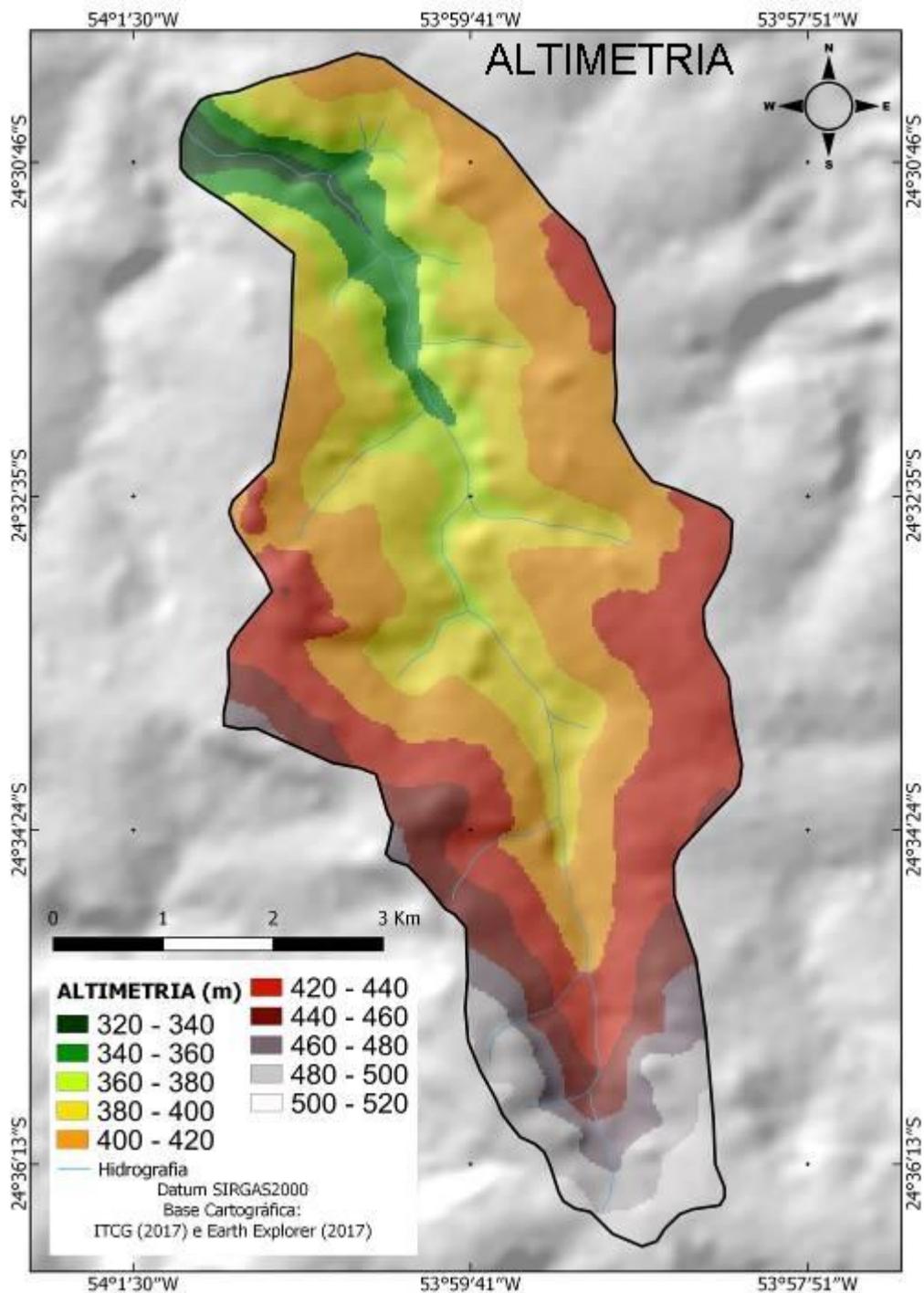
Quanto à morfologia do terreno, há o predomínio de formas suaves a onduladas (88% da área da bacia), situações semelhantes, referente à morfologia do relevo regional, foram verificadas por (BADE et al., 2016). Essas formas estão associadas ao predomínio dos Latossolos e Nitossolos na bacia.

Os setores da vertente com declividade entre 0% a 6% estão relacionados aos interflúvios, comumente alongados e planos. As áreas com classes de declividade entre 6% e 12% estão relacionadas aos segmentos de alta, média e baixa vertente, representando formas de relevo mais onduladas. Nos setores de fundo de vale também foram encontradas classes de declividade até 12%. Os setores que apresentaram declividades entre 12% a 30% e >30% representaram 11,5% da área da bacia e estão relacionados a segmentos de vertentes ao norte da bacia, confluência com o córrego Guará, assim como a segmentos transicionais entre baixa encosta e os fundos de vales (Tabela 2).

**Tabela 2:** Percentual das classes de declividade.

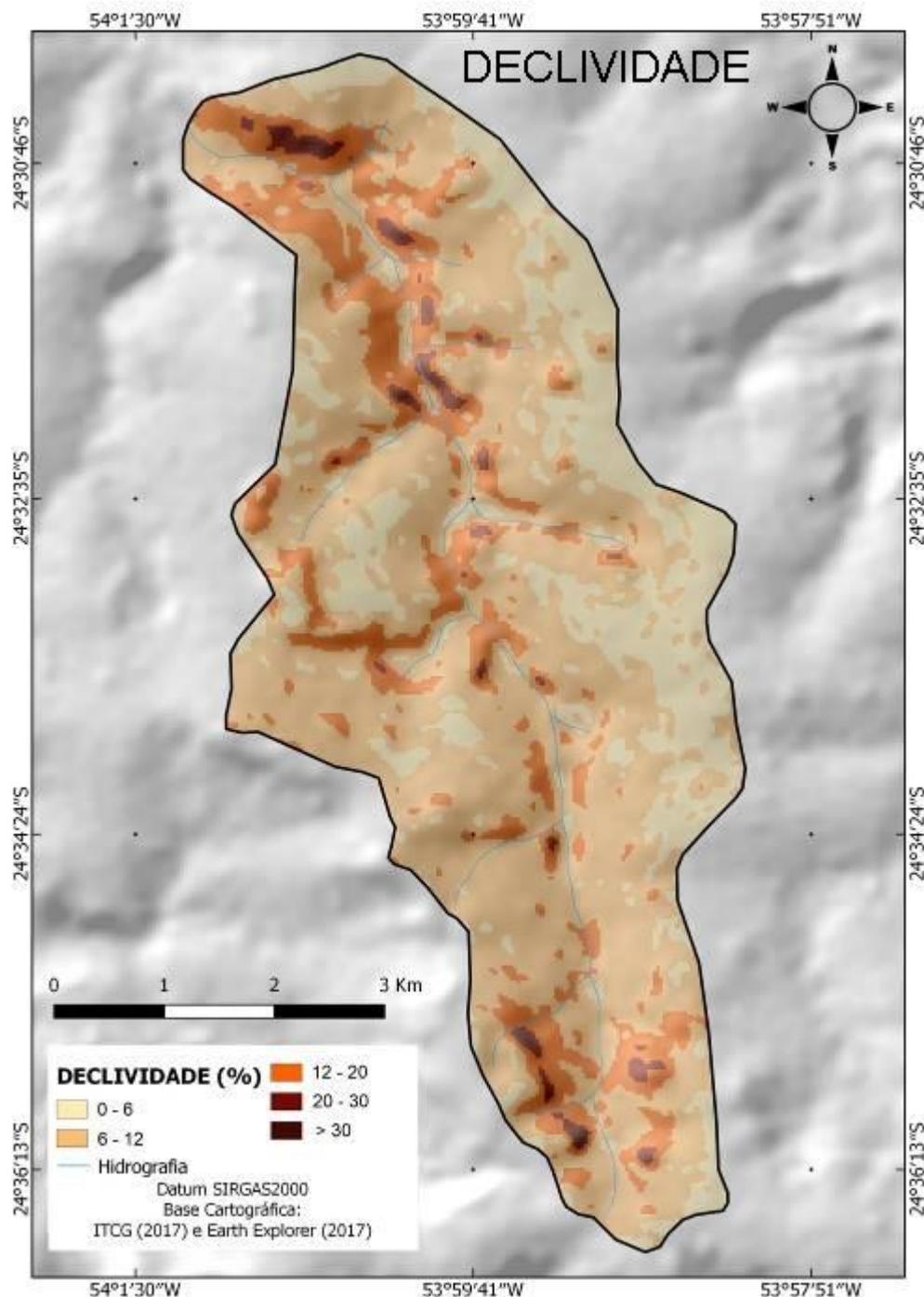
Área %	Classes de Declividade	
	Área %	Classes de Declividade
46,2		0-6
42,0		6-12
9,5		12-20
1,8		20-30
0,2		>30

Fonte: **Autor.**



**Figura 2:** Mapa altimétrico da área de estudo. **Fonte:** Autor.

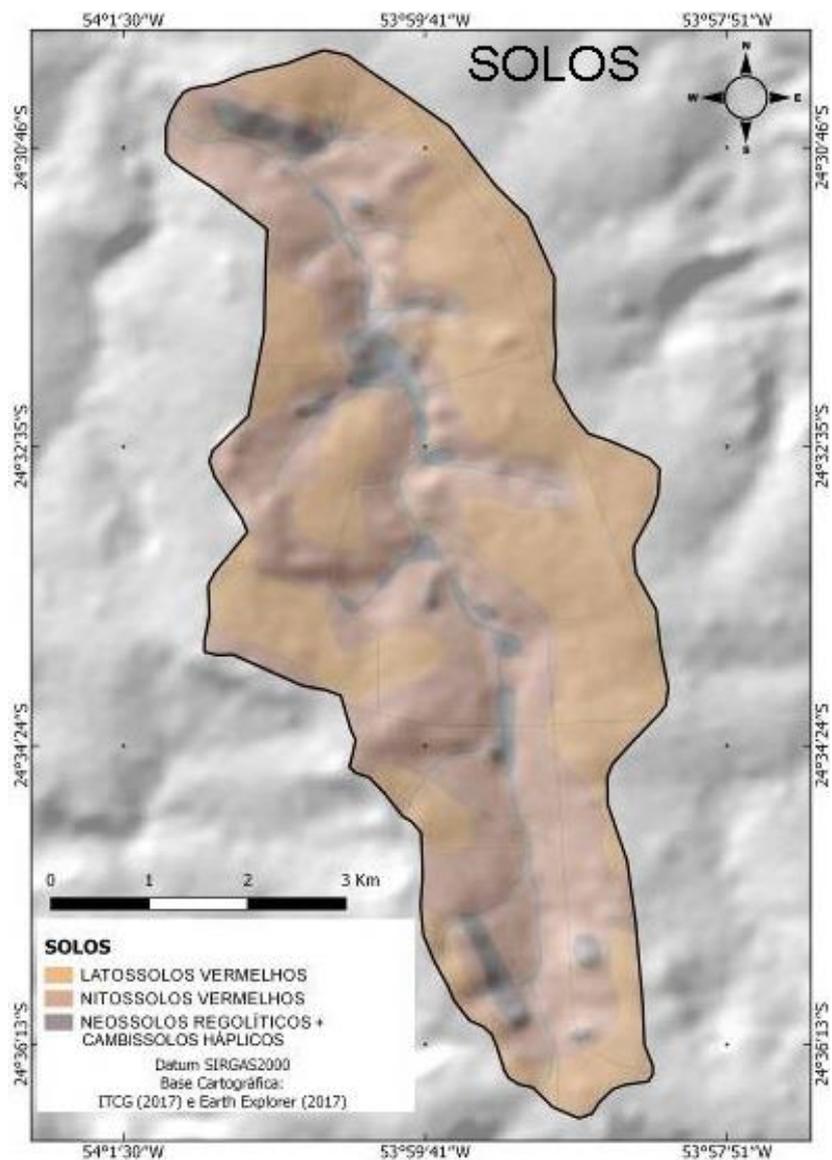
De modo geral, podem ser distinguidos dois setores ao longo do canal principal. Neles, há contraste entre as características físicas da paisagem, motivadas pela atuação dos processos denudacionais e associadas a alterações do nível de base regional (BARTORELLI, 2004; MIGOÑ, 2013). Setores da bacia próximos à nascente do canal principal (Figura 3), assim como da sua foz, apresentaram dissecação média do terreno, e estão associados a áreas de instabilidade morfogenética (SILVA, 2017), com rupturas de declive marcadas e rejuvenescimento dos solos. Os setores intermediários da bacia são caracterizados por estabilidade do terreno (SILVA, 2017), nos quais os processos denudacionais rebaixaram a paisagem. Comumente, nessas áreas estáveis, são encontrados espessos mantos de alteração e vertentes retilíneas alongadas (predomínio da pedogênese) (QUEIROZ NETO, 2012).



**Figura 3:** Mapa da declividade da área de estudo. **Fonte:** Autor.

### Solos

As unidades de mapeamento identificadas na área de estudo são representadas pelos LV - LATOSSOLOS VERMELHOS, NV - NITOSSOLOS VERMELHOS e RR + CX - NEOSSOLOS REGOLÍTICOS + CAMBISSOLOS HÁPLICOS (Figura 4). A distribuição dos solos está relacionada com a morfologia das vertentes. As formas de vertente, atreladas à inclinação do terreno, comandam o ataque hidrolítico devido a permanência ou ausência da taxa de umidade no regolito, desencadeando processos pedogenéticos gerais (transformação, translocação e remoção) e específicos (dessilicação e ferralitização) (RESENDE et al., 2014).



**Figura 4:** Mapa de solos da área de estudo. **Fonte:** Autor.

Os setores com declividade  $<12\%$ , formas retilíneas e convexas, condicionam a distribuição dos solos mais desenvolvidos, LV e NV, representando  $80,2\%$  da área (Tabela 3). Quanto à expressão da morfologia (cor, textura e estrutura) desses solos, predominaram matizes entre 2.5YR a 10R; textura muito argilosa e estrutura granular (LV) e prismática (NV). Esses atributos estão relacionados, também, à origem parental desses solos na área estudada (EMBRAPA, 1984 e 2013). Entretanto, nas áreas em que predominaram declividades superiores aos  $12\%$  foi comum encontrar solos rasos ou com horizontes incipientes, CX e RR, ocupando  $19,8\%$  da paisagem da bacia.

Os LV ocupam os setores de topo, comumente alongados, e alta vertente, com predomínio de declividade entre  $0\%$  a  $3\%$ , podendo ocorrer em segmentos com até  $6\%$ , conforme constatado por Embrapa (1984) e Danzer (2015). Os NV são encontrados nos segmentos de vertente nos quais ocorre o aumento de declividade, influenciando num ligeiro acúmulo de argila nos horizontes subsuperficiais, segmentos com gradiente  $>6\%$  (MAGALHÃES et al., 2016). Essa classe está relacionada aos setores de alta, média e baixa vertente.

**Tabela 3:** Percentual de área ocupada pelas classes de solos mapeadas no alto curso Quatro Pontes.

Solos	Área		Área %
	Km <sup>2</sup>	%	
Latossolos Vermelhos	18	53,5	
Nitossolos Vermelhos	9,1	26,9	
Neossolos Regolíticos + Cambissolos Háplicos	6,5	19,6	

**Fonte:** Adaptado de Silva et al. (2016).

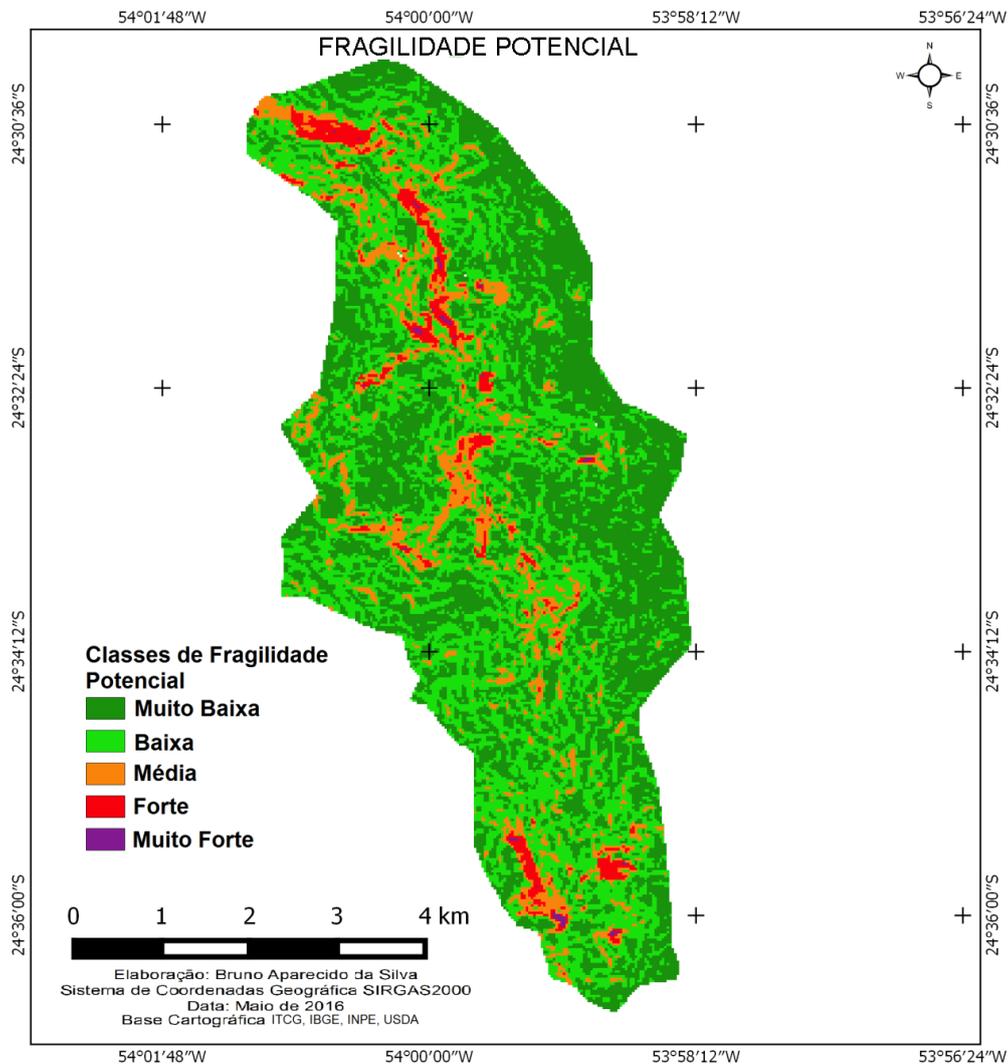
A distribuição espacial dos solos mais desenvolvidos, do ponto de vista morfológico, ao longo das vertentes, segue o padrão LV-NV, montante para jusante, assim como constatado por Calegari e Marcolin (2015), Danzer (2015) e Rocha et al. (2012). Ambos os autores realizaram estudos pedogeomorfológicos no mesmo planalto em que se encontra a bacia estudada (Planalto de Cascavel).

A associação RR + CX ocupa 19,6% da bacia. A distribuição desses solos na paisagem está relacionada aos segmentos com declividade acima de 20%. Essa unidade ocupa, também, os setores de fundos de vale e baixa vertente. Nos setores ao norte da bacia, comumente em segmentos de alta vertente e topos curtos, assim como rupturas de declive (transição entre derrames de basalto), foram constatados dessa unidade. Ao sul da área de estudo, esses solos estão distribuídos na média vertente, devido aos segmentos de vertente íngremes, gradiente do declive >20%, os quais favorecem o escoamento rápido da água na superfície e subsuperfície, associados ao comprimento e formas da vertente, retardando os processos pedogenéticos (SILVA et al., 2016).

A referida associação também é encontrada em segmentos de vertente com declividades entre 12% e 20%, principalmente, e próximos aos fundos de vales e nos segmentos de média vertente. A distribuição dos RR + CX assemelha-se com os resultados obtidos na região por Rocha et al. (2012) e Magalhães (2013), embora tenham sido realizados em compartimentos geomorfológicos diferentes do adotado neste artigo. De modo geral, a ocorrência dessas classes é comum em setores mais instáveis da paisagem, nos quais a intensidade dos processos pedogenéticos e sobreposta pela atuação da morfogênese (SILVA, 2017).

### **Fragilidade Potencial**

A área estudada apresentou diferentes graus de fragilidade potencial. Assim sendo, foram mapeadas 5 classes (Figura 5).



**Figura 5:** Mapa de fragilidade potencial da área de estudo. **Fonte:** Autor.

As classes de fragilidade mais representativas são: Muito Baixa e Baixa, compondo 85,5% da área mapeada; Média, Forte e Muito Forte representaram 14,2% da área da bacia (Tabela 4).

**Tabela 4:** Graus de fragilidade potencial e área percentual.

Atributo	Graus de Fragilidade	Área em %
1	Muito Baixa	44,5
2	Baixa	41,0
3	Média	10,8
4	Forte	3,3
5	Muito Forte	0,1

**Fonte:** Autor.

As classes de fragilidade que variam entre Muito Baixa e Média estão associadas aos setores da vertente ocupados pelos LV e NV. Essas áreas apresentaram declividade entre 0-12%. Devido ao grau de desenvolvimento de estrutura que esses solos associados, considerando seu material genético (basalto), as áreas que ocorrem esses solos demonstraram melhores condições de estabilidade do terreno frente aos processos erosivos, ao se comparar com áreas ocupadas por solos mais jovens, nos quais o desenvolvimento de estrutura é incipiente (CX e RR) (ROSS, 1994).

Os setores em que predominaram graus de fragilidade Média estão relacionados aos segmentos de vertente com declividades maiores que 12%. Nessas áreas são encontrados os NV e, em menor representatividade, associação RR + CX.

As áreas com graus de fragilidade entre Forte e Muito Forte representaram 3,4% da bacia e estão associadas aos segmentos de vertente com declividades superiores aos 20%. Nesses setores ocorreram RR + CX. Conforme destaca Lepsch (2002), nesses segmentos de vertente predominam a concentração e o aumento da velocidade dos fluxos hídricos, removendo os horizontes mais superficiais dos solos em função das fortes declividades. Com isso, os processos pedogenéticos são retardados, refletindo na estabilidade dos agregados desses solos e inexistência-incipiência de desenvolvimento estrutural.

Os resultados de fragilidade potencial assemelham-se aos obtidos por Rocha et al. (2012, 2013). Estes autores constataram as condições de fragilidades Muito Baixa, Baixa e Média associadas aos LV e NV, nos setores de topo, alta, média e baixa vertente. Do mesmo modo, Cabral et al. (2011) constataram que as classes de fragilidade potencial Muito Baixa à Média estavam relacionadas aos LV. Os setores da paisagem com graus de fragilidades potenciais mais altos, nos quais predominaram declividades maiores que 20%, estão associados aos solos rasos, áreas de nascentes de rios e fundos de vale, também verificado por Rocha et al. (2012, 2013).

### **Impactos na paisagem do meio rural**

No período de estabelecimento da ocupação do Oeste do Paraná (1950 – 1970), a preparação do solo era por meio de aragem, com o aumento da produção e o não acompanhamento das técnicas de manejo, a degradação do solo aumentou, desencadeando processos erosivos (MORESCO, 2007). Não eram consideradas, naquele contexto, as fragilidades potenciais do meio natural. Segundo Lepsch (2002), para melhor aproveitar os ambientes favoráveis à mecanização, adotaram-se meios para transformar os solos em espaços produtivos, sem considerar seu potencial e limitações, nas diferentes paisagens.

Nesse sentido, é essencial o conhecimento prévio da morfologia do terreno para a adoção de medidas eficazes de conservação de solo, pois estas envolvem tipo de terraço, ciclo cultural, sistema de semeadura ou plantio, tipo de solo e entre outros (VALERIANO, 2003). Do mesmo modo, o conhecimento da fragilidade potencial de uma determinada bacia propicia a adoção de práticas condizentes com a realidade natural de cada ambiente.

Mesmo que os setores da paisagem, associados às classes de fragilidade Forte ou Muito forte, representados por declividades do terreno >20%, influenciem no desenvolvimento de processos erosivos (COGO et al., 2003; CAVIGLIONE et al., 2010), a produção agrícola intensiva, tal como desenvolvida na área estudada, atrelada à elevada fragilidade potencial do meio, acentua os riscos de degradação na bacia. Exemplo disso é a compactação dos LV e NV de textura argilosa, verificada por vários autores na região (ROCHA et al., 2012; MAGALHÃES et al., 2016). Uma das causas da degradação física desses solos, mesmo eles estando associados às classes de fragilidade potencial Muito Baixa ou Baixa, é o manejo incorreto do solo, que por sua vez, altera os atributos físicos dos solos (GIAROLA et al., 2007).

A remoção de horizontes superficiais, ricos em matéria orgânica, juntamente com o tráfego intenso de maquinários agrícolas modificam o arranjo do espaço poroso do solo e o processo de infiltração das águas pluviais, elevando o potencial erosivo, devido ao maior escoamento superficial (GIASSONI e DALMOLIN, 2005).

A perda de solos por erosão, associada às atividades agrárias, alteram a morfologia das vertentes, refletindo na evolução das paisagens (NÓBREGA e CUNHA, 2011). Ao considerar a área que os LV e NV ocupam na bacia (80%), tendo em vista a degradação que esses solos estão sendo submetidos, a alteração na evolução dos sistemas pedológicos e da dinâmica da bacia hidrográfica ocorre em escala de bacia e é motivada pelas práticas incorretas de preparo e manejo do solo.

Vale destacar que o sistema de plantio direto reduziu os impactos erosivos dos solos, embora a compactação dos mesmos, atualmente, é recorrente (COSTA, 2007), devido as práticas incorretas de manejo pelos agricultores, como foi constatado na área de estudo. De modo geral, as práticas de terraceamento e pousio estão sendo menosprezadas. Com a intensificação das chuvas no estado do Paraná, a não adoção dos terraços tem gerado perdas de solo (CAVIGLIONE et al., 2010), refletindo significativamente na qualidade do meio e na redução da produtividade. Em trabalho recente, Oliveira et al. (2017) destacaram que o uso e manejo inadequados do solo, na região Oeste, potencializaram os processos erosivos, uma vez que não são desenvolvidas medidas conservacionistas, desencadeando processos erosivos mais agressivos, como ravinamento e voçorocamento.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

As variáveis morfométricas do terreno, representadas pela altimetria e a declividade, mostraram-se como fator direcionador para a delimitação espacial entre as classes de solos na bacia. Do mesmo, representaram sua influência na evolução dos solos, associada às condições externas que atuam na evolução da paisagem regional.

Os solos mapeados, juntamente com as classes de declividade, mostraram forte relação com as classes de fragilidade potencial na área de estudo. Solos morfologicamente mais evoluídos, associados a segmentos de vertentes com baixa declividade, influenciaram em ambientes com baixa fragilidade ambiental. Enquanto que, solos com incipiente desenvolvimento na estrutura condicionaram áreas com classes de fragilidade potencial, variando entre Médias a Muito Forte.

Embora os LATOSSOLOS VERMELHOS e NITOSSOLOS VERMELHOS estejam associados às classes de fragilidade potencial Muito Baixa ou Baixa, esses solos estão sendo constantemente submetidos à compactação, alterando a dinâmica hídrica superficial e subsuperficial na bacia, gerada pelo manejo incorreto desses solos. Com isso, é comum o desenvolvimento de processos erosivos (laminares, principalmente), relacionados a setores restritos às classes de fragilidade potencial Muito Baixa e Baixa.

Os resultados reforçaram interpretações iniciais de que os processos erosivos também se associam a solos bem desenvolvidos do ponto de vista morfológico, mesmo estando relacionados à classes de

fragilidade potencial Muito Baixa ou Baixa. Assim, é preciso avançar para metodologias que considerem a capacidade de compactação que os solos argilosos apresentam em relação ao manejo agrícola.

A partir do mapeamento das classes de fragilidade potencial e a recente compactação dos solos na região Oeste do Paraná, torna-se fundamental complementar este estudo com informações referentes à análises físicas do solo e mapeamento da fragilidade emergente da área. A partir da obtenção dessas informações será possível traçar estratégias visando o uso e manejo do solo de modo coerente com cada classe pedológica na área de estudo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AYOADE, J.O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 8ª ed. 2010. 332 p.

BADE, M. R. et al. Revista Brasileira de Geografia Física. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 9, n. 5, 2016, p. 1370–1383.

BARTORELLI, A. Origem das grandes cachoeiras do Planalto Basáltico da Bacia do Paraná: Evolução Quaternária e Geomorfológica. In: MANTESSO-NETO, V. et al. (Eds.). **Geologia do Continente Sul-Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida**. [s.l.] Beca, 2004. p. 673.

CABRAL, J. B. P. et al. Mapeamento da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do Rio Doce (GO), utilizando técnicas de geoprocessamento. **GeoFocus**, nº 11, 2011, p. 51-69.

CALEGARI, M. R.; MARCOLIN L. Relação solo - paisagem na bacia da Sanga Matilde Cuê, Marechal Cândido Rondon (Pr). **Bol. geogr.**, Maringá, v. 32, n. 3, 2014, p. 110-121.

CAVIGLIONE, J.H. et al. **Espaçamento entre Terraços em Plantio Direto**. IAPAR, Boletim Técnico N° 71, 2010, 64p.

COGO, N.P.; LEVIEN, R.; SCHWARZ, R.A. Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 4, 2003.

COSTA, L. A. de M. Breve histórico sobre a agricultura. Migrações e construção do Oeste do Paraná. Cascavel: **Coluna do Saber**, 2007, 39-54p.

CUNHA, S.B.; GUERRA, A.J.T. Degradação Ambiental. In: GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B.de (org.) - **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.

DANZER, M. **Relação solo-relevo na Subunidade Morfoescultural de Nova Santa Rosa-PR**. Marechal Cândido Rondon-PR. 97p. (Dissertação de Mestrado em Geografia), UNIOESTE-PR, 2015.

EMBRAPA. Levantamento e reconhecimento dos solos do estado do Paraná. Londrina-PR: EMBRAPA-SNLCS/SUDESUL/IAPAR, **Boletim Técnico**, 57, Tomo I e II, 1984, 791p.

EMBRAPA. **Procedimentos normativos de levantamentos pedológicos**. Rio de Janeiro: Embrapa-SPI, 1995.

- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília, DF: Embrapa 3ª ed., 2013, 353p.
- GIAROLA, N. F. B.; TORMENA, C. A.; DUTRA, A. C. Degradação física de um latossolo vermelho utilizado para produção intensiva de forragem. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 31, n. 5, p. 2007, 863–873.
- GIASSON, E. DALMOLIN, R. Caracterização e planejamento de uso de solos urbanos. In: **Boletim Informativo: Sociedade brasileira de ciência do solo**: v. 30, n. 3, 2005, p 13 - 16.
- GONÇALVES, G. G. G. et al. Determinação da fragilidade ambiental de bacias hidrográficas. Curitiba, PR: **Revista Floresta**, v. 41, n. 4, out./dez., 2011, p. 797-808.
- IBGE. Manual técnico de pedologia. 3a ed. Rio de Janeiro: IBGE, v. 4, 430 p., 2015.
- KAWAKUBO, F. S et al. Caracterização empírica da fragilidade ambiental utilizando geoprocessamento. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia (GO). In: **Anais do XII SBSR**. Goiânia. Instituto de Pesquisas Espaciais, 2005, p. 16-21.
- LEPCH, I. F. **Formação e conservação dos solos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.
- MACHADO, R. A. S. et al. Análise morfométrica de bacias hidrográficas como suporte a definição e elaboração de indicadores para gestão ambiental a partir do uso de geotecnologias. In: **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR**. INPE. Curitiba, 2011, p. 1441.
- MAGALHÃES, V. L. **Gênese e evolução dos sistemas pedológicos em unidades de paisagem do município de Marechal Cândido Rondon - PR**. Maringá, 123p. (Tese de Doutorado em Geografia), UEM-PR, 2013.
- MAGALHÃES, V. L.; CUNHA, J. E. DA; NÓBREGA, M. T. DE. Caracterização Morfopedológica de Unidades de Paisagem do Extremo Oeste do Paraná. **Perspectiva Geográfica**, v. 11, n. 15, 2016, p. 245–253.
- MEDEIROS, G. B; JUNIOR ZANÃO, L. A. Agricultura e produtividade da soja no entorno do reservatório de Itaipu. In: JUNIOR ZANÃO, L. A. *et al.* **Produtividade da soja no entorno do reservatório de Itaipu**. Londrina: IAPAR, 2015, 217p.
- MIGÓN, P. Weathering Mantles and Long-Term Landform Evolution. In: SHRODER, J.; POPE, G. A. (Ed.). **Treatise on Geomorphology - Weathering and Soils Geomorphology**. San Diego: Elsevier Ltd., 2013. v. 4p. 127–144.
- MORAIS, N. B. et al. A Bacia Hidrográfica como recorte espacial para gestão sócio-ambiental e a epistemologia dos conceitos norteadores: Natureza e Território. In: **Anais - XVI Encontro Nacional dos Geógrafos**. Crise, práxis e autonomia: espaço de resistência e esperanças. Porto Alegre, julho de 2010.
- MORESCO, M. D. **Estudos da paisagem no município de Marechal Cândido Rondon – PR**. Universidade Estadual de Maringá, 2007. (Dissertação de Mestrado).
- NARDY, A.J.R. et al. Geologia e estratigrafia da Formação Serra Geral. **Revista Geociências**, v 21, 2002, p.15-32.
- OLIVEIRA, P. A. DE; HAYAKAWA, E. H.; SILVA, B. A. Potencial erosivo em micro bacia do Rio São Francisco Verdadeiro em Marechal Cândido Rondon – PR. **Anais - II Congresso Internacional de Hidrossedimentologia**, jun. 2017.

PARANÁ. **Bacias Hidrográficas do Parana**: Série Histórica. Curitiba: SEMA - Governo do Estado do Paraná, 2013.

QUEIROZ NETO, J. P. DE. Relações entre as Vertentes e os Solos: revisão de Conceitos. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 12, n. 0, p. 15–24, 2012.

RESENDE, M. et al. **Pedologia: base para a distinção de ambientes**. 6ª ed. Lavras: Editora UFLA, 2014.

ROCHA, A. S. et al. Relações morfopedológicas nos setores de fundos de vale da bacia hidrográfica do córrego Guavirá, Marechal Cândido Rondon-PR. **Boletim de Geografia (UEM)**, v. 30, 2012, p. 99-100.

ROCHA, A. S et al. Mapeamento das fragilidades potencial e emergente da bacia hidrográfica do córrego Guavirá, Marechal Cândido Rondon – Paraná. UNIOESTE, **Revista Perspectiva Geográfica**, v. 8, nº9, 2013.

RODRIGUES, C.; ADAMI, S. Técnicas fundamentais para o estudo de bacias hidrográficas (cap.). In: VENTURI, L.A.B (org.). **Praticando Geografia**. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2005.

ROSS, J. L. S. Geomorfologia aplicada aos EIAS-RIMAS. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Orgs.). **Geomorfologia e meio ambiente**, 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000. p. 291-336.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia Ambiente e Planejamento**. São Paulo: Contexto, 1990.

ROSS, J. L. S. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, n. 8, São Paulo: FFLCH/USP, 1994.

SANTOS, L.J.C. et al. Mapeamento geomorfológico do Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v 7, 2006.

SANTOS, R. D. et al. Manual de descrição e coleta de solo no campo. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 7ª ed, 2015, 101p.

SILVA, B.A. **Caracterização geoambiental do trecho superior do córrego Quatro Pontes, município de Quatro Pontes – Paraná – Brasil**. Unioeste; 2014, p.68. (Trabalho de conclusão de curso).

SILVA, B. A.; DANZER, M. ; MARTINS, V. M. ; HAYAKAWA, E. H. Mapeamento geoambiental do alto curso da bacia hidrográfica do Córrego Quatro Pontes PR. **Perspectiva Geográfica (Impresso)**, v.9, 2016, p.1 16.

SILVA, B. A. Atributos morfométricos do terreno como base para o mapeamento de solos no município de Quatro Pontes, Paraná - Brasil. **Anais IV Geofronteiras**, 2017.

SILVEIRA, C. T.; OKA-FIORI, C. Análise empírica da fragilidade potencial e emergente da bacia do rio cubatãozinho, estado do Paraná. **Caminhos de Geografia Uberlândia**, v. 8, n. 22 set/2007 p. 1 – 17.

SPÖRL, C.; ROSS, J. L. S. Análise comparativa da fragilidade ambiental com aplicação de três modelos. São Paulo: **Revista GEOUSP - Espaço e Tempo**, n 15, 2004, p. 39-49.

VALERIANO, M.M. Mapeamento da declividade em microbacias com Sistemas de Informação Geográfica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.7, n.2, 2003.