

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA

ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL ANALÍTICO DA BACIA
DO RIO CLARINHO A PARTIR DA TÉCNICA DE
AVALIAÇÃO DE TERRENO, NA ESCALA 1:50.000.

JOÃO VITOR ROQUE GUERRERO

SÃO CARLOS

2014

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA

ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL ANALÍTICO DA BACIA
DO RIO CLARINHO A PARTIR DA TÉCNICA DE
AValiação DE TERRENO, NA ESCALA 1:50.000.

JOÃO VITOR ROQUE GUERRERO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Urbana.

Orientação: **PROF. DR. JOSÉ AUGUSTO DE LOLLO**

SÃO CARLOS

2014

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

G934zg

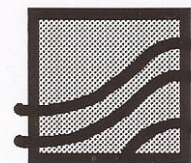
Guerrero, João Vitor Roque.

Zoneamento geoambiental analítico da bacia do Rio Clarinho a partir da técnica de avaliação de terreno, na escala 1:50.000 / João Vitor Roque Guerrero. -- São Carlos : UFSCar, 2014.
74 f.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2014.

1. Geociências. 2. Zoneamento geoambiental. 3. Avaliação do terreno. 4. Planejamento territorial. I. Título.

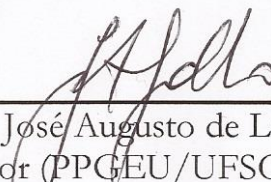
CDD: 550 (20^a)




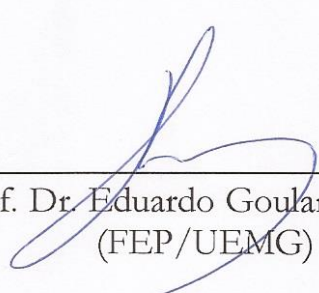
FOLHA DE APROVAÇÃO


JOÃO VITOR ROQUE GUERRERO

Dissertação defendida e aprovada em 16/06/2014
pela Comissão Julgadora


Prof. Dr. José Augusto de Lollo
Orientador (PPGEU/UFSCar)


Prof. Dr. Renaldo Lorandi
(PPGEU/UFSCar)


Prof. Dr. Eduardo Goulart Collares
(FEP/UEMG)


Prof. Dr. Ricardo Siloto da Silva
Coordenador do CPG-EU

AGRADECIMENTOS

Ao professor José Augusto de Lollo pela orientação, dedicação e extrema capacidade de transmitir seus conhecimentos. Sem sua ajuda, esse trabalho não teria sido terminado.

Ao professor Reinaldo Lorandi, por suas inúmeras e essenciais contribuições ao longo deste trabalho.

Aos meus pais Eder e Luisa, por nunca terem medido esforços para que eu chegasse até aqui, e por serem meus maiores exemplos. À toda minha família por sempre me apoiar, mesmo nos momentos difíceis.

À Cintia, por ter sempre estado ao meu lado com carinho e dedicação, e pelas incontáveis horas em que me ajudou a realizar esta pesquisa.

Aos grandes amigos do Laboratório de Geociências Vágner, Daniel, Karyna, Moisés e Wilmer, pelo companheirismo e ajuda mesmo em situações adversas.

À todos os meus amigos do PPGEU.

Ao técnico do Laboratório de Mecânica dos Solos Sidnei Muzzeti, pela ajuda e paciência ao me ensinar os ensaios necessários.

Ao professor Sérgio Antonio Rohm pela ajuda em SIG e por suas contribuições na qualificação.

Ao professor Eduardo Goulart Collares por ter aceitado fazer parte da banca de defesa e pela grande contribuição.

Aos melhores geógrafos que eu tenho o prazer de chamar de amigos Guilherme, Bruno, Michel, Rodrigo e Eduardo.

À CAPES pela concessão de bolsa de mestrado.

RESUMO

Nos dias atuais, a forma desordenada com que se dá a ocupação humana sobre o meio físico, gera graves problemas ambientais, sociais e econômicos. Com o intuito de se amenizar tais problemas, muitos trabalhos na área de geociências preocupados com o assunto, tentam mitigar estes processos, principalmente a partir do planejamento territorial. A ferramenta mais comumente utilizada para o planejamento territorial é o zoneamento geoambiental, que consiste em a partir de um prévio conhecimento do meio físico local, propor zonas de interesse, aonde se pode propor limitações e potencialidades quanto ao seu uso e ocupação. Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo a geração de uma carta de zoneamento geoambiental analítico da bacia do Rio Clarinho na escala de 1:50.000. A bacia está localizada na região nordeste do Estado de São Paulo e apresenta área de 40,87 km². O zoneamento proposto teve como fator preponderante as formas de relevo presentes no local, na técnica conhecida como Avaliação do Terreno. Esta técnica procura analisar as formas de relevo (landforms), visto que são reflexos dos processos naturais atuantes sobre os materiais da superfície terrestre e, sendo assim, devem refletir as condições dos mesmos, proporcionando condições para que sejam propostas as potencialidades e as restrições ao uso e ocupação do solo na área. Como resultado, foi gerada a carta de zoneamento geoambiental do Rio Clarinho que indicou cinco unidades geoambientais, onde foram apresentadas propostas de potencialidades e limitações de uso do solo de acordo com as respectivas características do meio físico.

Palavras-chave: Zoneamento geoambiental; Avaliação do terreno; Planejamento territorial.

ABSTRACT

Nowadays, the disorderly way in what happens the human occupation on the physical environment, generates serious environmental, social and economic problems. In order to assuage these problems, many works in the geosciences area concerns with this subject, trying to mitigate these processes, mainly from the territorial planning. The most commonly tool used for territorial planning is the geo-environmental zoning, consisting of, from a prior knowledge of the local physical environment, defining areas of interest, where it may propose limitations and potential for its use and occupation. In this context, this work aimed to generate a chart of analytical geo-environmental zoning of the Rio Clarinho watershed (Brazil) on the scale of 1:50.000. The basin is located in the northeast of the state of São Paulo and presents area of 40.87 km². The proposed zoning had as a major factor the relief forms of the area, from the technique known as the Land Evaluation. This technique analyzes the forms of relief (landforms), since they are reflections of the natural processes acting on the materials of the earth's surface and, therefore, should reflect the conditions thereof, providing conditions that are proposed and the potential restrictions on use and occupation of the área. As a result, the geo-environmental zoning of Rio Clarinho chart was generated and pointed to five geoenvironmental units, where proposals for potential and limitations of land use according to the characteristics of the physical environment were presented.

Keywords: Geoenvironmental Zonning, Land Evaluation, Territorial Planning

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Aplicação da técnica de Avaliação do Terreno.....	13
Figura 2 - Localização da Bacia do Rio Clarinho	20
Figura 3 – Mapa Cadastral da Bacia do Rio Clarinho.....	39
Figura 4 – Carta de declividades do Rio Clarinho.....	41
Figura 5 – Mapa de restrições a ocupação.....	43
Figura 6 – Mapa de substrato rochoso.....	46
Figura 7 – Mapa de landforms.....	49
Figura 8 – Carta de uso do solo	51
Figura 9 – Mapa de materiais inconsolidados	53
Figura 10 – Carta de potencial de escoamento superficial	57
Figura 11 – Carta de zoneamento geoambiental	59
Figura 12 – Voçoroca no Rio Clarinho (fevereiro/2014)	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dados utilizados para o mapa de restrições à ocupação	27
Tabela 2 – Dados utilizados na carta de landforms	29
Tabela 3 – Dados para carta de potencial de escoamento superficial	30
Tabela 4 – Áreas de preservação permanente	42
Tabela 5 – Áreas de cada landform	48
Tabela 6 – Resultados dos ensaios	52
Tabela 7 – Relação Unidades x Landforms	58

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

APP – Áreas de Preservação Permanente

BHRG – Bacia Hidrográfica do Rio Grande

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente

GPS – Global Positioning System

IBAMA – Instituto Brasileiro de Meio Ambiente

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IUG – International Union of Geological Sciences

MCT – Miniatura Compactação Tropical

MNT – Modelo Numérico de Terreno

NBR – Denominação de Norma da ABNT

OTI – Operational Terra Imager

PNGC – Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro

PNMA - Programa Nacional de Meio Ambiente

SIG – Sistema de Informações Geográficas

SRTM – Shuttle Radar Topography Mission

TIRS – Thermal infrared Sensor

UGRHI – Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos

UTM – Universal Transversa de Mercator

WGS – World Geodetic System

ZEE – Zoneamento Ecológico-Econômico

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	i
LISTA DE TABELAS	ii
LISTA DE SIGLAS	iii
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Considerações Iniciais	1
1.2. Justificativa	3
1.3. Objetivos	4
2. ZONEAMENTO AMBIENTAL E GEOAMBIENTAL.....	5
2.1. Zoneamento Ambiental.....	5
2.2. Zoneamento Geoambiental	7
3. ESTUDO DO RELEVO PARA O PLANEJAMENTO TERRITORIAL	10
3.1. Avaliação do Terreno.....	11
3.2. Sistematização da Técnica	13
4. BACIA HIDROGRÁFICA COMO UNIDADE DE PLANEJAMENTO	16
4.1. Bacias Hidrográficas como unidade de planejamento	16
4.2. Geotecnologias aplicadas ao estudo de bacias hidrográficas.....	18
5. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	19
5.1. Localização	19
5.2. Vegetação.....	20
5.3. Geomorfologia	21
5.4. Clima.....	22
5.5. Geologia.....	22

6.	METODOLOGIA E ETAPAS DE TRABALHO	24
6.1.	Aquisição de dados primários e montagem de banco de dados geográficos em SIG	25
6.2.	Mapeamento dos atributos do meio físico	25
6.2.1.	Mapa Cadastral	25
6.2.2.	Carta de declividades	26
6.2.3.	Mapa de restrições à ocupação.....	27
6.2.4.	Mapa Geológico	28
6.2.5.	Mapa de landforms.....	28
6.2.6.	Carta de potencial de escoamento superficial	29
6.2.7.	Carta de uso e ocupação do solo	31
6.2.8.	Mapa materiais inconsolidados	32
6.2.9.	Carta de zoneamento geoambiental	36
7.	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	38
7.1.1.1.	Mapa cadastral	38
7.2.	Carta de declividades	40
7.3.	Mapa de restrições a ocupação	42
7.4.	Mapa Geológico.....	44
7.4.1.	Formação Pirambóia (Trp).....	44
7.4.2.	Formação Botucatu (Jkb).....	44
7.4.3.	Formação Santa Rita do Passa-Quatro	44
7.4.4.	Quaternário.....	45
7.4.5.	Intrusivas Básicas (V)	45
7.5.	Mapa de landforms	47
7.6.	Carta de uso do solo.....	50
7.7.	Mapa de materiais inconsolidados	52

7.7.1.	Quaternário.....	54
7.7.2.	Unidade Botucatu.....	54
7.7.3.	Unidade Intrusivas Básicas (V).....	54
7.7.4.	Unidade Pirambóia.....	55
7.7.5.	Unidade Santa Rita do Passa-Quatro	55
7.8.	Carta de potencial de escoamento superficial.....	56
7.9.	Carta de zoneamento geoambiental	58
7.10.	Caracterização das unidades geoambientais	60
8.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	66
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69

1. INTRODUÇÃO

1.1. Considerações Iniciais

Em geral, os países em desenvolvimento situam-se em regiões intertropicais e tem apresentado elevado desenvolvimento econômico e vertiginoso crescimento populacional. A combinação entre estes fatores gera graves tensões ambientais e demográficas.

Como propõe Bocco et. al. (2001, p.217), tais países têm enormes dificuldades em cumprir os elevados custos de controlar os riscos naturais através de grandes obras de engenharia ou mesmo de planejamento do uso do solo.

Além disso, a gestão da terra nesses locais passa por diversos problemas, tais como instituições governamentais ineficientes e mal organizadas, escassez de dados (tanto em quantidade quanto em qualidade), situação econômica adversa e baixo nível de conhecimento e de interesse da população local (MENDE & ASTORGA, 2007, p.71).

Portanto, o planejamento do uso do solo é crucial para o desenvolvimento racional de qualquer país, principalmente os subdesenvolvidos e em desenvolvimento, como o Brasil, e caracteriza-se pelo compromisso de compatibilizar o potencial ambiental do local com a demanda demográfica por estes recursos (BOCCO et. al.; 2001, p.218).

A água é o principal destes recursos, tendo o homem sempre se beneficiado de sua disponibilidade para se preservar e se manter.

Rios e lagos, são fundamentais por diversos fatores, tais como escoamento das águas das chuvas, transporte de sedimentos, transporte de nutrientes, e habitat para diversos seres vivos. Para o ser humano sua importância é vital, seja como fonte de água potável e irrigação como para transporte, além de que são supridores de recursos alimentares através de suas planícies de inundação (RICOMINNI et al, 2009, p.306).

Com o objetivo de promover subsídios a um planejamento ambiental mais adequado, principalmente em bacias hidrográficas, atualmente muito vem sendo

utilizado o zoneamento ambiental, que no caso deste trabalho será denominado de zoneamento geoambiental.

O conceito de zoneamento ambiental pode ser encontrado em sua gênese, a Lei 6.938 de 31 de Agosto de 1981 (BRASIL-MMA, 1981), que dispõe da Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA) e define-o como a divisão geográfica de uma área em zonas, nas quais determinadas atividades de uso e ocupação do solo são permitidas ou não, de tal forma que as alterações dos recursos naturais decorrentes de necessidades do ser humano se harmonizem com a conservação ambiental.

A realização de um zoneamento geoambiental parte primeiramente da caracterização física de determinada área, de acordo com suas aptidões e restrições a atividades de uso e ocupação do solo, permitindo assim a indicação de zonas de maior qualidade ambiental a serem preservadas (GRECCHI, 1998, p.118).

Parâmetros geomorfológicos como fatores condicionantes para o planejamento do uso do solo vem sendo extensamente utilizados, já que o conhecimento da dinâmica da superfície terrestre e das formas de relevo são indispensáveis na implementação de toda e qualquer atividade humana.

Nesta linha de pesquisa, podem ser destacados os trabalhos de Alcántara-Ayala (2002), Lucas & Cunha (2007), Castaldi & Chiocchini (2012), Cooper et. Al. (2011), dentre vários outros, onde foi destacada a importância do conhecimento e da análise das formas do relevo para o planejamento territorial.

É neste contexto, de utilizar o conhecimento acerca das formas de relevo do local e propor um zoneamento geoambiental que busca um planejamento territorial adequado, que se insere este trabalho.

A metodologia utilizada foi a técnica de Avaliação do Terreno, que, segundo Lollo (1995, p.22) se constitui em reconhecer, interpretar e analisar as feições do terreno, as quais, sendo reflexos de processos naturais atuantes sobre os demais materiais da superfície terrestre, devem refletir as condições dos mesmos.

Sendo assim, gera-se a possibilidade de se dividir a área de estudo em unidades cada vez menores, tendo como base a uniformidade das formas de relevo para uma futura avaliação das propriedades ali encontradas (MAURO E LOLLO, 2004, p.24).

A área de estudo consiste na Bacia Hidrográfica do Rio Clarinho (SP), que é um dos principais afluentes do Rio Claro, sendo um dos principais mananciais que abastece a cidade de Santa Rita do Passa Quatro e o distrito de Santa Cruz da Estrela, e está inserida na Bacia do Rio Claro, que é alvo de estudo do projeto Fapesp 2013/03699-5.

1.2. Justificativa

O zoneamento geoambiental é muito mais do que uma ferramenta de análise ambiental, sendo extremamente importante e viável como uma ferramenta de gestão pública para o planejamento urbano e ambiental.

Um estudo deste tipo, permite, a partir da análise geomorfológica e litológica, obter maiores conhecimentos dos fatores internos e externos presentes no local, permitindo assim, avaliar como estes interagem e como se comportam como condicionantes naturais, tanto para inferir as potencialidades, quanto as restrições ao uso e ocupação do solo.

Vale ressaltar também que estudos na escala de 1:50000 são escassos sobre o tema na área escolhida, além de que o Rio Clarinho, sendo um dos mais importantes afluentes do Rio Claro, revela a necessidade ainda maior de estudos que o contemplem, já que é influência direta e indireta sobre a qualidade de vida dos habitantes locais.

Por fim, o próprio plano diretor municipal de Santa Rita do Passa Quatro, no capítulo que trata da lei de zoneamento municipal, preocupa-se apenas com o zoneamento da área urbana municipal, sendo muito generalista do que tange à área rural e no quesito ambiental da cidade.

Tal fato, reforça a necessidade da utilização deste instrumento no ordenamento territorial do local.

1.3. Objetivos

Gerar carta de zoneamento geoambiental de uma sub bacia do Rio Claro, a partir da análise de seus atributos físicos, propondo diretrizes de uso e ocupação da área de acordo com suas potencialidades e restrições.

Esta análise se dá a partir da técnica de avaliação do terreno, caracterizada através do conhecimento, interpretação e análise dos processos de compartimentação do relevo, ou landforms, encontrados na área.

Espera-se que o produto final seja utilizado por gestores municipais para uma melhor gestão da bacia hidrográfica estudada, podendo ser incorporado também no plano diretor municipal ou em outro documento.

2. ZONEAMENTO AMBIENTAL E GEOAMBIENTAL

2.1. Zoneamento Ambiental

A partir do momento em que o crescimento econômico começa a exercer influência negativa, promovendo uma série de efeitos que coloquem em risco o meio ambiente, faz-se necessário um planejamento territorial (FONTES, 2000, p.34).

Após a década de 60, surgem os primeiros órgãos no Brasil com a missão de promoverem o desenvolvimento integrado e equilibrado. É durante este período que começa, a ser desenvolvidos os planos diretores e os primeiros instrumentos de gestão e intervenção do território, como o Zoneamento Ambiental (PELLOGIA, 1997, *apud* FONTES, 2000, p.97).

De acordo com Santos (2004), o zoneamento é a compartimentação de uma determinada região em porções de terreno. Tal compartimentação é obtida através da avaliação dos atributos mais relevantes e suas interações. Cada compartimento é considerado uma “área homogênea”, uma zona, onde cada unidade tem, portanto, alto grau de associação entre si.

Faleiros (2012, p.19) destaca que o zoneamento apresenta dois enfoques: o analítico, que trata da regionalização, de inventários e diagnósticos temáticos de atributos e o sistêmico que diz respeito à estrutura proposta para a integração de diagnósticos, prognósticos e sínteses para cada conjunto de informações.

O Decreto nº 4.297, de 10 de Julho de 2002 (BRASIL-MMA, 2002), regulamentou o Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) como instrumento da Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), definindo-o como sendo:

“Instrumento de organização do território a ser obrigatoriamente seguido na implantação de planos, obras e atividades públicas e privadas, estabelece medidas e padrões de proteção ambiental destinados a assegurar a qualidade ambiental, dos recursos hídricos e do solo e a conservação da biodiversidade, garantindo o desenvolvimento sustentável e a melhoria das condições de vida da população.

Ainda segundo o mesmo decreto, o ZEE tem como objetivo organizar as ações do poder público e privado acerca de todas as atividades, que, de alguma forma utilizem os recursos naturais do Brasil, além de dividir o território em zonas, conforme suas necessidades de proteção, conservação, potencialidades e fragilidades.

Montaño et al (2007, p.50), definem o Zoneamento Ambiental como um instrumento estratégico de planejamento, e que apresenta como principal atributo a possibilidade de inserção da variável ambiental em momentos variados do processo de tomada de decisão por parte do gestor.

Zoneamento ambiental, segundo Zacharias (2010, p.74), constitui uma técnica caracterizada pelo ordenamento, em áreas homogêneas de zonas que possuem um potencial ambiental. Este potencial é determinado pela análise de todos os elementos da paisagem, de forma integrada, onde se combinam a natureza, a sociedade, a cultura e a economia.

Para Silva & Santos (2004, p.247), o zoneamento ambiental representa a identificação de unidades territoriais em um aspecto físico, de acordo com vocações e fragilidades, acertos e conflitos, provindos de elementos que compõe o meio a ser planejado.

Ainda segundo Silva & Santos (2004, p.248), o zoneamento ambiental é uma proposta metodológica de uso do território segundo suas potencialidades e vocações sicionaturais.

De acordo com Oliveira et al (2011, p.1030), o zoneamento ambiental facilita o planejamento e a gestão ambiental por que cada zona é determinada a partir das condições do local, como por exemplos, áreas críticas ao uso ou ambientalmente vulneráveis.

Os mesmos autores citados acima ainda afirmam que o Zoneamento Ambiental pode ser considerado o instrumento mais adequado para obtenção de resultados em relação à ocupação do território executado em bases ambientalmente viáveis.

Nardin (2009, p.13), entende que a melhor forma de se realizar estudos integrados é através do zoneamento ambiental, já que, por esta ferramenta estar incorporada à diretrizes federais, representa um dos principais meios de efetivação das

ações no território, seja por meio de diagnósticos, levantamentos do meio físico, análise de impactos ou análise socioeconômica.

As proposições do zoneamento ambiental devem refletir a integração das disciplinas técnico-científicas, considerando as potencialidades naturais do local, tais como solo, relevo, vegetação, etc. Sendo assim, é necessário que todos estes componentes sejam analisados de maneira integrada, articulando-se diferentes agentes e fixando processos técnico-científicos, que objetivam o entendimento multidisciplinar na realidade (ROSS, 2006, p.38).

Sendo assim, o zoneamento ambiental mostra-se um instrumento de fundamental importância, já que sua implantação garante controle por parte dos gestores no que diz respeito a atividades econômicas, sociais e ambientais (DORNELES,2010, p.455).

2.2. Zoneamento Geoambiental

Outra denotação para o zoneamento é o de “zoneamento Geoambiental”, que é determinado por uma avaliação sistemática de uma região, com o objetivo de obter informações sobre seus componentes litológicos, geomorfológicos, climáticos, fisiográficos, dentre outros, definindo-se assim zonas geoambientais que contem potencialidades de suporte do meio natural (FALEIROS, 2012, p.34).

O conceito de geoambiental foi adotado pela *International Union of Geological Sciences – IUG* como uma denominação aos profissionais das geociências em meio ambiente, tendo como atuação a aplicação de conhecimentos técnicos do meio físico em diferentes mecanismos de gestão ambiental, tais como cartografia e sistemas de informação geográfica (SILVA E DANTAS, 2010, p. 3).

O termo unidade geoambiental foi conceituado oficialmente no Brasil através do decreto nº 5300 de 7 de Dezembro de 2004, Lei nº 7.661, regulamentadora da Lei de 16 de maio de 1988 e institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC), e propôs que a “Unidade Geoambiental é a porção do território com elevado grau de similaridade entre as características físicas e bióticas, podendo abranger diversos tipos de ecossistemas com interações funcionais e forte interdependência” (SILVA et al, 2011, p.2373).

O Zoneamento Geoambiental é um instrumento técnico que visa o planejamento territorial a partir do viés teórico metodológico provindo da Geologia Ambiental. É elaborado a partir de uma série de parâmetros, propondo assim informações referência para que seja realizada uma reavaliação permanente do planejamento realizado. (FONTES, 2000, p.30).

No entendimento do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais - IBAMA (2013), o zoneamento geoambiental é tratado como uma ferramenta de planejamento integrado e tem como objetivo o ordenamento do uso racional dos recursos naturais, para a manutenção da biodiversidade, dos processos naturais e serviços ambientais.

Para Ohara et al (2003, p.174), o zoneamento geoambiental tem por finalidade, obter mapas de zonas e subzonas geoambientais, os quais apresentam informações do meio físico para a definição e priorização das diversas aplicações na geologia de planejamento do local a ser estudado.

Grecchi (1998, p.27), propõe que a realização de um zoneamento geoambiental consiste da caracterização de determinada área de acordo com suas aptidões e restrições a atividades já desenvolvidas ou que pretendem ser desenvolvidas, permitindo também a indicação de áreas de maior qualidade ambiental a serem preservadas.

O zoneamento geoambiental tem o propósito de servir como um instrumento técnico de análise do meio físico natural, objetivando atender aos requisitos do Zoneamento Ecológico Econômico, através da análise das relações das variáveis presentes na área em que se deseja realizar o estudo (SOARES et al, 2013, p.5346).

O zoneamento geoambiental deve ter como objetivo, fornecer subsídios técnicos para a orientação e elucidação a tomada de decisões e na implementação de alternativas de desenvolvimento regional compatíveis com a sustentabilidade e vulnerabilidade dos sistemas ambientais (OHARA et al 2003, p.174).

O processo de realização do zoneamento geoambiental deve ser realizado com a aplicação de duas ferramentas de caracterização e levantamento de dados: a avaliação ambiental (que diz respeito aos atributos do meio físico) e a avaliação de alterações realizadas por atividades modificadoras (SILVA, 2005, p. 13).

Nardin (2009, p.68), entende que a proposta de zoneamento ambiental deve definir fragilidades e potencialidades da paisagem através de características específicas do meio físico, tais como geomorfologia e uso do solo, servindo de subsídio a um planejamento ambiental e atuação ambiental de forma mais efetiva.

Pode ser considerado, que o zoneamento geoambiental tem como objetivo definir as atividades que podem ser desenvolvidas em cada compartimento delimitado, orientando assim a melhor forma de uso do solo, eliminando conflitos entre usos incompatíveis e reduzindo a ocorrência de impactos negativos sobre o ambiente (CAMPANELLI, 2012, p.13).

3. ESTUDO DO RELEVO PARA O PLANEJAMENTO TERRITORIAL

A geomorfologia consiste primeiramente na identificação das formas de relevo, através do estudo de sua origem, estrutura, natureza rochosa, clima e fatores endógenos e exógenos responsáveis pela formação destas (TRENTIN, 2011, p.98).

As primeiras aspirações geomorfológicas que se tem conhecimento datam da época do Renascimento, onde alguns pensadores tais como Leonardo da Vinci e Bernard Palissy trataram retratar o tema a partir de aspectos meramente fluviais (CHRISTOFOLETTI, 1980, p.57).

Após estes estudos, surgiram apenas análises isoladas sobre a análise do relevo, e, apenas no século XVIII surgiu uma maior quantidade de trabalhos dedicados a este tema.

Uma das maiores contribuições realizadas neste período foi a de James Hutton, que propôs através de observações naturais a fundamentação da teoria do atualismo, que define que os processos que ocorrem no presente são a chave do estudo do passado do local.

O século XIX trouxe consigo três principais vertentes do pensamento geomorfológico, que consistiam fluvial, escultural e diluvial. Dentre estas, a corrente fluvialista ganhou maior importância ao longo do tempo, impondo-se sobre as demais. Nota-se também a grande influência de W. M. Davis sobre a Geomorfologia, sendo ele considerado o fundador desta como disciplina independente. (CHRISTOFOLETTI, 1980, p.58).

De acordo com Vivanco (2013, p.36), as décadas de 60 e 70 do século XX foram marcadas pelo direcionamento do foco dos estudos geomorfológicos para trabalhos detalhados de campo, procurando relacionar o modelado com as condições ambientais, pretéritas e atuais, e sua relação com a ocupação humana.

Em território brasileiro, a Geomorfologia ganhou mais relevância principalmente a partir da década de 1950, evoluindo de forma rápida ao longo dos anos seguintes

(CHRISTOFOLETTI, 1980; GUERRA E CUNHA, 2008). Tal processo se deu principalmente devido à diversos fatores, como, maior número de eventos relacionados, expansão de cursos de geografia e geologia no país e surgimento de novos métodos de divulgação do conhecimento científico.

Em um cenário atual, os principais estudos que procuram utilizar o estudo do relevo para um planejamento territorial adequado focam principalmente na suscetibilidade à erosão e aos riscos naturais (como deslizamentos, desestabilização de encostas).

Esta temática pode ser encontrada em diversos trabalhos, tais como o de Conforti et al (2014, p.237).

3.1. Avaliação do Terreno

A disseminação da importância e dos conhecimentos geomorfológicos nos últimos anos, aliado ao surgimento de novos métodos de coleta de dados, trouxe um arcabouço teórico metodológico nunca visto antes para a ciência geomorfológica, servindo de base para novas técnicas e novos estudos. Uma dessas técnicas é o mapeamento geomorfológico, que ganhou bases como o sensoriamento remoto, cartografia digital e sistemas de informação geográficas para o aprimoramento de seus estudos.

Neste contexto, Prasannakumar, Vijith e Geetha (2013, p.1142) reforçam que os recentes desenvolvimentos de novas técnicas de análise espacial e o aumento da disponibilidade de dados digitais de elevação têm reforçado a aplicabilidade da geomorfometria para a avaliação do terreno.

A técnica de avaliação do terreno surge ainda no século XX, tendo início na década de 50 com o trabalho de Miles em 1951, dentre outros, tais como o de Beckett e Webster (1970, p.57) que já tratavam da sistemática da técnica, avigorando a importância desta para a caracterização do meio físico.

No âmbito dos estudos geomorfológicos para a caracterização do meio físico e do planejamento do território, Cooke e Doornkamp (1990 apud LOLLO, 1995, p.23) propuseram as técnicas e procedimentos para a utilização da Avaliação do Terreno.

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2009) propõe que a Avaliação do Terreno, ou Avaliação do Relevo identifica categorias de relevo em função de suas características e sua dinâmica atual, bem como os efeitos das atividades do ser humano e sua influência sobre a morfodinâmica.

Lollo (1995, p.24), propõe que o método de avaliação do terreno baseia-se primeiramente em reconhecer, interpretar e analisar as feições do terreno, as quais, sendo reflexos de processos naturais atuantes sobre os materiais da superfície terrestre, devem refletir as condições dos mesmos.

A técnica de Avaliação do Terreno consiste na possibilidade de se dividir a área de estudo em unidades cada vez menores a partir de do uso de dados provindos de sensores remotos ou de trabalhos de campo, baseando-se na uniformidade das formas de terreno, para que, posteriormente, seja realizada a avaliação das propriedades (MAURO E LOLLO, 2004, p.25).

Quanto a hierarquia dos landforms utilizada para a realização do zoneamento geoambiental a partir da Avaliação do Terreno, destacam-se três níveis principais:

O sistema de terreno (*“land system”*), unidade de terreno (*“land unit”*) e elemento de terreno (*“land element”*).

Quanto ao sistema de terreno, é possível dizer que é formado por uma associação de feições de relevo, como por exemplo um relevo formado por colinas e vales. A unidade de Terreno corresponde a uma individualização de alguma forma que compõe o sistema de terreno, uma colina ou um vale, por exemplo. Por fim, o elemento de terreno pode ser considerado uma porção que compõe a unidade de terreno, como uma vertente, topo de morro, etc. (VIVIANCO, 2013, p.35)

A Figura 1, representa a técnica da Avaliação do Terreno, considerando os níveis hierárquicos acima mencionados (LOLLO, 1995, p.28).

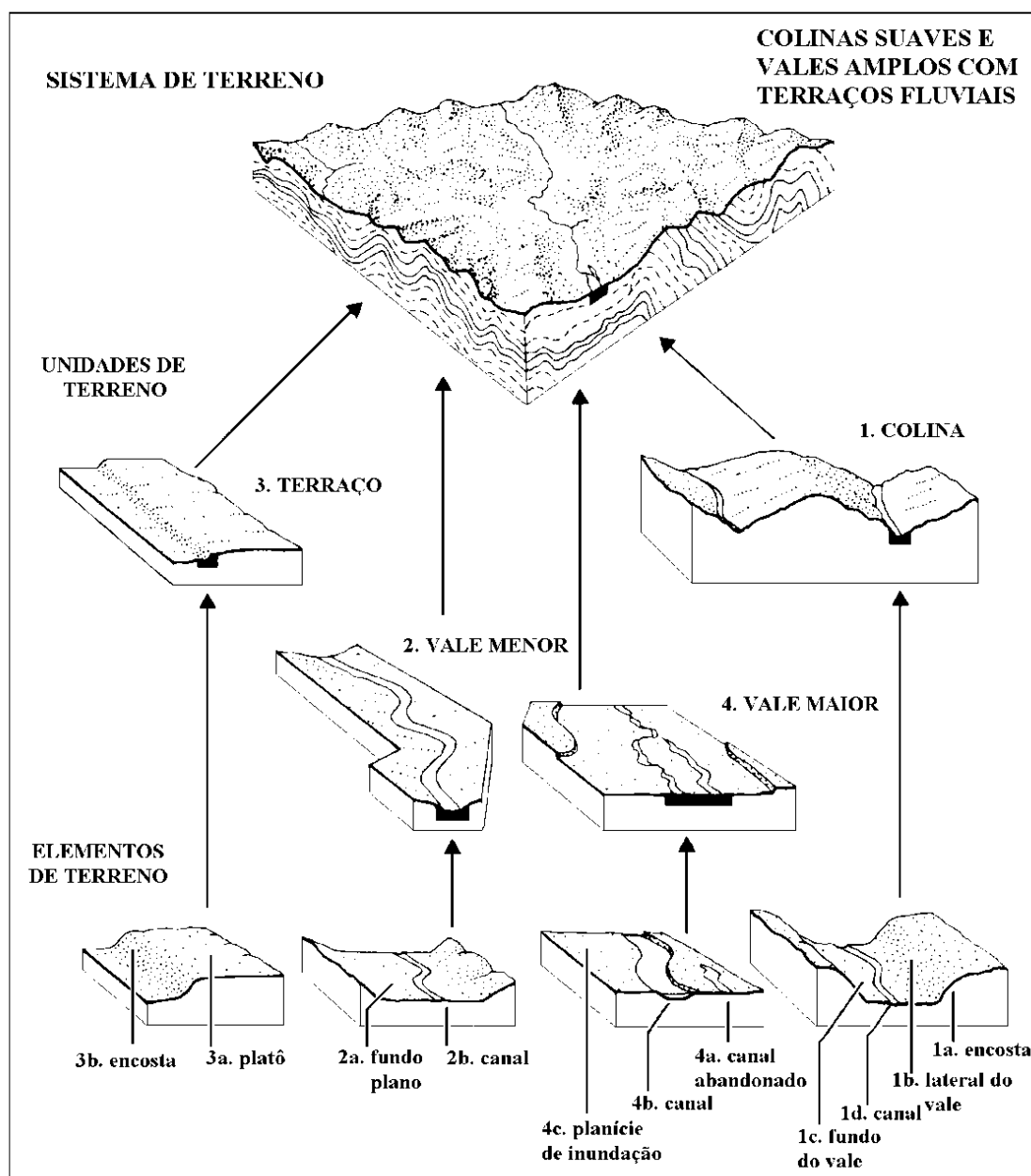


Figura 1: Aplicação da técnica de Avaliação do Terreno.

Fonte: Cooke & Doornkamp (1990, apud LOLLO, 1995).

3.2. Sistematização da Técnica

Para o melhor entendimento dos processos a serem realizados, de forma mais detalhada, é necessário apresentar uma sistemática da técnica. A sistemática aqui apresentada foi proposta por Lollo (1995, p.90).

A. Levantamento de Informações e Materiais

Consiste na obtenção de dados de sensores remotos, mapas já existentes e informações de investigações já realizadas na área de estudo, além da elaboração da base cartográfica.

B. Uso de fotos aéreas / Avaliação do Terreno

b.1 Montagem do fotomosaico

b.2 Delimitação de Sistemas de Terreno

Interpretação do fotomosaico

Fotointerpretação preliminar

Uso de mapas topográficos

Generalizações

Fotointerpretação final

Mapa de sistemas de terreno

b.3 Delimitação de Unidades de Terreno

Fotoanálise preliminar

Trabalho de campo

Generalizações

Fotoanálise final

Mapa de unidades de terreno

b.4 Delimitação de Elementos do Terreno

Fotodedução preliminar

Trabalho de campo

Generalizações

Fotodedução final

Mapa de elementos do terreno

C. Uso de Mapas Anteriores

Checagem e análise

D. Caracterização Geotécnica das Unidades

Amostragem e ensaios

E. Elaboração dos Mapas e Documentos Relacionados

4. BACIA HIDROGRÁFICA COMO UNIDADE DE PLANEJAMENTO

4.1. Bacias Hidrográficas como unidade de planejamento

A bacia hidrográfica é uma das referências espaciais mais consideradas em estudos que contemplem o meio físico e, atualmente, subsidia grande parte da legislação e do planejamento territorial / ambiental no Brasil (RODRIGUES & ADAMI, 2005, p.74).

A Secretaria do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul (2010) define bacia hidrográfica como toda a área de captação natural da água da chuva que esco superficialmente para um corpo de água ou seu contribuinte, tendo seus limites definidos pelo relevo local.

Lima e Zakia (2000, apud TEODORO ET AL, 2011, p.24) propõe um conceito de bacia hidrográfica mais ligado a processos geomorfológicos, entendendo que são sistemas abertos, aptos a receberem energia através de agentes climáticos e perderem energia pelo deflúvio.

A bacia hidrográfica é constituída pelo conjunto de superfícies, que, através de canais e tributários, drenam a água da chuva, sedimentos e substâncias dissolvidas para um canal principal (GRANÉLL-PEREZ, 2004, p.51).

Uma bacia hidrográfica é separada de outra bacia hidrográfica por elevações topográficas chamadas de divisores de água, e podem atingir grandes extensões territoriais. Seus rios podem ser classificados de diversas maneiras como através de padrões de drenagem, comportamento das drenagens em relação ao substrato, morfologia dos canais fluviais, etc (RICCOMINI, et.al.; 2009, p.306)

Os principais fatores que interferem no regime hidrológico de uma bacia foram explanados por Costa (2005, p.74) e são eles:

- Geologia
- Geomorfologia
- Clima

- Cobertura vegetal
- Uso do solo

Tendo em vista a necessidade de realizar estudos que contemplem os recursos hídricos de forma plena, a Lei nº 4.337 de 8 de Janeiro de 1997 adota bacia hidrográfica como a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

A bacia hidrográfica vem sendo utilizada como a unidade fisiográfica mais conveniente para o planejamento de recursos hídricos, já que constitui-se de um sistema aberto de fluxo hídrico a montante do ponto onde a vazão do curso principal é medida. Sendo assim, o comportamento hidrológico da bacia hidrográfica pode ser avaliado através dos atributos fisiográficos inerentes à sua área de estudo e medido através dos registros fluviométricos (ROCHA E VIANNA, 2008, p.157).

Albuquerque (2012, p.204), propõe que é pertinente contextualizar a importância do uso e aplicação da BH como unidade de planejamento através de três parâmetros principais:

- A delimitação da área e reconhecimento do ambiente físico da bacia como visão estratégica do planejamento;
- A bacia como análise integrada, que permite conectar a organização espacial dos grupos sociais com os aspectos do ambiente físico;
- A aplicabilidade de legislação específica quanto à gestão e planejamento.

Cysne, Santos e Pereira (2010, p.119) salientam que a utilização das bacias hidrográficas é eficiente pois a partir da análise delas, é possível elaborar planejamentos territoriais que evitem ou minimizem tanto os problemas sociais (decorrentes de enchentes, deslizamentos, etc.), quanto os problemas ambientais (desmatamentos, poluição, aterro de nascentes, etc.).

A espacialização das bacias hidrográficas como unidade principal de estudo promove uma útil perspectiva da análise de impactos nestas, principalmente no que tange a abordagens integradas que permitem o planejamento adequado destas unidades (SAMARAS e KOUTITAS, 2014, p.53).

4.2. Geotecnologias aplicadas ao estudo de bacias hidrográficas

A coleta de dados acerca da distribuição geográficas de atributos como recursos minerais, plantas, animais etc., sempre fez parte das atividades das sociedades organizadas. Entretanto, esta coleta era realizada apenas em papel, impossibilitando análises que combinasses mapas e dados (CÂMARA et al, 2001).

Os rápidos avanços na tecnologia computacional, o acesso cada dia mais fácil a enorme quantidade de imagens de alta resolução e vários bancos de dados sociais, econômicos e ambientais permitiram que as análises pudessem ser realizadas em meios digitais, através de Sistemas de Informações Geográficas e geoprocessamento (HE et al., 2010, p.26).

Sendo assim, Câmara et al (2001, p.74) ainda propõe que o geoprocessamento é a disciplina do conhecimento que usa técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento de informações geográficas.

O desenvolvimento e a disponibilização de dados tais como o SRTM facilitaram muito os estudos em bacias hidrográficas, além de proporcionarem uma economia substancial de tempo e recursos dos pesquisadores. Tais fatores reduziram em muito os problemas e conflitos que assolavam a gestão de recursos hídricos em épocas passadas (SOBRINHO et al.,2010, p.48)

Zangh & Barten (2009, p.571), defendem o uso dos sistemas de informação geográfica no planejamento ambiental de bacias hidrográficas pois esta ferramenta permite analisar e interpretar múltiplos fatores ambientais de maneira integrada.

A capacidade dos softwares SIG e das técnicas de geoprocessamento em integrar diversos dados ambientais, tais como imagens de satélite (atuais e pretéritas), também é discutida por Alemayehu et al., (2009, p.195). Os autores entendem que para a análise da dinâmica ambiental da bacia hidrográfica estudada, o geoprocessamento permite um trabalho mais rápido, barato e com maior capacidade de suporte a decisão.

5. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

5.1. Localização

De acordo com informações disponibilizadas por FEHIDRO (2011), o território nacional foi dividido em Regiões Hidrográficas estabelecidas pela resolução 32 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos, de 15 de outubro de 2003, que foi responsável pela definição da divisão hidrográfica nacional (LORANDI, LOLLO e GUERRERO, 2014).

A nível federal, a Bacia Hidrográfica do rio Mogi Guaçu localiza-se na Região Hidrográfica do Paraná, espacializada pela Bacia Hidrográfica do Rio Paraná pertencente ao Brasil.

Num nível macro, a bacia hidrográfica do rio Mogi Guaçu, denominada Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 09 - UGRHI 09 no Estado de São Paulo, está inserida na bacia hidrográfica do Rio Grande (BHRG).

No Estado de São Paulo, a bacia hidrográfica do rio Mogi Guaçu (UGRHI-09) localiza-se na região nordeste do Estado. Uma das sub-bacias dessa UGRHI é a do Rio Claro, que está toda inserida no compartimento Médio Mogi Superior e está classificado como um curso d'água classe 2, além de apresentar altos valores de potencial hidrogeológico e de muito alta a média favorabilidade hidrogeológica, sendo um dos principais mananciais fornecedores de água para sua região.

Uma das principais sub-bacias do rio Claro é a bacia do rio Clarinho, que é a área estudada neste trabalho.

A Bacia Hidrográfica do Rio Clarinho se localiza na região Nordeste do Estado de São Paulo (FIGURA 2) e apresenta área de 40,87 km². Esta encontra-se dentro do município de Santa Rita do Passa Quatro, que, segundo o censo de 2010 tem população total de 26.410 habitantes e densidade demográfica de 34,72 hab/km²

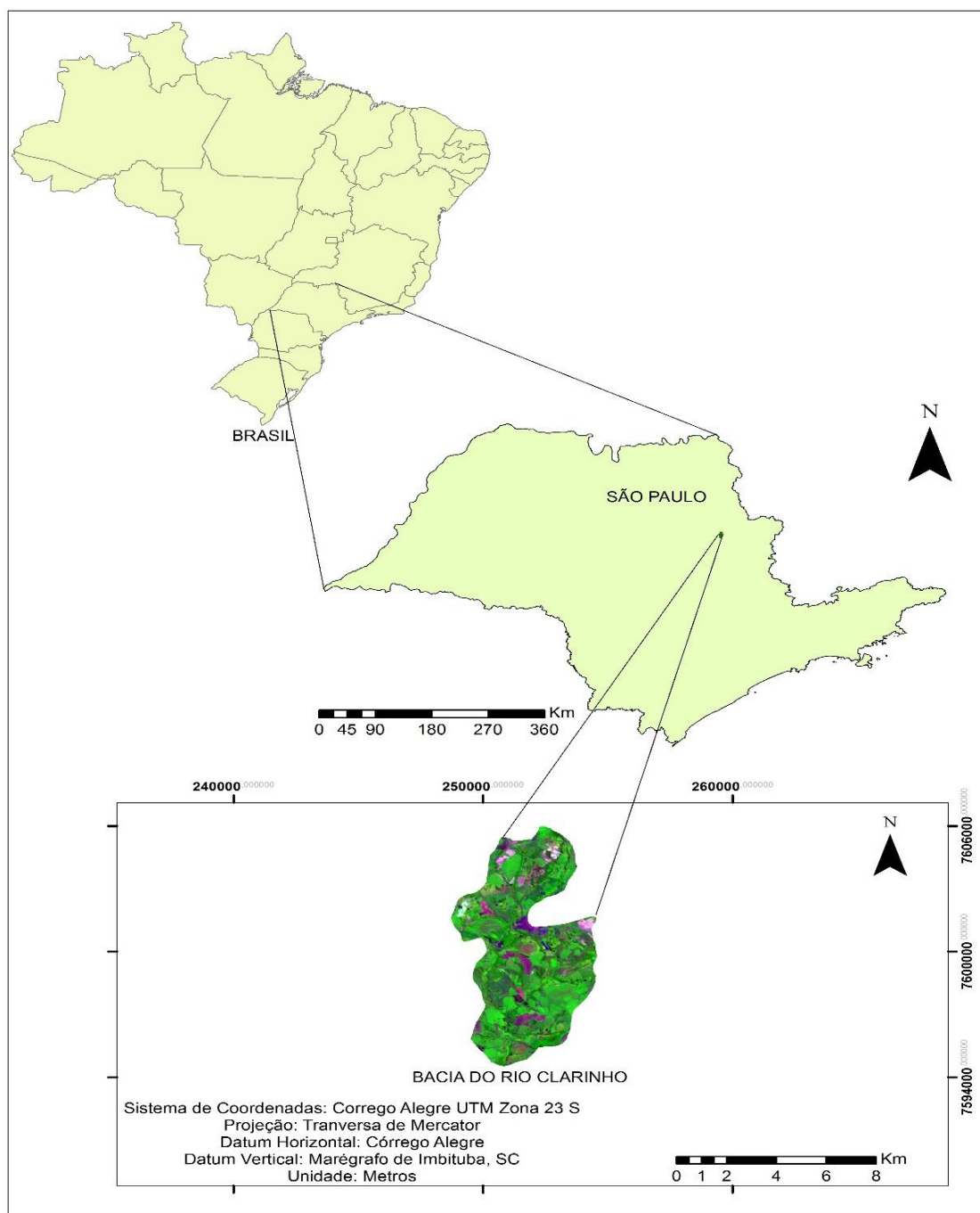


Figura 2 - Localização da Bacia do Rio Clarinho

5.2. Vegetação

Quanto à vegetação, a bacia costumava ser recoberta por florestas estacionais semi-decíduas e savanas, porém o processo de ocupação do interior paulista e o avanço

irrestrito das fronteiras agrícolas foram os responsáveis pela devastação das áreas de vegetação nativa (ÁVILA, 1977 apud LOLLO, 1991, p.34).

Atualmente, a área que era florestada e apresentava também vegetação nativa deu lugar a diferentes tipos de cultura, principalmente cana-de-açúcar. São identificadas também áreas de silvicultura, solo exposto, pequenas instalações rurais, e pastagens / campos.

5.3. Geomorfologia

Segundo Ross e Moroz (1997) a Bacia Hidrográfica do rio Clarinho se encontra na unidade morfoestrutural da Bacia Sedimentar do Paraná.

Quanto à morfoesculturas, a bacia divide-se entre o Planalto Ocidental Paulista, com os Patamares Estruturais de Ribeirão Preto, e a Depressão Periférica Paulista, representada pela Depressão de Moji-Guaçu.

A unidade morfoescultural dos Patamares Estruturais de Ribeirão Preto localiza-se na porção noroeste da Bacia Sedimentar do Paraná e é limitada a oeste e sudoeste pelo Planalto Residual de São Carlos, ao norte com o Planalto Centro Ocidental e a leste e sudeste pela Depressão Periférica Paulista.

As formas de relevo são predominantemente denudacionais, e o modelado constitui-se basicamente por colinas amplas e baixas, com topos tabulares, os vales apresentam entalhamento médio com menos de 20 metros e a dimensão interfluvial varia de 750 metros até mais de 3750 metros.

As altimetrias desta unidade estão entre 500 e 700 metros e as declividades médias estão entre 2% e 10%.

A litologia desta unidade é constituída basicamente por basaltos e os solos são do tipo latossolo roxo e Terra Roxa Estruturada.

Já a unidade Depressão de Moji-Guaçu corresponde à porção centro-norte do Estado de São Paulo.

As formas de relevo predominantes são denudacionais e o modelado é constituído por colinas de topos tabulares amplos, com vales entalhados de até 20 metros e dimensão interfluvial média de 1750 a 3750 metros.

As altimetrias podem variar de 500 a 650 metros, e as declividades variam entre 5% e 10%. Sua litologia é quase toda constituída por arenitos finos, arcóseos, argilitos, siltitos, calcáreos e folhelhos. Por fim, sua drenagem apresenta padrão dendrítico com algum condicionamento estrutural.

5.4. Clima

De acordo com a metodologia proposta por Mendonça & Danni-Oliveira (2007, p.94), a área estudada apresenta o clima denominado 4a, ou seja, Clima Tropical Úmido-seco com 4 a 5 meses de seca.

Este tipo climático caracteriza-se por apresentar uma redução dos níveis pluviométricos durante a estação de inverno prolongada, e entre os meses de maio e setembro forma-se um período de considerável estiagem. As chuvas concentram-se geralmente no verão prolongado (outubro a abril), sendo possível destacar o trimestre dezembro, janeiro e fevereiro como o mais úmido.

As médias térmicas demonstram a formação de dois períodos distintos: primavera e verão quentes e o inverno com uma queda térmica (MENDONÇA & DANNI-OLIVEIRA, 2007, p.97).

5.5. Geologia

Segundo São Paulo-IG (1981) a área estudada situa-se na Bacia Sedimentar do Paraná e apresenta as seguintes formações geológicas superficiais:

a) Formação Pirambóia (Triássico): constitui-se de arenitos esbranquiçados, amarelados, avermelhados e róseos, médios a muito finos, ocasionalmente grosseiros, regularmente classificados, síltico-argilosos, quartzosos, com grãos subarredondados e intercalações de siltitos e argilitos. Mais raramente, observam-se ainda arenitos conglomeráticos, com seixos de quartzo e também de argila, com matriz areno-argilosa.

b) Formação Botucatu (Jura-Cretáceo): é constituída por arenitos róseos, avermelhados e esbranquiçados, finos a médios; e também muito finos, regularmente a bem classificados, friáveis a bem silicificados, com grãos arredondados e foscos, apresentando na base corpos de arenitos conglomeráticos e conglomerados. Apresenta espessura bastante variável, mas raramente ultrapassa os 150m, sendo o valor médio da ordem de 50 a 70m.

c) Intrusivas Básicas (Jura-Cretáceo): essa formação compreende o conjunto de derrames de lavas basálticas, toleíticas, de textura afanítica e de cor cinza escura a preta e intrusivas associadas (diques e soleiras), contendo intercalações de lentes e camadas arenosas de textura fina a média com estratificação cruzada. A espessura máxima dos derrames inferiores é de aproximadamente 100m medida a oeste de Descalvado, mas com um valor médio de 40m e um máximo de 400m na serra de Botucatu.

d) Formação Santa Rita do Passa-Quatro (Terciário): Massoli (1981, p.39), descreve essa formação como Capeamentos Terciários, pouco espessos, mas com ampla distribuição horizontal. Constituem-se de areias em matriz argilosa, sem estruturas sedimentares com cascalheira basal de seixos predominantemente de quartzo. Na área estes sedimentos têm coloração marrom, são muito friáveis e apresentam grânulos de quartzo dispersos em toda a espessura, que é da ordem de 5 a 15 m.

e) Depósitos recentes (Quaternário): composta de planícies aluvionares bem desenvolvidas e que ocorrem ao longo dos rios Moji-Guaçu, Claro e em parte dos cursos d'água de menor expressão das quadriculas de Descalvado, Santa Rita do Passa-Quatro e Pirassununga (SP). Esses depósitos, de várzeas e terraços, são constituídos de areias, argilas e cascalhos.

6. METODOLOGIA E ETAPAS DE TRABALHO

A metodologia utilizada para a realização do Zoneamento ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Clarinho é baseada na técnica de avaliação do terreno para planejamento do meio físico (LOLLO, 1995).

Como já citado, a técnica baseia-se primeiramente em reconhecer, interpretar e analisar as feições do terreno, as quais, sendo reflexos de processos naturais atuantes sobre os materiais da superfície terrestre, devem refletir as condições dos mesmos.

Este procedimento permite que a área seja dividida em zonas (unidades geoambientais), baseando-se na uniformidade das formas de terreno (landforms) para realizar a avaliação das propriedades do meio físico em cada zona, identificando potencialidade e restrições à ocupação antrópica.

O zoneamento geoambiental proposto neste trabalho considera os landforms como sendo as unidades espaciais de estudo, e as análises de cada unidade necessitam da caracterização do meio físico local.

A caracterização do meio físico foi conduzida de acordo com diferentes procedimentos metodológicos, que dependeram do tipo de informação desejada. Foram realizados levantamentos de trabalhos realizados anteriormente, trabalhos de campo, análises laboratoriais e procedimentos em sistemas de informações geográficas (SIG's).

Foram gerados então mapas de declividade, mapa de restrições à ocupação, mapa de substrato rochoso (IG, 1981a), mapa de materiais inconsolidados, carta de potencial de escoamento superficial, carta de uso e ocupação do solo, mapa de landforms e carta de zoneamento geoambiental. Os ensaios laboratoriais foram realizados no Laboratório de Mecânica dos Solos da Universidade Federal de São Carlos (Deciv-UFSCar) e são eles: Massa específica dos sólidos, granulometria conjunta, Mini-MCV e perda de massa por imersão. Os softwares utilizados foram o ArcGis 10.2[®], SPRING 5.2 e AutoCad 10.

6.1. Aquisição de dados primários e montagem de banco de dados geográficos em SIG

Nesta etapa, foram levantados os dados primários deste estudo, tais como as cartas topográficas, mapas geológicos, levantamento das características da área etc.

A seguir, estes dados foram utilizados para a elaboração de um banco de dados geográficos (geodatabase) no software ArcGis 10.2®, utilizando o sistema de projeção Universal Transverso de Mercator (UTM) Zona 23S, datum horizontal córrego alegre e datum vertical marégrafo de Imbituba.

Este sistema de projeção foi utilizado com o objetivo de compatibilizar o estudo aos trabalhos já existentes, mantendo um padrão cartográfico para evitar erros futuros.

6.2. Mapeamento dos atributos do meio físico

6.2.1. Mapa Cadastral

O mapa cadastral foi produzido com o objetivo de auxiliar no planejamento das ações a serem tomadas ao longo do projeto, demonstrando a configuração territorial da bacia hidrográfica do Rio Clarinho, com suas principais vias de acesso, rios e curvas de nível.

Após os levantamentos de campo também foram inseridos os pontos amostrados na bacia.

A elaboração deste mapa se deu através do tratamento da carta topográfica de Santa Rita do Passa Quatro (SF-23-V-C-V-1), disponibilizada pelo IBGE.

As curvas e demais atributos contidos nas cartas topográficas foram exportados na forma de layers para o software livre SPRING, onde foram tratados, corrigidos e novamente exportados, desta vez em formato shapefile para o software ArcGis, para finalização e produção do layout.

6.2.2. Carta de declividades

“Uma carta de declividades representa a inclinação do terreno em relação a uma superfície horizontal. Considerando um modelo numérico de terreno (MNT) de dados altimétricos extraídos de uma carta topográfica e traçando um plano tangente a esta superfície num determinado ponto (P), a declividade em P corresponderá a inclinação deste plano em relação ao plano horizontal” (CAMARA et al., 1996 p.17).

A carta de declividades da Bacia do Rio Clarinho foi produzida no software SPRING, e é um produto derivado de um Modelo Numérico de Terreno gerado na área.

Para a elaboração desta carta foi utilizada a base cartográfica disponibilizada pelo IBGE, na escala 1:50 000.

Os Modelos numéricos de terreno são uma representação matemática computacional da distribuição espacial de um fenômeno espacial dentro de uma região da superfície (CAMARA et al, 1996, p.20).

Portanto, o primeiro procedimento realizado foi a geração de uma grade triangular obtida das amostras (curvas de nível). Nesta grade, os vértices dos triângulos gerados são os pontos amostrados da superfície real.

Em seguida, foi gerada uma grade retangular a partir da grade triangular feita anteriormente, utilizando o interpolador linear.

Por fim, é necessário realizar o procedimento de fatiamento da grade retangular gerada, delimitando as classes de interesse. Neste caso, o fatiamento delimitou as classes de 0 a 5%, 5% a 10 % e maior que 10%.

O procedimento de finalização e geração de layout do mapa foi realizado no SIG ArcGis 10®, devido ao seu maior número de funcionalidades para esta finalidade.

6.2.3. Mapa de restrições à ocupação

O mapa de restrições à ocupação foi gerado com o intuito de demonstrar as regiões da área de estudo que são impróprias para a ocupação humana, de acordo com a legislação vigente. Sua metodologia foi baseada na proposta de Faleiros (2012), que utilizou as resoluções CONAMA 302/02 e 303/02.

Na realização deste mapa, foi utilizado o código florestal antigo já que o novo código ainda não está regulamentado.

A partir dos vetores dos rios e lagos obtidos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística na escala 1:50 000 foi gerado um *buffer* no software SPRING versão 5.2 através da ferramenta “Mapa de distâncias”, encontrada no menu “Temático”. Para os rios o procedimento foi através da entidade “linha”, e para as nascentes a entidade utilizada foi a “ponto”.

Os atributos “topos de morro” e Áreas com potencialidade de recarga de aquífero profundo foram delimitados de forma manual no Software AutoCad, a partir das cartas topográficas na escala 1:50 000 e no mapa de substrato rochoso.

O quadro mostra quais foram os dados utilizados, de onde vieram suas normas e a distância utilizada no buffer.

Tabela 1 – Dados utilizados para o mapa de restrições à ocupação

Área de ocupação restringida	Instituição reguladora	Critério de Restrição
Áreas marginais aos rios de até 10 m de largura	Código Florestal	30 metros
Áreas de nascentes	CONAMA	50 metros
Topo de morros	Código Florestal	Delimitação a partir da carta topográfica IBGE escala 1:50.000
Áreas com potencial de recarga de aquíferos profundos	Decreto Estadual	Delimitação a partir do mapa de substrato rochoso. IG. Escala 1:50.000

Fonte: Faleiros (2012)

6.2.4. Mapa Geológico

O mapa de geológico foi gerado a partir do Mapa das formações Geológicas de superfície na escala 1:50 000 provindo do Instituto Geológico (IG). A folha utilizada foi a de Santa Rita do Passa Quatro SF-23-V-C-V-I (São Paulo, 1981a).

O primeiro procedimento foi a digitalização da carta em papel e o georreferenciamento dela no software ArcGis 10[®].

Após foi necessário vetorizar os limites das unidades estratigráficas presentes na área, além de outras unidades geológicas ali presentes, além de ajustar e poligonizar os vetores desenhados.

Por fim, foi necessário criar as classes com a denominação e a cor desejada para cada unidade e atribuí-las no software SPRING.

6.2.5. Mapa de landforms

Lollo (1995, p. 95) propõe a seguinte definição para Landforms:

“Porção do terreno originada de processos naturais e distinguível das porções vizinhas em pelo menos um dos seguintes elementos de identificação: forma e posição topográfica, frequência e organização dos canais, inclinação das vertentes e amplitude do relevo”

O mapa de landforms da bacia do Rio Clarinho foi desenvolvido a partir da metodologia baseada no trabalho de Lollo (1995). Para tal, foram analisadas fotografias aéreas do ano de 1963 e as curvas de nível disponibilizadas pelo IBGE.

Após a realização da análise fotogramétrica, os limites dos landforms da bacia foram desenhados manualmente.

A representação destes em meio digital de seu com o auxílio das curvas de nível da área, já que, uma vez tendo o conhecimento destas feições através das fotografias é possível espacializá-las sob as curvas.

A Tabela 2 ilustra os materiais usados neste procedimento:

Tabela 2 – Dados utilizados na carta de landforms

Material	Ano	Escala	Referência
Curvas de nível	1970	1:50 000	IBGE (Disponibilizadas gratuitamente)
Fotografias Aéreas	1963	1:60 000	DCE
Estereoscópio			

6.2.6. Carta de potencial de escoamento superficial

A carta de potencial de escoamento superficial foi gerada a partir da adaptação da metodologia proposta por Pejon e Zuquette (1993, p.1017) e foram utilizados os seguintes atributos do meio físico: declividade, substrato rochoso (litologia), materiais inconsolidados (permeabilidade, textura, gênese e espessura).

Os mapas básicos para a realização desta carta foram provenientes do tratamento e análise dos mapas geológico, topográfico e dos ensaios realizados.

Tais mapas, encontravam-se em formato vetorial (.shp) e, para a realização da álgebra de mapas proposta na metodologia da carta, foi necessário convertê-los para o formato matricial, através da ferramenta “*feature to raster*” do ArcGis 10.

Após esta conversão, todos os atributos foram reclassificados para valores, de acordo com os valores da metodologia proposta, utilizando a ferramenta “*reclassify*” do ArcGis 10, de acordo com a metodologia proposta, ilustrada na tabela 3:

Tabela 3 – Dados para carta de potencial de escoamento superficial

Classes de escoamento	←←←←POTENCIAL DE ESCOAMENTO AUMENTA									
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Atributos	272-250	249-230	229-210	209-190	189-170	169-150	149-130	129-110	109-90	89-70
Declividade	>45%		30 a 45%	20 a 30%	15 a 20%	10 a 15%	5 a 10%	2 a 5%		0 a 2%
	90		75	66	60	45	36	24		15
Litologia	Argilitos/siltitos/folhetos formações Irati e Corumbataí		Argilitos/siltitos Formação Itararé Magmáticos básicos Formação Serra Geral		Arenitos/siltitos arenosos/diamictitos Formações Itararé e Tatuí		Arenitos Formações Itaqueri e Itararé		Arenitos Formações Pirambóia e Botucatu	
	40		30		20		16		10	
Textura e gênese	Silto-argiloso residual		Argiloso-siltoso residual		Argiloso-poroso retrabalhado		Arenoso (<30% finos) res. e retrab.		Arenoso (<20% finos) res. e retrab.	
	40		30		20		14		10	
Espessura (m)	<0,5		0,5 a 3,0				3,0 a 5,0		>5,0	
	30		20				16		10	
Permeabilidade (m/s)	<10-7		10-7		10-6		10-5		>10-4	
	12		8		7		6		5	
	3		20				10			
	30		20				10			

Fonte: Adaptado de Pejon e Zuquette (1993)

6.2.7. Carta de uso e ocupação do solo

Para a carta de uso e ocupação do solo foi utilizada uma imagem do satélite Landsat 8 do ano de 2014, além do software ArcGis versão 10.

O satélite Landsat 8 entrou em operação no ano de 2013 e seu acervo online tem imagens a partir do segundo semestre do mesmo ano. As imagens disponibilizadas têm resolução radiométrica de 16 bits e o satélite tem um período de revisita de 16 dias.

Para este trabalho, foram utilizadas imagens provindas do instrumento imageador Operacional Terra Imager (OTI). As imagens provindas deste instrumento caracterizam-se pelas imagens de 30m de resolução espacial e 8 bandas espectrais (1 a 7 e 9). Foi utilizada também a banda 8 do instrumento imageador Thermal Infrared Sensor (TIRS), que é Pancromática e tem resolução de 15m.

O primeiro passo foi o download gratuito das imagens no sítio Earth Explorer (<http://earthexplorer.usgs.gov/>), onde é necessário realizar um registro pessoal.

As imagens vêm orientadas ao norte verdadeiro, ou seja, elas vêm com a representação WGS 84 UTM zona 23 N. Portanto é necessário reprojeter as imagens para o hemisfério sul. Tal procedimento foi realizado através da ferramenta “Project raster” no ArcGis, tendo a imagem final as seguintes especificações de Datum/Projeção: WGS 84 UTM zona 23 S.

Em seguida, foi necessário gerar uma composição colorida RGB através da combinação de bandas espectrais. O procedimento foi realizado com a ferramenta “Composite Bands” e foram usadas as bandas 4 (R) 3 (G) 2 (B).

Com o objetivo de alcançar uma resolução espacial de 15 metros, foi realizada uma fusão de imagens. O objetivo foi utilizar a imagem multiespectral gerada no passo anterior para colorir a imagem pancromática e o nome deste procedimento é Pan-Sharpening.

Por fim, foi realizada a classificação supervisionada da imagem fusionada obtida anteriormente. Esta técnica baseia-se na coleta de amostras de pixels para auxiliar o software na interpretação dos atributos presentes na imagem de forma automática.

No ArcGis deve ser criado um novo vetor na forma de polígono ou ponto para a aquisição de amostras. Para cada amostra coletada deve ser criado um novo ponto ou polígono, e a medida as amostras vão sendo identificadas, deve-se nomeá-las na tabela de atributos.

Após a coleta e identificação das amostras na tabela de atributos, foi necessário utilizar o seguinte passo “Spatial Analyst Tools” > “Multivariate” > “Create Signature” para que os vetores gerados sejam transformados em estatística para a classificação.

O último procedimento para a classificação é a ferramenta “Maximum Likelihood” encontrada no “ArcToolBox” > “Spatial Analyst Tools” > “Multivariate” > “Maximum Likelihood” onde será gerada a imagem classificada.

O resultado de alguns atributos não correspondeu com a realidade devido ao processo automatizado da ferramenta. Para a correção destes pequenos erros foi utilizada a edição vetorial dos polígonos classificados erroneamente para que fossem corrigidos manualmente.

6.2.8. Mapa materiais inconsolidados

O mapa de materiais inconsolidados da bacia do Rio Clarinho foi gerado através de trabalhos de campo na área e ensaios laboratoriais. Nestes trabalhos de campo foram realizadas análises e amostragens em cortes e afloramentos principalmente ao longo de estradas e rodovias.

Tal como propõe Faleiros (2012, p.70), este é um mapa básico fundamental na caracterização da área e deve contemplar todos os materiais presentes sobre o substrato rochoso. Tais materiais devem ser distinguidos quanto à sua origem, rocha mãe, espessura, textura, etc.

Para a coleta e caracterização das amostras em campo foram utilizados GPS, câmera fotográfica digital, caderneta de campo, vanga, enxada, saco plástico, barbante, espátula, anéis de pvc, além dos mapas básicos produzidos previamente.

A coleta das amostras foi realizada de 10 a 13 de fevereiro de 2014.

Com as amostras coletadas, teve-se início o processo de análise laboratorial das mesmas no laboratório de mecânica dos solos da Universidade Federal de São Carlos. Os procedimentos realizados são descritos a seguir:

6.2.8.1. *Ensaaios laboratoriais*

a) Massa específica dos sólidos.

A massa específica dos sólidos é função da composição mineralógica do solo estudado e da porcentagem relativa dos minerais recorrentes nele; Tal ensaio é realizado de acordo com a norma ABNT (6508/84), e os valores obtidos podem ser utilizados para cálculos em ensaios de mineralogia, e também para fórmulas de correlação (GALIANO, 2001, p.77).

Para a realização desta análise, são necessários alguns equipamentos, tais como picnômetro com capacidade de com capacidade de 500 cm³, balança com precisão de 0,01g, termômetro, bomba de vácuo, água destilada, estufa, cápsulas de alumínio, recipientes de vidro, misturador, etc. (GALIANO, 2001, p.77).

O procedimento deve ser realizado com o solo em umidade de campo, a umidade natural. É necessário obter uma amostra de aproximadamente 75g para solos mais argilosos e 100 g para solos com características arenosas. Em seguida, deve-se colocar água destilada nessas amostras e deixar por 24h em repouso.

Deve-se colher três amostras de solo nas capsulas, pesá-las e coloca-las na estufa para a obtenção do teor de umidade.

O próximo passo é adicionar água destilada na amostra inicial para que esta possa ser inserida no picnômetro sem perder material. 24 horas depois, agita-se esta amostra para homogeneizar o material e conecta-se o picnômetro já com o solo em uma bomba de vácuo para se extrair o ar dos vazios.

Em seguida, deve-se completar o picnômetro em água destilada até a marca de 500 ml, esquentando-o, medindo a temperatura e o pesando em 4 diferentes temperaturas.

O último procedimento é depositar o conteúdo do picnômetro em um pirex de vidro para extrair a água na estufa e pesar o solo seco.

b) Granulometria Conjunta

Este ensaio representa a classificação dos solos de acordo com sua composição de textura, onde é representada em porcentagem a distribuição granulométrica a partir de ensaio de peneiramento para a fração mais grossa e sedimentação para a fração mais fina (FALEIROS, 2012, p.73).

O ensaio foi realizado a partir das orientações dispostas na norma NBR 7181/1984.

O primeiro procedimento realizado foi a preparação das amostras, que consistiu em retirar três capsulas de solo e colocá-las em uma estufa para que fossem medidos os valores de umidade.

De cada amostra coletada foram retirados cerca de 120g de solo que foram imersos em 120ml de uma solução de hexametáfosfato de sódio e água destilada. Esta mistura foi colocada em um aparelho de dispersão por 15 minutos e depois colocadas em provetas, deixando o fluido sedimentar-se por 24 horas.

O próximo passo foi a realização das leituras da sedimentação ocorrida, sendo preciso agitar o solo antes de começar o procedimento. As leituras dos dados de sedimentação e das temperaturas foram realizados com 15s, 30s, 1min, 2min, 4min, 8min, 15min, 30min, 1h, 2h, 4h e 8h.

Com as leituras realizadas, o conteúdo das provetas foi despejado na peneira 200mm e o conteúdo retido nesta foi utilizado para o peneiramento final, com as peneiras 200mm, 100mm, 60mm, 40mm e 16mm.

O procedimento determina o tamanho dos grãos que constituem um tipo de solo, e a porcentagem do peso total que os grãos representam em diferentes intervalos de tamanho.

c) Perda de massa por imersão (Mini-MCV)

O ensaio de Mini-MCV utiliza um processo de compactação que permite, através de aplicação de golpes, seja medida a altura do corpo de prova resultante.

Soria e Fabbri (1980) propuseram que a densidade do corpo de prova tende a um valor próximo ao da condição de saturação, e para cada teor de umidade existe um número de golpes que faz com que a amostra atinja este estado de compactação.

Este ensaio traz como resultados o gráfico com as alterações da altura do corpo de prova em função do log do número de golpes para cada uma das 5 umidades compactadas de cada amostra. É obtido assim o coeficiente c' (inclinação da curva de deformabilidade para Mini-MCV = 10) e o gráfico do conjunto de curvas de compactação com o objetivo de se obter o coeficiente d' , que é o coeficiente angular do ramo seco da curva de compactação correspondente a 12 golpes (FALEIROS, 2012, p.75).

A perda de massa por imersão é a porcentagem de massa que se desprende do corpo de prova quando este é imerso em água, sob condições padronizadas, em relação à massa seca de 10mm de comprimento do corpo de prova. (RECIFE, 2003, p.3)

O sistema de classificação trata os materiais quanto ao seu comportamento laterítico em duas classes distintas: N (comportamento não laterítico) e L (comportamento laterítico). Já quanto à sua textura, o solo é classificado em quatro categorias: A (areias), A' (arenoso), G' (argiloso) e S' (siltoso) (Galiano, 2001,p.35).

Sendo assim, Galiano (2001, p.35) ainda descreve a classificação MCT mais profundamente:

GRUPO NA: Formado por areias, siltes e misturas entre areias e siltes onde os grãos são primordialmente compostos por quartzo e/ou mica. Os solos deste grupo estão no limite da aplicabilidade do ensaio, já que sua textura arenosa não permite que o corpo de prova seja compactado e analisado.

GRUPO NA': São misturas de areias quartzosas com finos passando pela peneira 0,075mm e apresentam comportamento não laterítico. São representados, de maneira geral, por solos saprolíticos provindos de rochas com grande quantidade de quartzo.

GRUPO NS': São solos saprolíticos silto-arenosos peculiares, que são resultado do intemperismo principalmente em áreas tropicais de rochas metamórficas. Tais tipos de solos têm como características a baixa capacidade de suporte quando imersos em

água, baixo módulo de resiliência, elevada erodibilidade, elevado coeficiente de sorção e permeabilidade média.

GRUPO NG': É composto principalmente por saprolíticos argilosos, que derivam de rochas sedimentares argilosas ou cristalinas, pobres em quartzo e ricas em anfibólios, piroxênios e feldspatos.

GRUPO LA: Formado por areias com poucos finos de comportamento laterítico, muito comuns em horizontes B dos solos.

GRUPO LA': Tais materiais inconsolidados são tipicamente arenosos e analisados como horizonte B dos solos. Diferem-se do grupo LA por terem elevada capacidade de suporte, elevado módulo de resiliência, baixa permeabilidade, baixa contração por perda de umidade, razoável coesão e pequena expansibilidade após imersão em água.

GRUPO LG': Os materiais presentes nesse grupo são geralmente argilas e argilas arenosas, que constituem o horizonte B dos solos. Quanto à pedologia estes materiais são classificados como latossolos, solos podzólicos, ou terras roxas estruturadas.

No caso de apresentarem maiores porcentagens de grãos de areia, estes podem ter propriedades parecidas com o grupo LA' porém possuem menor capacidade de suporte, menor módulo de resiliência, maior plasticidade, menor massa específica. Por outro lado, apresentam maior capacidade de suporte frente à erosão hídrica se compactados de forma adequada.

d) Permeabilidade

Para a realização dos ensaios de permeabilidade foram utilizadas amostras indeformadas de solo, tendo grande importância, já que com este é possível identificar diversas características do meio, tais como porosidade, índice de vazios, além de ser um parâmetro na descrição pedológica local (GALLIANO, 2001, p.32).

6.2.9. Carta de zoneamento geoambiental

A carta de zoneamento ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Clarinho foi gerada a partir da metodologia de avaliação do terreno.

Esta é uma metodologia de zoneamento territorial que é baseada na possibilidade de reconhecimento das formas do terreno estudado, suas associações espaciais e seu posterior zoneamento, considerando a premissa de que as unidades básicas de terreno (ponderando o fato de que evoluem sob as mesmas condições ambientais) devam se constituir em unidades básicas de materiais (LOLLO, 1995).

Portanto, as unidades de zoneamento geoambiental utilizadas nesta carta correspondem aos atributos definidos no mapa de Landforms gerado anteriormente.

A descrição das potencialidades e restrições de cada unidade geoambiental foi realizada a partir das características dos landforms e da análise da caracterização ambiental e geotécnica realizada.

Por fim, foram identificadas as situações atuais de cada unidade geoambiental quanto às suas dinâmicas de uso do solo. Com estes dados em mãos é possível propor recomendações a serem realizadas em cada unidade.

7. RESULTADOS E DISCUSSÕES

7.1.1.1. Mapa cadastral

O mapa cadastral (FIGURA 3) foi produzido com o intuito de auxiliar o planejamento e a execução das atividades na bacia do Rio Clarinho. Este procurou demonstrar a configuração espacial da bacia, estando presentes também atributos imprescindíveis para o trabalho tais como as curvas de nível, as estradas e rodovias além dos pontos amostrados.

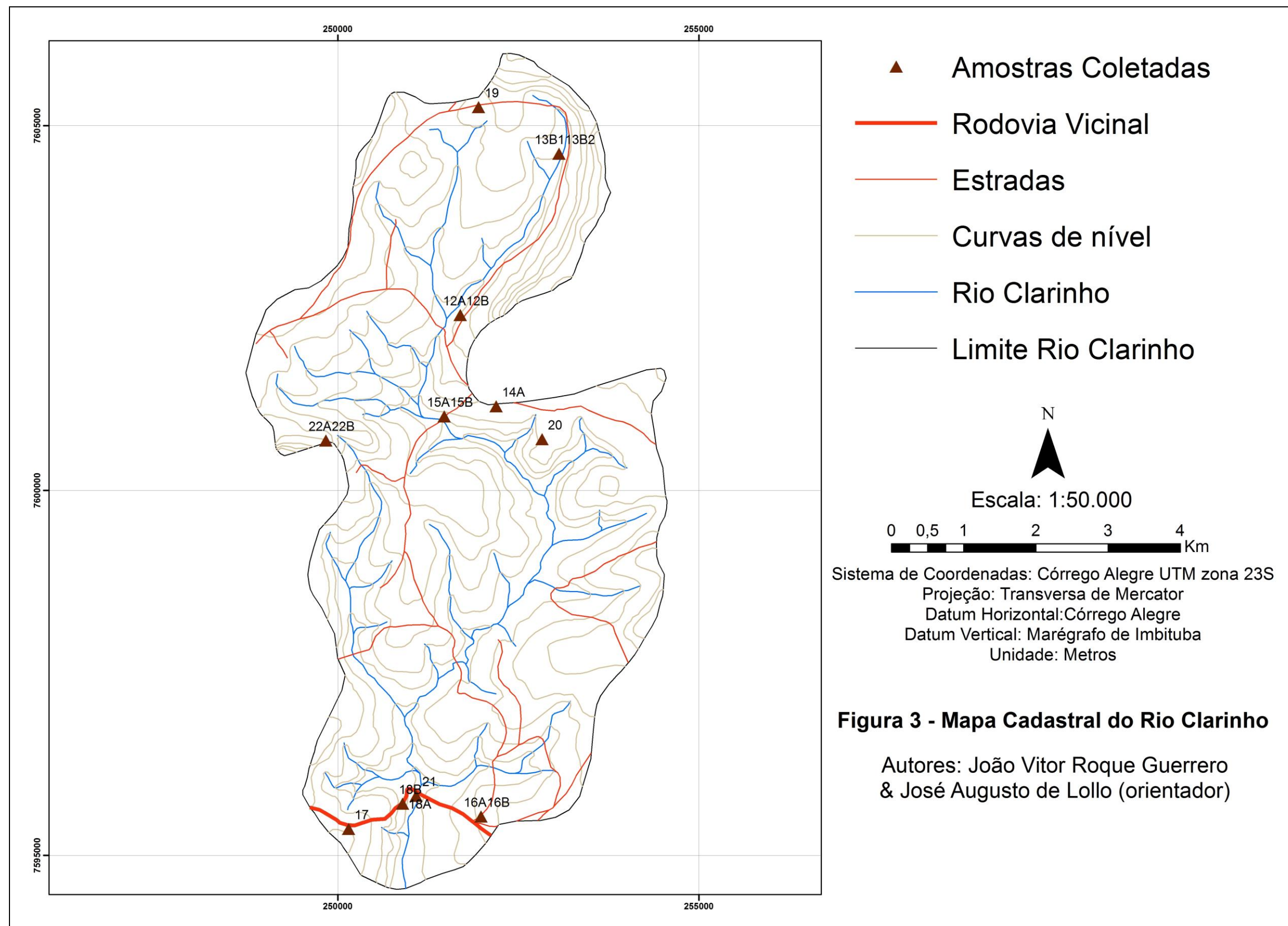


Figura 3 – Mapa Cadastral da Bacia do Rio Clarinho

7.2. Carta de declividades

A importância de uma carta de classes de declividade é enorme em estudos que abordem potencialidades e restrições ao uso do solo em uma área, já que a topografia pode ser o principal obstáculo para a implantação de um empreendimento.

A carta de declividades da Bacia do Rio Clarinho (FIGURA 4) propôs três classes de acordo com a metodologia analisada, sendo elas 0 a 5%, 5 a 10 % e acima de 10%. É notável que a maioria das declividades encontra-se entre 5 a 10% e acima de 10%, permitindo diversas análises do meio físico local.

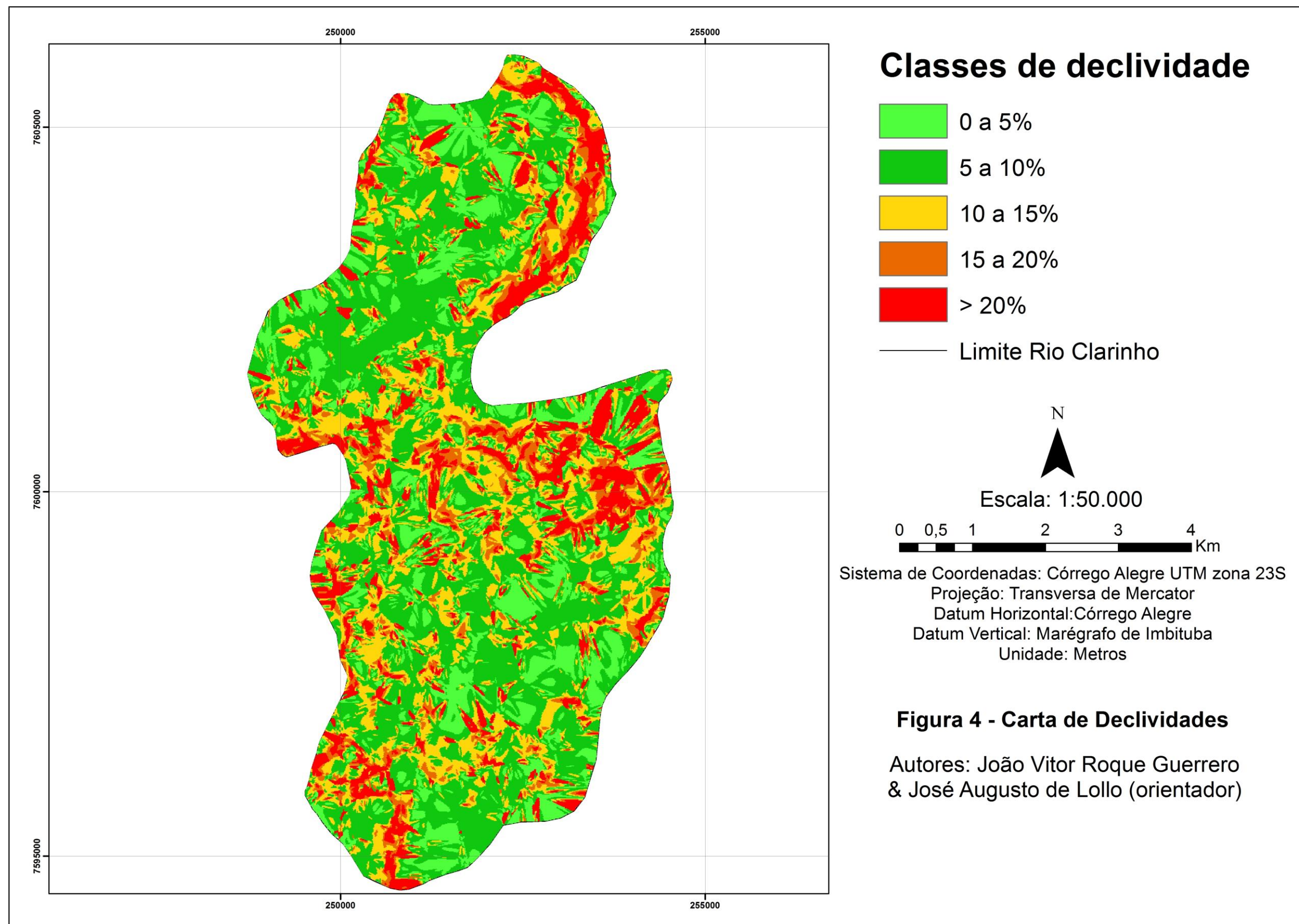


Figura 4 – Carta de declividades do Rio Clarinho

7.3. Mapa de restrições a ocupação

O mapa de restrições a ocupação ilustra as áreas mais frágeis a interferência humana e este demonstrou que 30% da bacia é imprópria ao uso antrópico. A quantificação individualizada das APPs encontradas na área é representada no quadro abaixo:

Áreas de Preservação Permanente	Área (km²)
Rios com até 10m	3,1
Áreas de Topo	0,68
Áreas com potencial de recarga de aquífero profundo	8,16
Áreas de nascentes	0,32
Total de Apps	12,26

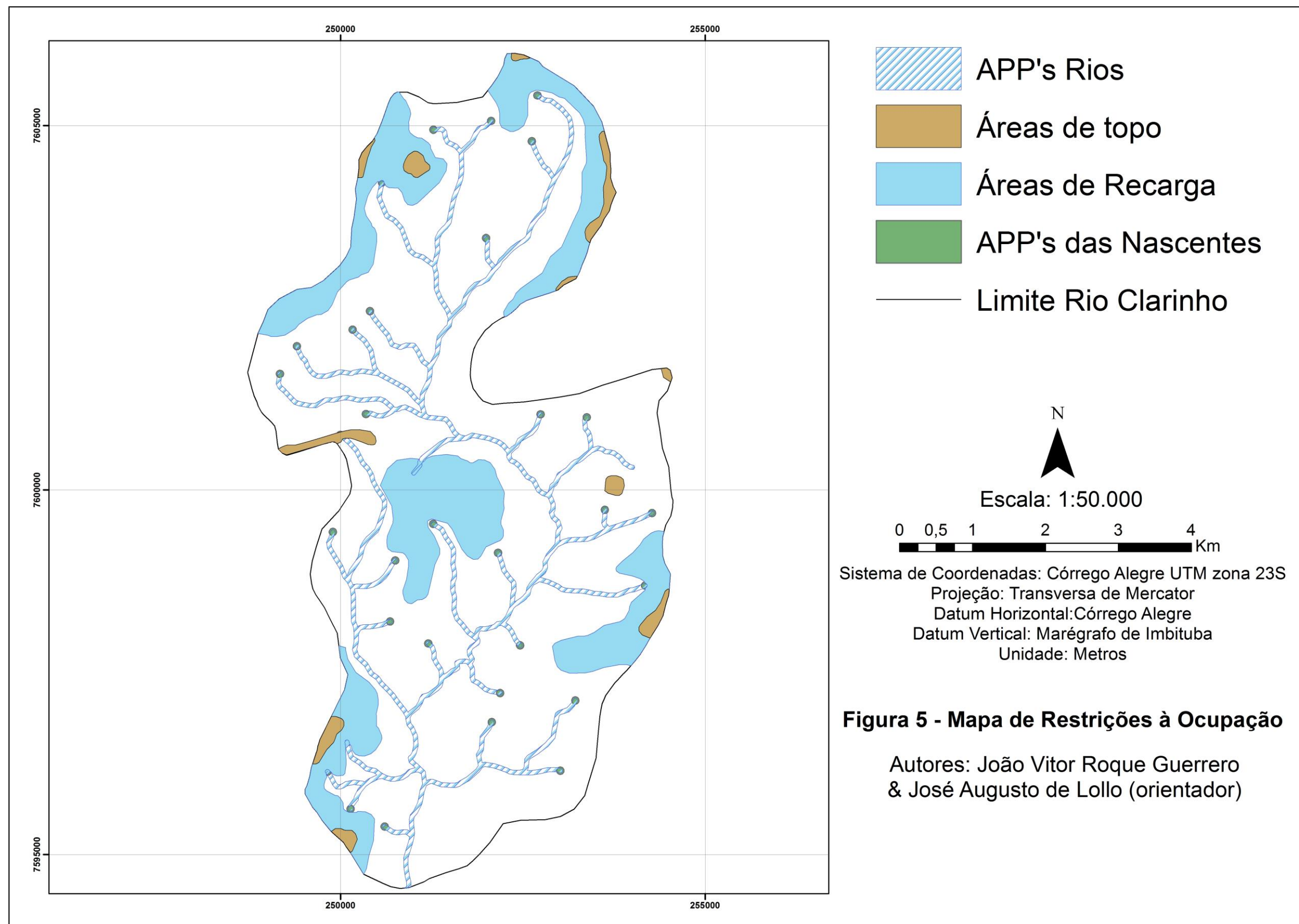


Figura 5 – Mapa de restrições a ocupação

7.4. Mapa Geológico

O mapa de substrato rochoso (FIGURA 6) possibilitou a identificação de cinco formações geológicas presentes na área: Formação Pirambóia, Formação Botucatu, Formação Santa Rita do Passa-Quatro, e rochas intrusivas básicas.

7.4.1. Formação Pirambóia (Trp)

Constitui-se de arenitos esbranquiçados, amarelados, avermelhados e róseos, médios a muito finos, ocasionalmente grosseiros, regularmente classificados, síltico-argilosos, quartzosos, com grãos subarredondados e intercalações de siltitos e argilitos. Mais raramente, observam-se ainda arenitos conglomeráticos, com seixos de quartzo e também de argila, com matriz areno-argilosa.

7.4.2. Formação Botucatu (Jkb)

É constituída por arenitos róseos, avermelhados e esbranquiçados, finos a médios; e também muito finos, regularmente a bem classificados, friáveis a bem silicificados, com grãos arredondados e foscos, apresentando na base corpos de arenitos conglomeráticos e conglomerados. Apresenta espessura bastante variável, mas raramente ultrapassa os 150m, sendo o valor médio da ordem de 50 a 70m.

7.4.3. Formação Santa Rita do Passa-Quatro

Capeamentos Terciários, pouco espessos, mas com ampla distribuição horizontal. Constituem-se de areias em matriz argilosa, sem estruturas sedimentares com cascalheira basal de seixos predominantemente de quartzo. Na área estes sedimentos têm coloração marrom, são muito friáveis e apresentam grânulos de quartzo dispersos em toda a espessura, que é da ordem de 5 a 15 m (MASSOLI, 1981).

7.4.4. Quaternário

Esta unidade é composta de planícies aluvionares bem desenvolvidas e que ocorrem nas regiões de fundo de vale, próximas ao exutório da bacia do rio Clarinho. Esses depósitos, de várzeas e terraços, são constituídos de areias, argilas e cascalhos.

7.4.5. Intrusivas Básicas (V)

Essa formação compreende o conjunto de derrames de lavas basálticas, toleíticas, de textura afanítica e de cor cinza escura a preta e intrusivas associadas (diques e soleiras), contendo intercalações de lentes e camadas arenosas de textura fina a média com estratificação cruzada. Tal formação pôde ser identificada em sua maior parte na área Nordeste (relacionada às escarpas) e na área central da bacia.

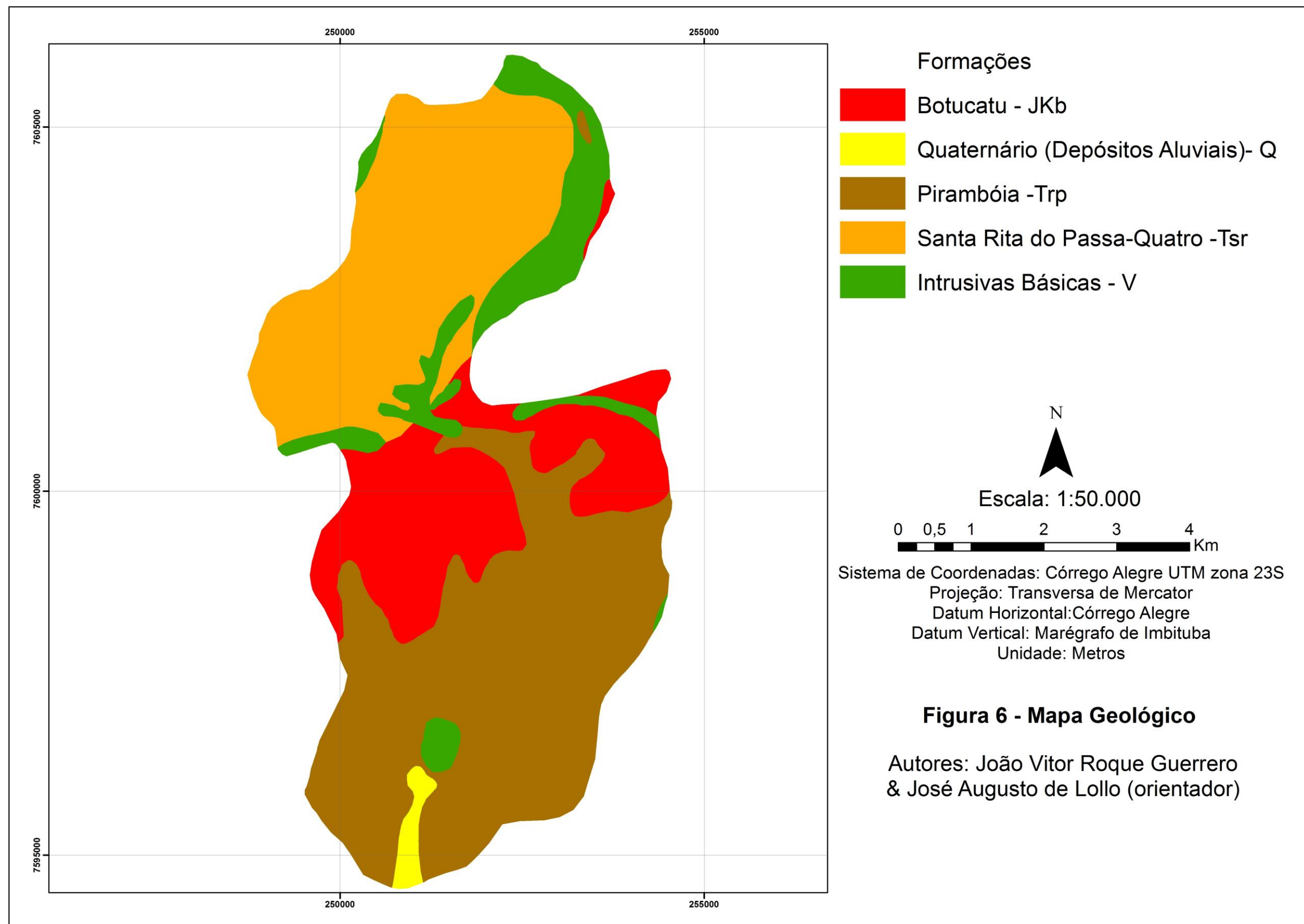


Figura 6 – Mapa geológico

7.5. Mapa de landforms

A partir da aplicação da técnica de avaliação do terreno (*land evaluation*) da área, foram reconhecidos através do mapa de landforms (FIGURA 7) dois sistemas de terreno e, a partir desses sistemas, puderam ser identificados cinco unidades de terreno.

Os sistemas de terreno identificados na bacia do Rio Clarinho foram:

- Sistema A: Relevo movimentado composto por morrotes médios e pequenos alongados e alinhados, com topos angulosos associados a vales pequenos profundos e fechados com frequência alta a muito alta de canais. As declividades são altas (quase sempre superiores a 15%) e o substrato rochoso é representado por intrusivas básicas (diabásios) e, excepcionalmente arenitos silicificados da formação Botucatu.
- Sistema B: relevo dissecado composto por colinas pequenas a médias, com vales pequenos e fechados, frequência de canais média a alta com padrão dendrítico evoluindo para retangular nas porções mais rebaixadas do relevo. As declividades são variadas, porém predominantemente médias a baixas (menores que 15%). O substrato rochoso é constituído pelos arenitos das formações Botucatu e Pirambóia.

As unidades de terreno da área são divididas entre provenientes do sistema A e provenientes do sistema B.

Unidades de terreno do sistema A:

- Unidade A1 (Platô): morrotes pequenos a médios alongados e alinhados em áreas com declividades médias a altas, com frequência de canais baixa a muito baixa.
- Unidade A2 (Escarpas): constituída por escarpas com declividades geralmente superiores a 20%, com alta densidade de canais alinhados.

Unidades de terreno do sistema B:

- Unidade B1 (Encostas convexas): essa unidade é composta por encostas convexas de colinas pequenas a médias, com média densidade de canais, declividades predominantes de até 10%, com as menores declividades nas porções superiores das encostas, e aumento de declividade em direção à base da encosta. As porções superiores destas encostas representam topos do relevo local e constituem-se em áreas de recarga para os sistemas aquíferos na bacia.
- Unidade B2 (Encostas côncavas): encostas côncavas de colinas médias, com baixa densidade de canais, declividades até 10% na porção superior da encosta e menores que 5% em sua base.
- Unidade B3 (vales): vales pequenos, mais fechados nas regiões de nascentes e abertos no baixo curso dos canais de drenagem. As declividades são predominantemente inferiores a 5%, com ocorrências de declividades menores que 2% no baixo curso, onde existem depósitos aluvias expressivos.

A área total de cada landforms e sua representatividade espacial na área estão descritos na tabela 5.

Tabela 5 – Áreas de cada landform

Landform	Área / km ²	Área %
Encosta côncava	10,86	26,5
Encosta Convexa	25,9	63,4
Platô	1,27	3,10
Vale	1,77	4,4
Escarpa	1,06	2,6

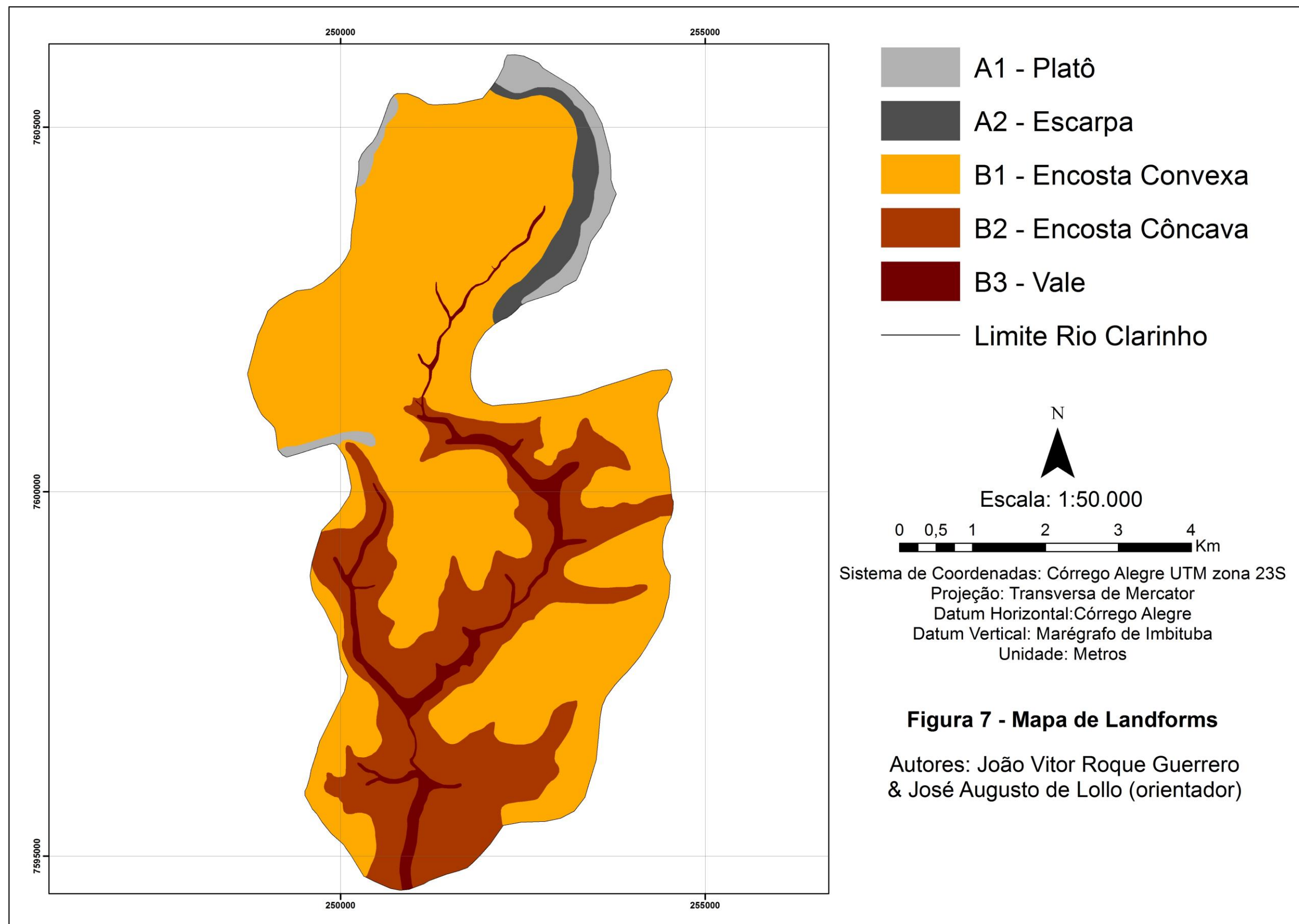


Figura 7 – Mapa de landforms

7.6. Carta de uso do solo

Foi possível identificar seis classes de uso do solo na bacia do Rio Clarinho: urbano, água, mata, agrícola, solo exposto e campo / pastagem. Há uma predominância do uso agrícola na área, totalizando 26km² (63% da bacia), principalmente caracterizada por cana-de-açúcar (FIGURA 8).

Chama a atenção a grande quantidade de solo exposto na área (12% do total da bacia) que, aliada às altas declividades da região podem gerar (e em alguns locais já geram) grandes processos de erosão. Cabe ressaltar que a classe de solo exposto da área é composta por solos sem cultivo agrícola e processos erosivos já consolidados (norte da área).

Não há nenhuma cidade dentro da bacia, porém como pode ser notado na carta, existem pontos classificados como áreas urbanas (2% do total). Isto ocorre por que existem pequenas construções, tais como casas, casebres e granjas. Há também regiões em que o classificador automático mesmo que de forma supervisionada caracteriza estas áreas como urbanas, porém são áreas muito pequenas que são estatisticamente insignificantes durante a utilização desta carta.

As áreas classificadas como água representam pequenas represas feitas ao longo do Rio Clarinho e seus afluentes (0,75%). O rio Clarinho, em si, não aparece na classificação pois sua espessura não é suficiente para que ele apareça na imagem de satélite adquirida.

As áreas classificadas como campo / pastagem representam 10,10 % da área total da bacia. Essas unidades foram classificadas juntas pois foi avaliado que com a resolução de pixel da imagem utilizada não é possível separá-las. É válido lembrar também que o software tem dificuldades em diferenciar os campos e pastagens das áreas agrícolas, já que todos estes apresentam uma resposta espectral parecida. Sendo assim, foi necessário editar manualmente as áreas de campo / pastagem a partir de uma análise visual da imagem e dos trabalhos de campo realizados na área.

Por fim, verificou-se 11,35% da área recoberta por mata, principalmente nas regiões próximas às escarpas e em áreas de mata ciliar.

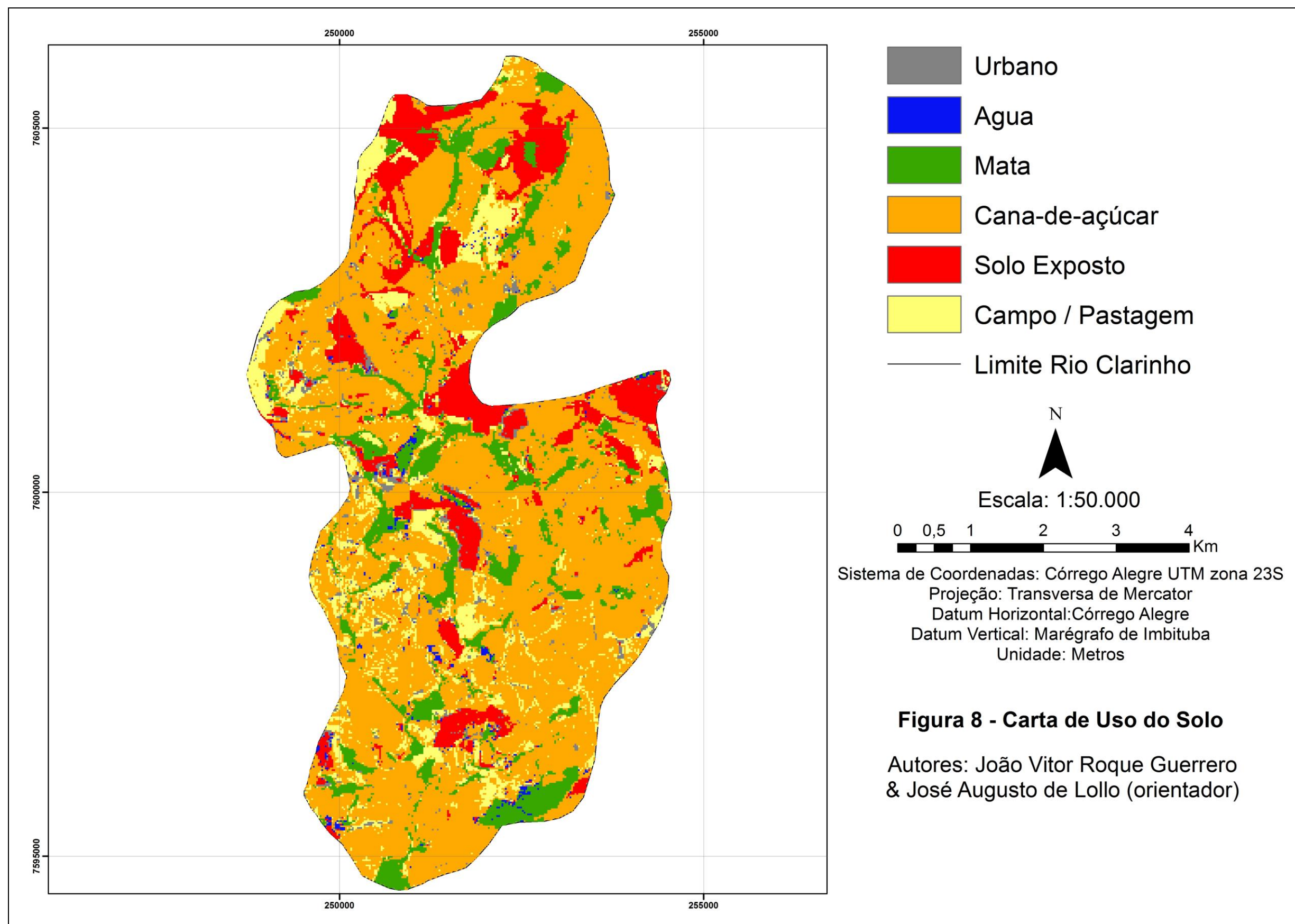


Figura 8 – Carta de uso do solo

7.7. Mapa de materiais inconsolidados

O mapa de materiais inconsolidados (Figura 9) foi gerado a partir de trabalhos de campo, análises laboratoriais e do mapa básico de substrato rochoso.

Foram identificados e caracterizados 5 tipos diferentes de materiais inconsolidados: Arenitos da formação Botucatu, migmatitos derivados das rochas intrusivas básicas, sedimentos do quaternário, arenitos da formação Pirambóia e arenitos retrabalhados da Formação Santa Rita do Passa-Quatro.

A caracterização destes materiais se deu a partir de revisões bibliográficas acerca das unidades e dos ensaios laboratoriais realizados na área que tiveram os resultados demonstrados na tabela 6, onde: R= Massa específica do solo; Rs = Massa específica dos sólidos; Ar = areia (%); St = Silte (%); Arg = Argila (%); Class = Classificação MCT do solo; Geol = Unidade Geológica; Text = Textura do solo.

Tabela 6 – Resultados dos ensaios

Ponto	R	Rs	Ar	St	Arg	Class	Geol	Text
12A	1,83	2,71	66	13	21	NA'	V	M
12B	1,9	2,73	58	15	27	NG'	V	M
13B1	1,89	2,65	91	2	7	NA	Sr	Ar
13B2	1,53	2,64	95	1,5	3,5	NA	Sr	Ar
14A	1,97	2,66	63	10	27	LG'	Bt	Ar
14B	1,96	2,66	60	12	28	LG'	Bt	Ar
15A	1,56	2,65	79	7	14	NS'	Bt	Ar
15B	1,43	2,65	87	3	10	LA	Bt	Ar
16A	1,78	2,67	80	8	12	NA'	Pb	Ar
16B	1,54	2,68	81,5	5,5	13	LA'	Pb	Ar
17	1,88	2,68	74,5	8,5	17	NA'	Pb	Ar
18A	1,81	2,67	65	18,5	16,5	LA	Pb	Ar
18B	1,94	2,67	62	26	12	LA'	Pb	Ar
19	1,47	2,68	25	30	45	NA'	Sr	M
20	1,51	2,65	74	7	19	LA	Bt	Ar
21	1,93	2,66	91	4	5	NA	Q	Ar
22A	1,44	2,74	25	30	45	LG'	V	Ag
22B	1,49	2,76	25	25	50	LG'	V	Ag

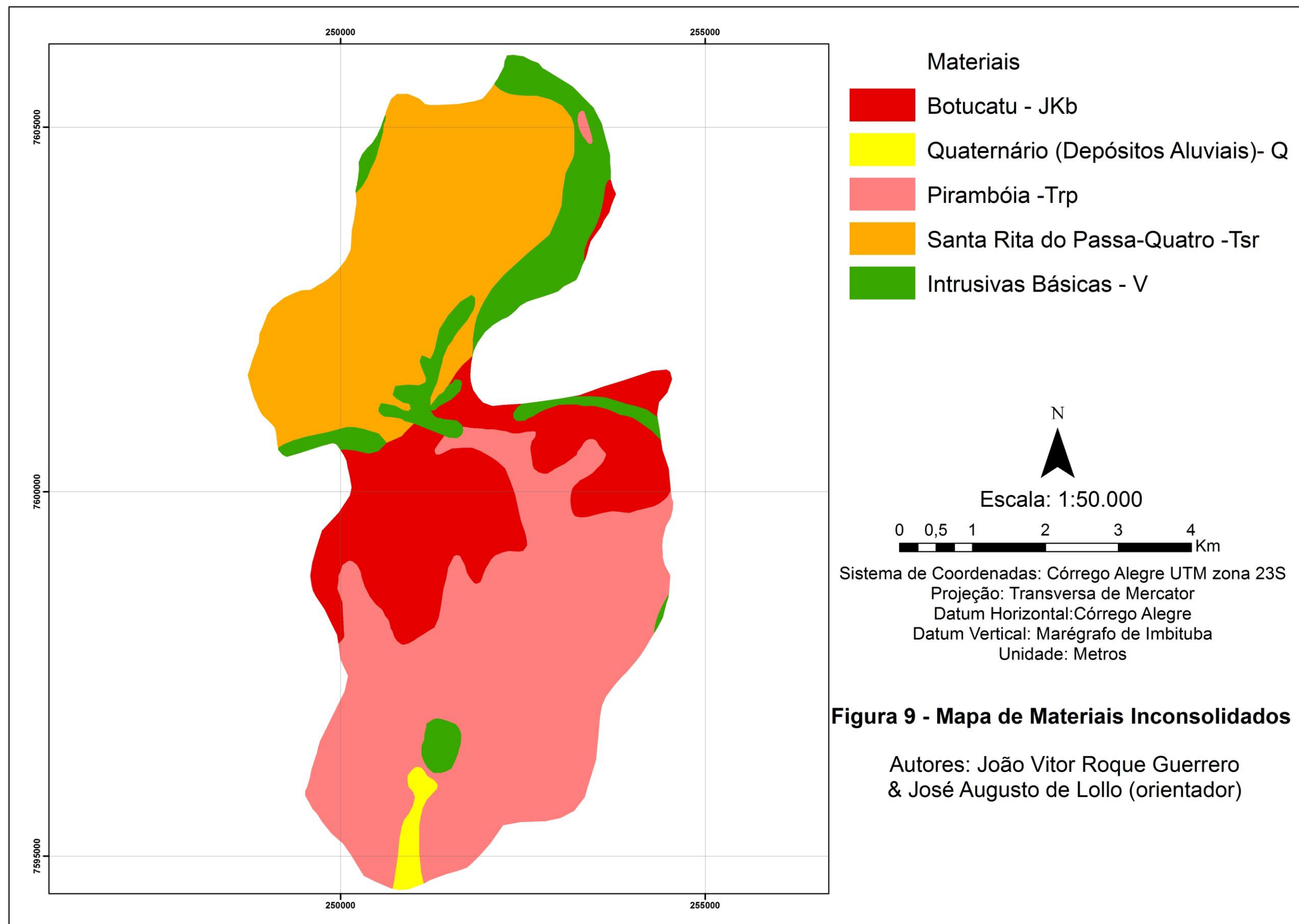


Figura 9 – Mapa de materiais inconsolidados

7.7.1. Quaternário

São sedimentos depositados ao longo das drenagens, principalmente próximo ao exutório da bacia (sul da área) e é considerado um material inconsolidado retrabalhado principalmente da Formação Pirambóia.

A massa específica dos sólidos encontrada da área foi de 2,66 g/cm³ e sua classificação MCT foi NA, ou seja, é composta por areias, siltes e misturas de areias e siltes, sendo os grãos constituídos por quartzo e / ou mica.

Os solos desta unidade estão no limite de aplicabilidade do ensaio de MCT pois sua textura não permite que este fique compactado no cilindro (GALIANO, 2001).

Sua textura é predominantemente arenosa contendo 91% de areia, 4% de silte e 5% de argila.

7.7.2. Unidade Botucatu

Presentes principalmente na área central da bacia, os materiais inconsolidados residuais de Botucatu estendem-se principalmente ao longo das encostas côncavas e convexas.

Sua massa específica dos sólidos média é de 2,65 g/cm³ e sua textura predominante é a arenosa contendo de 65 % a 85% de areia.

De acordo com o ensaio MCT, esta unidade é classificada predominantemente por LA (areias com poucos finos de comportamento laterítico), NS' (solos saprolíticos silto-arenosos peculiares, resultantes do intemperismo tropical nas rochas eruptivas e metamórficas) e LG' (argilas arenosas que compõe principalmente o horizonte B dos solos)

7.7.3. Unidade Intrusivas Básicas (V)

Estes solos derivados das rochas intrusivas básicas puderam ser reconhecidos ao longo das escarpas a nordeste da área, em platôs na região centro oeste e nas encostas côncavas e convexas, principalmente em topos de morros.

Na área são solos predominantemente argilosos e areno-argilosos em alguns pontos. As massas específicas identificadas variaram entre 2,72 g/cm³ e 2,75 g/cm³

A classificação MCT identificou as diferentes amostras desta unidade como sendo LG', sendo portanto argilas e argilas-arenosas, classificadas pedogeneticamente por latossolos, solos podzólicos ou terras roxas estruturadas.

Quando as unidades deste grupo possuem porcentagem relativamente elevada de grãos de areia, apresentam propriedades similares à classe LA', e é o que ocorre nas amostras localizadas no centro da bacia.

7.7.4. Unidade Pirambóia

A unidade de solos residuais da Formação Pirambóia foi identificada na área sul da bacia, representados geomorfologicamente pelas unidades das encostas convexas e algumas áreas de vale.

As diferentes amostras ao longo da bacia tiveram diferentes classificações MCT, desde LA (areias com poucos finos de comportamento laterítico), passando por LA' (materiais arenosos constituintes dos horizontes B dos solos) até NA' (misturas de areias quartzosas com materiais finos, com comportamento não laterítico).

Predominantemente, apresentam textura arenosa, com massa específica dos sólidos que variam de 2,67 g/cm³ a 2,68 g/cm³.

7.7.5. Unidade Santa Rita do Passa-Quatro

Os materiais inconsolidados retrabalhados da Formação Santa Rita do Passa-Quatro estão localizados na área noroeste da bacia, concomitantes às encostas convexas presentes no local.

Foram obtidas duas amostras desta unidade: Os pontos denominados 13 (a e b) e 19. No ponto 13, a massa específica média foi de 2,645 g/cm³ com textura arenosa (mais de 90% de areia) e classificação MCT NA.

Já o ponto 19 teve massa específica dos sólidos de 2,68 g/cm³, textura média (25% de areia, 30% de silte e 45 % de argila)

A classificação MCT deste ponto foi a NA', condizente com o ensaio de granulometria já que este consiste na mistura entre areias quartzosas e materiais finos que passam na peneira 0,075mm, com comportamento não laterítico.

7.8. Carta de potencial de escoamento superficial

A carta de escoamento superficial (FIGURA 10) demonstra que a maior parte da bacia do Rio Clarinho encontra-se dentro do potencial de escoamento de 1 a 5, demonstrando que a bacia apresenta escoamento superficial de baixo a médio. O escoamento só é alto na área de escarpa e de topo de morro, onde a declividade é maior.

Nota-se também que a região onde está localizada a unidade geológica intrusivas básicas apresenta também altos valores de potencial de escoamento, já que a baixa espessura do solo, as litologias do substrato rochoso e as altas declividades dificultam a infiltração.

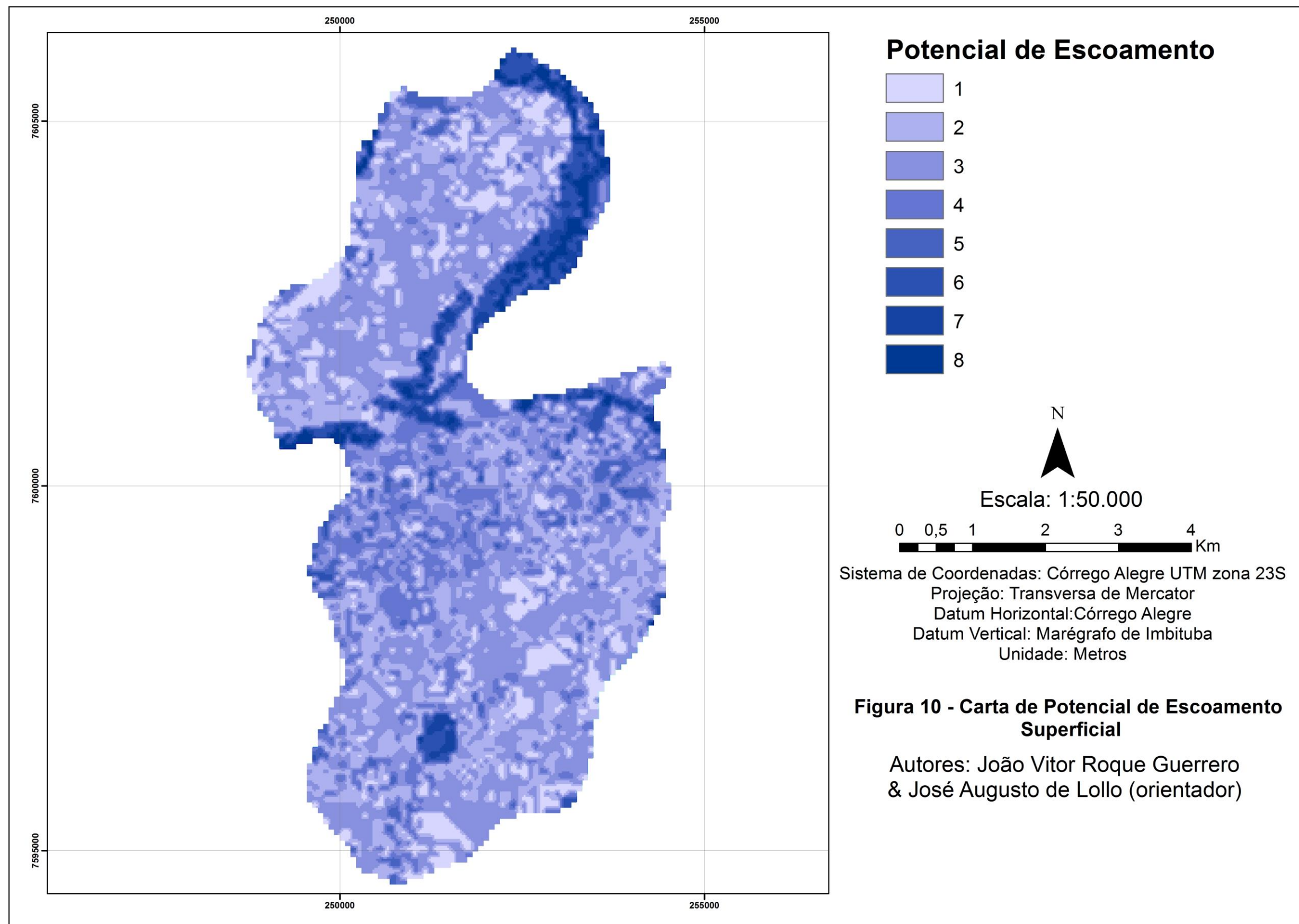


Figura 10 – Carta de potencial de escoamento superficial

7.9. Carta de zoneamento geoambiental

De acordo com a metodologia proposta, a carta de zoneamento geoambiental da bacia hidrográfica do Rio Clarinho é baseada na carta de landforms, analisando o proposto de que as formas de relevo são unidades de compartimentação homogêneas que permitem análises sobre o meio físico local, além da indicação de limitações e potencialidades locais de acordo com suas características.

Sendo assim, a carta de zoneamento geoambiental (FIGURA 11) apresentou cinco classes, de acordo com o quadro abaixo:

Tabela 7 – Relação Unidades x Landforms

Classe	Correlação com a carta de landforms
A1	Platô
A2	Escarpa
B1	Encostas Convexas
B2	Encostas côncavas
B3	Vale

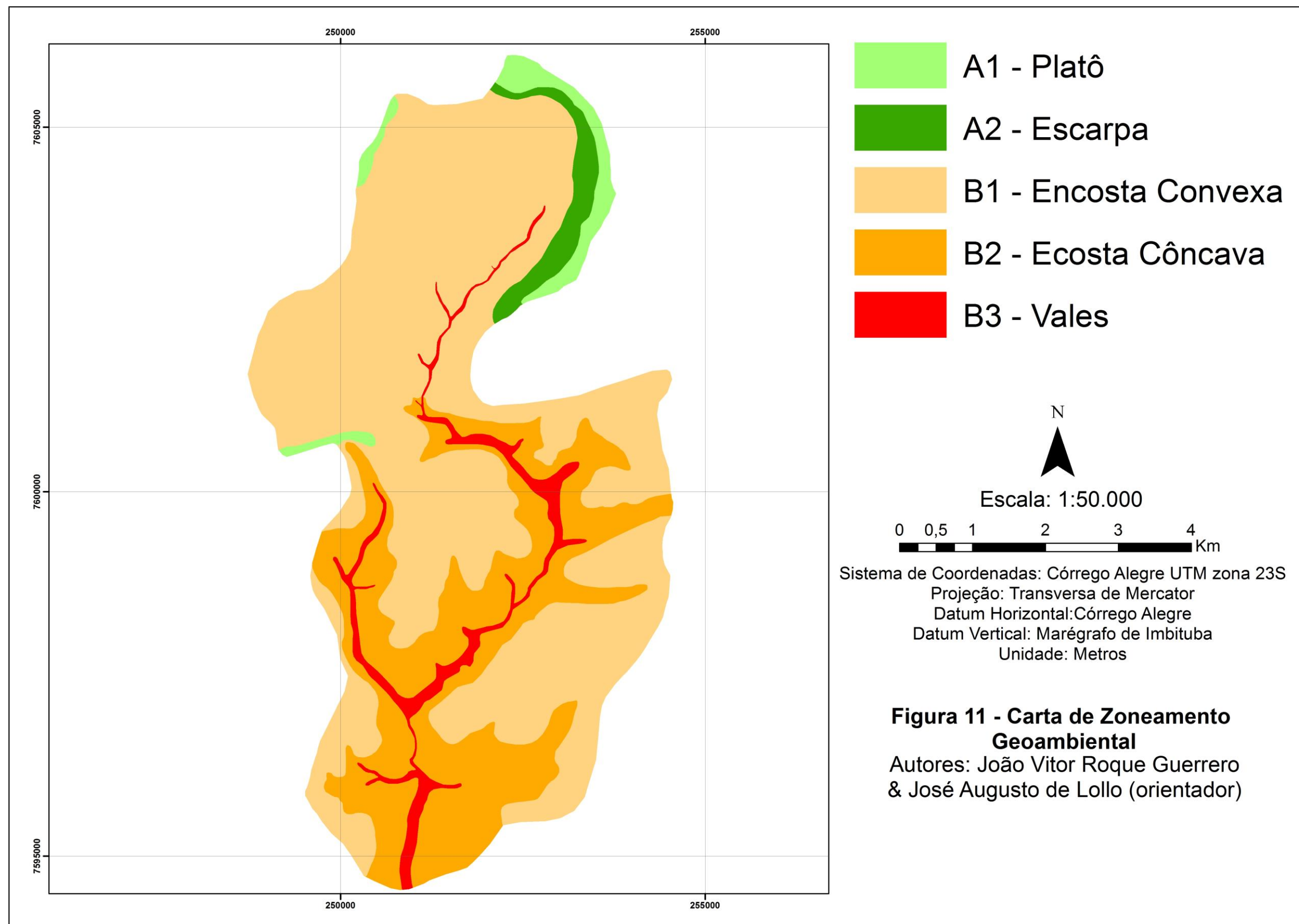


Figura 11 – Carta de zoneamento geoambiental

7.10. Caracterização das unidades geoambientais

- **Unidade A1:**

Caracterizada por morrotes pequenos a médios alongados e alinhados em áreas com declividades médias a altas, com frequência de canais baixa a muito baixa. Os materiais inconsolidados presentes são residuais dos diabásios e apresentam perfis com espessuras médias a grandes (sempre superiores a 5m).

Tais materiais apresentam textura média, massa específica dos sólidos 2,720 g/cm³ e são classificados predominantemente como sendo areais siltosas e areias argilosas não lateríticas. Ao sul desta bacia, os diabásios da formação Serra Geral apresentam textura argilosa, com massa específica média de 2,75 g/cm³ e classificados como argilas lateríticas e argilas lateríticas arenosas.

O coeficiente de permeabilidade médio medido na área foi de $2,1 \cdot 10^{-4}$ cm/s.

Atualmente, estas unidades geoambientais estão recobertas por alguns fragmentos de mata, principalmente na porção localizada a nordeste da bacia. Por outro lado, notou-se áreas de uso agrícola e de solo exposto nas porções localizadas a noroeste e a centro-oeste.

De acordo com a legislação vigente, as áreas de topos de morros são consideradas Áreas de Preservação Permanente (APP's), portanto a unidade geoambiental 1, por ser composta por platôs, não deveria ter nenhum tipo de uso antrópico.

Recomenda-se então, a extinção de qualquer tipo de agricultura e de ações de desmatamento no local, incentivando assim a manutenção dos fragmentos de mata ainda existentes e o processo de reflorestamento com espécies nativas da região.

- **Unidade A2:**

Constituída por escarpas com declividades geralmente superiores a 20%, com alta densidade de canais alinhados segundo a direção e se relaciona aos materiais inconsolidados residuais rasos (espessura raramente superior a 2m) derivados da alteração dos diabásios e dos arenitos da formação Botucatu.

Os magmatitos são geralmente explorados para a produção de agregados graúdos (brita) e de petit pavé para revestimento. Os materiais inconsolidados dos migmatitos presentes nessa unidade tem textura média, massa específica dos sólidos $2,720 \text{ g/cm}^3$ e são classificados predominantemente como NA'.

As taxas de potencial de escoamento superficial nesta unidade são consideradas altas (5 a 8), dado à alta declividade que exerce papel fundamental e seus coeficientes de permeabilidade médio são de $2,1 \cdot 10^{-4} \text{ cm/s}$

Como área da unidade geoambiental A2 é representada espacialmente pelas escarpas, o seu uso ficou muito restrito graças às altas declividades do local. Sendo assim, atualmente a área é recoberta por mata e alguns focos de campos.

As altas declividades aliadas ao alto potencial de escoamento superficial na área demonstram o risco de ocorrência de processos erosivos. É fundamental que as áreas de mata do local sejam preservadas, afim de conter eventuais riscos geomorfológicos.

- **Unidade B1:**

Essa unidade é composta por encostas convexas de colinas pequenas a médias, com média densidade de canais, declividades predominantes de até 10%, com as menores declividades nas porções superiores das encostas, e aumento de declividade em direção à base da encosta.

As porções superiores destas encostas representam topos do relevo local e constituem-se em áreas de recarga para os sistemas aquíferos na bacia. O substrato rochoso dessa unidade Geoambiental é a formação Botucatu.

Os perfis de alteração são constituídos de materiais residuais da formação Botucatu e depósitos coluvionares da formação Santa Rita do Passa-Quatro. Os materiais inconsolidados residuais da formação Botucatu apresentam textura

predominantemente arenosa fina, massa específica dos sólidos média é de 2,650 g/cm³, e na classificação MCT tais materiais inconsolidados são classificados predominantemente como LA.

São perfis de alteração homogêneos com espessuras superiores a 5m e coeficientes de permeabilidade são da ordem de 10⁻³ cm/seg. Os materiais inconsolidados coluvionares da formação Santa Rita do Passa-Quatro apresentam textura francamente arenosa, massa específica dos sólidos média é de 2,655 g/cm³, e na classificação MCT tais materiais inconsolidados são classificados predominantemente como NA. São perfis de alteração homogêneos com espessuras superiores a 5m e coeficientes de permeabilidade são da ordem de 10⁻² cm/seg.

Como esta unidade representa 63,4% da bacia, existe uma grande diversidade de tipos de uso do solo, porém predominam a agricultura (principalmente com a cana-de-açúcar), fragmentos de mata e solo exposto.

Algumas das áreas identificadas como solo exposto (Nordeste da unidade) representam erosões lineares de grande porte, mais conhecidas como voçorocas (FIGURA 12). Estes processos associados à ação erosiva do rio Clarinho são um risco à qualidade ambiental da área, já que causam grande perda de solos agricultáveis, risco de acidentes e desassossego dos moradores próximos.

Outro problema associado às voçorocas no local é a degradação da qualidade dos cursos d'água próximos, já que são o destino do sedimento removido. Esta sedimentação ao longo dos canais de drenagem causa alterações das características físicas e químicas dos recursos hídricos.

Em muitos locais ao longo desta unidade foi possível notar a supressão da mata ciliar nativa em detrimento do cultivo de cana, o que já causou também a secagem de alguns drenos do Rio Clarinho.



Figura 12 – Voçoroca no Rio Clarinho (fevereiro/2014)

Há, portanto, a necessidade de promover ações que procurem mitigar os processos erosivos na área. Pelo tamanho da voçoroca fica inviável sua total recuperação, porém se faz necessário estabilizar o processo para que não degrade ainda mais o ambiente local.

Incentivar práticas conservacionistas é fundamental na área, já que é clara a alta suscetibilidade a erosão nas cabeceiras do rio Clarinho. Tais práticas são muito mais baratas do que medidas de recuperação principalmente em médio a longo prazo.

O cultivo da cana-de-açúcar atualmente é indispensável para a economia local, porém a legislação deve ser respeitada para que os problemas ambientais ao longo do rio Clarinho sejam amenizados. É necessário recompor as áreas de mata ciliar com o intuito de reestabelecer a qualidade ambiental ao longo dos cursos d'água.

- **Unidade B2:**

Encostas côncavas de colinas médias, com baixa densidade de canais, declividades até 10% na porção superior da encosta e menores que 5% em sua base. O substrato rochoso dessa unidade são os arenitos da formação Pirambóia. Os perfis de alteração são constituídos de materiais residuais da formação Pirambóia e ocasionalmente depósitos coluvionares da formação Santa Rita. Os materiais inconsolidados dos arenitos da formação Pirambóia apresentam massa específica dos sólidos média de 2,675 g/cm³ tanto a leste quanto a oeste da região de vales, e são classificados predominantemente como LA

Os materiais inconsolidados retrabalhados da formação Santa Rita tem textura arenosa (chegando a ter 87% de areia em seu horizonte B), a massa específica dos sólidos identificada foi de 2,65 g/cm³. Tais materiais estão inseridos de acordo com a classificação MCT na classe NS'.

A predominância de materiais inconsolidados de textura arenosa expõe a área a alta suscetibilidade a processos erosivos. Como estes processos são agentes contaminadores de recursos hídricos, é necessário promover nesta unidade medidas que evitem a erosão tais como o reflorestamento, preservação das APP's, evitar o surgimento de solo exposto pela agricultura, etc.

Outro problema identificado nesta unidade é a relação da textura arenosa dos materiais com o baixo potencial de escoamento, o que gera um alto potencial de contaminação de aquíferos profundos. O uso do solo na área deve ser restringido à ações que não sejam efetivamente poluidoras e que não representem risco à qualidade ambiental da área.

Atualmente, grande parte desta unidade é recoberta pela cana-de-açúcar, e devido à necessidade de utilização de grande quantidade de defensivos agrícolas que este cultivo demanda, fica evidente o potencial de contaminação do local.

- **Unidade B3:**

A unidade B3 é composta essencialmente por vales pequenos, mais fechados nas regiões de nascentes e abertos no baixo curso dos canais de drenagem. As declividades são predominantemente inferiores a 5%, com ocorrências de declividades menores que 2% no baixo curso, onde existem depósitos aluviais expressivos. O substrato rochoso dessa unidade Geoambiental é a formação Pirambóia.

Os materiais inconsolidados dos arenitos da formação Pirambóia apresentam textura predominantemente arenosa, com massa específica dos sólidos de 2,67 g/cm³ e classificados como LA.

Os depósitos aluviais do Quaternário encontrados na área apresentam textura arenosa e são classificados como NA. Sua massa específica dos sólidos é de 2,66 g/cm³.

Assim como a unidade B2, esta unidade apresenta textura predominantemente arenosa e potencial de escoamento considerado baixo. Além do problema de contaminação de aquíferos, fica evidente a suscetibilidade à erosão principalmente pela ação corrosiva dos corpos d'água.

A manutenção da mata ciliar, o reflorestamento ao longo dos rios e o uso racional dos recursos hídricos é fundamental para que o processo erosivo seja combatido.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos através das análises do Zoneamento Geoambiental do Rio Clarinho permitiram as seguintes conclusões:

- A cartografia geoambiental e o geoprocessamento são instrumentos muito valiosos nestes tipos de estudo por permitem realizar uma caracterização do meio físico local adequada e com baixo custo relativo.

- O mapa cadastral demonstrou-se como uma ferramenta muito importante no planejamento do trabalho, principalmente nas atividades realizadas no campo. Este instruiu e direcionou as atividades de acordo com as rotas disponíveis e auxiliou na localização na área.

- A carta de declividades é extremamente importante em estudos ambientais, pois permite uma análise da topografia do terreno com baixo custo, possibilitando assim diversas outras análises tais como escoamento, landforms, entre outros, também tratados neste trabalho.

- A análise das restrições a ocupação foi fundamental neste trabalho, pois demonstra espacialmente quais são as áreas impróprias ao uso humano, de acordo com a legislação vigente. Dentro destas áreas, destaca-se a restrição devido à recarga de potencial de aquífero profundo, representando 20% do total da bacia.

- Quanto ao substrato rochoso, foi verificado que a bacia é bastante homogênea, já que a maior parte dela é constituída pelas formações Botucatu e Pirambóia. A predominância dessas formações, por serem arenosas, implica uma maior suscetibilidade à erosão e potencial de contaminação de aquíferos.

- A identificação de dois sistemas de terreno e cinco unidades de terreno na área permitiu a divisão espacial do território da bacia de acordo com a homogeneidade de suas características ambientais. Destacou-se a presença de encostas convexas em 63,4% da área, fato que é de grande importância de estudo visto que, devido às suas características morfodinâmicas e geológicas, estas encostas representam grande parte das áreas de recarga de aquíferos. O estudo da geomorfologia local é imprescindível ao planejamento territorial, já que abre diversas possibilidades de análise do meio físico.

- O mapeamento do uso do solo do ano de 2014 demonstrou a dinâmica atual da bacia do Rio Clarinho. O principal uso identificado foi o da cana-de-açúcar, com aproximadamente 63% da área, seguido por solo exposto (12%), mata (11,35%), campo / pastagem (10%), uso urbano (2%) e pequenas represas (0,75%).

A expressiva ocupação pela cana-de-açúcar e as pequenas áreas de mata são resultados do processo de desmatamento em detrimento dos cultivos agrícolas na região. Este desmatamento também foi o maior responsável pelo surgimento da grande quantidade de solos expostos. Essa sequência de ações causa a degradação ambiental e gera riscos à saúde humana.

- O mapa de potencial de escoamento superficial indicou que a maior parte da bacia apresenta índices baixos e médios, o que pode ser explicado devido a textura arenosa de grande parcela dos materiais inconsolidados e do substrato rochoso, conforme mostrado nas figuras 6 e 9. Tal fato reflete que a bacia tem alta capacidade de infiltração e, se não forem tomadas as devidas precauções quanto ao uso do solo, existe uma grande possibilidade de contaminação dos solos e conseqüentemente dos aquíferos profundos.

- A geração da carta de unidades geoambientais cumpriu seu objetivo inicial de dividir o território em zonas homogêneas de acordo com as características do meio físico local, permitindo avaliar quais seriam as potencialidades e as restrições ao uso do solo para cada unidade identificada.

- O zoneamento ambiental, como um instrumento de gestão territorial, capaz de dividir o local de estudo em áreas menores de acordo com suas potencialidades e restrições aos variados tipos de uso, se mostrou fundamental para estudos ambientais. É uma ferramenta abrangente e eficaz que dá ao gestor público, condições para um planejamento ambiental adequado de sua região.

- O objetivo inicial do trabalho foi atingido, comprovando que a técnica de avaliação do terreno é capaz de identificar áreas homogêneas de materiais inconsolidados e substrato rochoso a partir da definição dos landforms. Sendo assim, a técnica é eficaz no zoneamento geoambiental de bacias hidrográficas visando o planejamento territorial das mesmas, sendo uma ferramenta muito útil para gestores aplicarem uma política ambiental eficiente.

- Por fim, cabe ressaltar que a análise das características do meio físico do rio Clarinho identificou que o baixo potencial de escoamento superficial aliado à textura arenosa de grande parte de seus materiais inconsolidados são um indicativo de que a área apresenta alto potencial de infiltração, principalmente ao longo das encostas convexas, encostas côncavas e nos vales.

Este alto potencial de infiltração somado ao intenso cultivo de cana-de-açúcar e a grande quantidade de solo exposto na área expõe a bacia do rio Clarinho ao eminente risco de contaminação por defensivos agrícolas, sendo necessário o constante monitoramento, avaliação e fiscalização da área.

- A realização deste trabalho reafirmou a importância da caracterização do meio físico em estudos que contemplem o zoneamento geoambiental e o planejamento territorial. É de extrema importância conhecer o meio estudado, desde suas dinâmicas superficiais (uso do solo, áreas restritivas, declividades, etc.) até seus processos internos (geologia, materiais inconsolidados, etc.) para que possam ser propostas medidas adequadas de potencialidades e restrições.

- Observou-se que o plano diretor municipal não contempla o zoneamento ambiental desta e das demais áreas rurais de forma efetiva. Desta forma, recomenda-se que sejam implementadas políticas públicas de uso do solo que contemplem, além de medidas restritivas a áreas frágeis, a indicação de regiões aptas ao uso antrópico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas técnicas. **Determinação da massa específica** – Método de Ensaio – NBR 6508/84. Rio de Janeiro, 8p. 1984

ABNT – Associação Brasileira de Normas técnicas. **Análise Granulométrica dos solos** – Método de Ensaio – NBR 7181/84. Rio de Janeiro, 13 p. 1984

ALBUQUERQUE, A.R.C. Bacia hidrográfica: Unidade de planejamento ambiental. **Revista Geonorte**, Manaus. V.4, N.4, p.201 – 209. 2012.

ALCÁNTARA-AYALA, I. Geomorphology, natural hazards, vulnerability and prevention of natural disasters in developing countries. **Geomorphology**, Volume 47. p. 107-124. 2002

ALEMAYEHU, F; TAHA, N; NYSSSEN, J; GIRMA, A; ZENEBE, A; BEHAILU, M; DECKERS, S; POESEN, J. The impacts of watershed management on land use and land cover dynamics in Eastern Tigray (Ethiopia). **Resources, Conservation and Recycling**, v. 53, p. 192–198. 2009.

BECKETT P. H. T; WEBSTER, R. Terrain classification and evaluation using air photography: A review of recent work at Oxford. **Photogrammetria**, v. 26, p. 51-75. 1970

BOCCO, G; MENDOZA, M; VELÁZQUEZ, A. Remote sensing and GIS-based regional geomorphological mapping - a tool for land use planning in developing countries. **Geomorphology**, V. 39 p. 211-219. 2001

BRASIL. Casa Civil. **Lei 6.938/81, de 31 de Agosto de 1981**. Diário Oficial da União, Brasília, 1981.

BRASIL. **Decreto nº 4.297**, de 10 de Julho de 2002. Diário Oficial da União, Brasília, 2002.

CÂMARA, G.; DAVIS.C.; MONTEIRO, A.M.; D'ALGE, J.C. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos, INPE, 2001 (on-line, 2a. edição, revista e ampliada).

Câmara, G.; Souza, R.C.M.; Freitas U. M.; Garrido, J. C. P. **Spring: Integrating Remote Sensing and GIS with Object-Oriented Data Modelling**. Computers and Graphics, v.15, n.6, p.13-22, 1996.

CAMPANELLI, L.C. **Zoneamento (Geo) Ambiental analítico da Bacia hidrográfica do rio Monjolinho – São Carlos (SP)**. Dissertação de Mestrado. 2012. PPGEU / UFSCAR. 184 p.

CASTALDI, F; CHIOCCHINI, U. Effects of land use changes on badland erosion in clayey drainage basins, Radicofani, Central Italy. **Geomorphology**, V. 169–170, p. 98-108. 2012

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 1980, Editora Blucher. São Paulo.

CONFORTI, M; PASCALE. S; ROBUSTELLI, G; SDAO, F. Evaluation of prediction capability of the artificial neural networks for mapping landslide susceptibility in the Turbolo River catchment (northern Calabria, Italy), **CATENA**. v.113, p. 236-250. 2014

COOPER, A. H; FARRANT, A. R; PRICE, S. J. The use of karst geomorphology for planning, hazard avoidance and development in Great Britain. **Geomorphology**, v. 134, p. 118-13. 2011

COSTA, F.M. **Análise por métodos hidrológicos e hidroquímicos de fatores condicionantes de potencial hídrico de bacias hidrográficas – Estudo de casos no quadrilátero Ferrífero (MG)**. 2005. 155f. Dissertação de mestrado. UFOP. 2005

CYSNE, A.L.N; SANTOS, J.H.S; PEREIRA, E.D. A Bacia Hidrográfica como unidade de planejamento socioambiental: caracterização geomorfológica e hidrográfica da sub-bacia do rio maracanã. São Luis – MA. **Anais...** XVI Encontro Nacional dos Geógrafos. Porto Alegre. P. 117-135. 2010

DORNELES, A.C.B. O zoneamento e sua importância como um instrumento de planejamento urbano. **Cadernos da Escola de Direito e Relações Internacionais, Curitiba**, p. 452-467. 2010.

ESRI (2010). ArcGIS® 10.0 Tutorial. Environmental Systems Research Institute. 13 vol.

FALEIROS, C.A.R..J. **Zoneamento ambiental da bacia do Rio Fartura**: Abrangendo os municípios de São José do Rio Pardo-Sp, São Sebastião da Gramma- SP, Vargem Grande do Sul-SP e Águas da Prata – SP, na escala 1:50000. 2012. 197f. Dissertação (mestrado). São Carlos. Universidade Federal de São Carlos (2012).

Fehidro (2011). **Plano da Bacia Hidrográfica: 2008-2011**. COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MOGI GUAÇU, CETESB - SÃO PAULO. 170p.

FONTES, S. B. **Zoneamento Geoambiental em Bacias Hidrográficas**. Seminários Gerais em Geotecnia. 149 p. Escolas de Engenharia de São Carlos – 2000.

GALIANO, V. **Mapeamento geotécnico da quadrícula de Pirassununga (SP) na escala 1:50000, como subsídio ao planejamento territorial**. 2001. 162 f. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de São Carlos. São Carlos. 2001.

GRANELL-PÉREZ, M. C. **Trabalhando geografia com as cartas topográficas**. Ijuí: Ed. Unijuí, 2004.

GRECCHI, R.C. **Zoneamento Geoambiental da região de Piracicaba- SP, com auxílio de geoprocessamento**. Dissertação de Mestrado. 132 p. EESC/USP. São Carlos, 1998.

GUERRA, A.J.T; CUNHA, S.B (org). **Geomorfologia** – Uma atualização de Bases e conceitos. Bertrand Brasil, 8ª edição, Rio de Janeiro, 2008.

HE, C; MALCOLM, S. B; DAHLBERG, K. A; FU, B. A conceptual framework for integrating hydrological and biological indicators into watershed management. **Landscape and Urban Planning**, v. 49, p 25-34, 2000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Cartas topográficas**. Folhas Topográfica de Santa Rita do Passa-Quatro (SF-23-V-C-V-1.Escala 1:50.000, 1971.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – **Manual Técnico de Geomorfologia**. Série Manuais Técnicos em Geociências, nº 5, Bernardo de Almeida Nunes et al (coordenadores). Rio de Janeiro, 2009, 111 pp.

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). **Zoneamento Ambiental**. <http://www.ibama.gov.br/areas-tematicas/zoneamento-ambiental>. Acesso em 03/09/2013

LOLLO, J.A. **Mapeamento Geotécnico da Folha de Leme – SP**. 1994. 86 f. Dissertação de mestrado. EESC-USP, São Carlos. 1991.

LOLLO, J.A. **O uso da técnica de avaliação do terreno no processo de elaboração do mapeamento geotécnico: sistematização e aplicação na quadrícula de Campinas**. 1995. 267 f. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 1995

LORANDI, R; LOLLO, J.A; GUERRERO, J.V.R. Carta de unidades aquíferas aplicada ao Zoneamento (Geo)Ambiental- Estudo de Caso na Bacia do Rio Claro. **Anais...** 14 Congresso Nacional de Geotecnia. Covilhã, 2014.

LUCAS, L.M; CUNHA, S.B. Rede de drenagem urbana em área tropical: mudanças na morfologia do canal e níveis de poluição das Águas – Rio dos macacos – Rio de janeiro – RJ. **GEOUSP** - Espaço e Tempo, São Paulo, v. 22, p. 39 – 64.2007.

MASSOLI, M. - 1981 - Geologia do Município de Santa Rita do Passa Quatro, SP. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, v.2, p.:35-45. 1981

MAURO, J.R; LOLLO, J.A. Uso da técnica de Avaliação do Terreno para a elaboração da carta de suscetibilidade à erosão na Bacia do Prosa – Campo Grande, MS. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 9, n.3, p.23-38. 2004.

MENDE, A; ASTORGA, A. Incorporating geology and geomorphology in land management decisions in developing countries: A case study in Southern Costa Rica. **Geomorphology**, Volume 87, Junho 2007, p. 68-89.

MENDONÇA, F; DANNI-OLIVEIRA, I.M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. Oficina de textos. São Paulo. 2007.

MONTAÑO, M; OLIVEIRA, I,S,D; RANIERI, V.E.L; FONTES, A.T; SOUZA, M.P. O zoneamento ambiental e a sua importância para a localização de atividades. **Revista Pesquisa e Desenvolvimento Engenharia de Produção**. Nº 6, p. 49-64. 2007.

NARDIN, D. **Zoneamento geoambiental no oeste do Rio Grande do Sul: um estudo em bacias hidrográficas**. Dissertação de Mestrado. 200,. 174f. UFRGS/PPGEA. Porto Alegre, 2009.

OHARA, T. JIMÉNEZ-RUEDA, J. R.; MATTOS, J. T. DE; CAETANO, N. R. Zoneamento geoambiental da região do altomédio rio Paraíba do Sul e a carta de aptidão física para a implantação de obras viárias. *Revista Brasileira de Geociências, Anais...* São Paulo, v3, n. 2, p. 173-182, jun. 2003

OLIVEIRA, P. T. S; SOBRINHO, T. A; RODRIGUES, D. B. B; E. PANACHUKI. Erosion Risk Mapping Applied to Environmental Zoning. **Water Resources Management**, v.25, p.1021-1036. 2011

PEJON, O. J.; ZUQUETTE, L. V. Carta de potencial de escoamento superficial da folha de Piracicaba/SP. **Revista de Geociências**, São Paulo, v. 12, n. 2, p. 1015-1023, 1993.

PRASANNAKUMAR, V; VIJITH, H; GEETHA, N. Terra in evaluation through the assessment of geomorphometric parameters using DEM and GIS: case study of two major sub-watersheds in Attapady, South India. **Arabian Journal of Geosciences**, , v.6, p.1141 – 1152. 2013

RECIFE. PREFEITURA MUNICIPAL. **ME-61 Métodos de ensaio para determinação da perda de massa por imersão de solos compactados com equipamento miniatura**. Documento de divulgação externa. Recife. 2003

RICCOMINI, C; ALMEIDA, R.P; GIANNINI P.C.F; MANCINI, F. Processos Fluviais e Lacustres e seus registros. In: TEIXEIRA,W; FAIRCHILD,T.R; TOLEDO,M.C.M; TAIOLI, F. (Org.) **Decifrando a Terra**. São Paulo, Companhia Editora Nacional, 2ª, 2009, p. 306-314.

ROCHA, A.A; VIANNA, P.C.G. **A bacia hidrográfica como unidade de gestão da água**. II Semiluso – Seminário Luso-Brasileiro Agricultura familiar e desertificação. João Pessoa- PB. p. 155-168 2008.

RODRIGUES, Cleide; ADAMI, Samuel. Técnicas fundamentais para o estudo de bacias hidrográficas. In: VENTURI, L. A. B. (org). **Praticando a geografia: técnicas de campo e laboratório em geografia e análise**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005

ROSS, J. L. S.; I. C. MOROZ. **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: FFLCH-USP/IPT/FAPESP. 1997.

ROSS, J.L.S. **Ecogeografia do Brasil** – subsídios ao planejamento ambiental. São Paulo. Ed. Oficina de textos. 2006.

SAMARAS, A.G; KOUTITAS, C.G. The impact f watershed management o coastal morphology: A case study using na integrated approach and numerical modeling. **Geomorphology**, vol. 211, p.52-63. 2014

SANTOS, R F. dos. **Planejamento Ambiental: teoria e prática**. São Paulo, Oficina de Textos. 2004.

São Paulo (Estado) (1981). Instituto Geológico. **Mapa Geológico** – Folha Santa Rita do Passa-Quatro (SF-23-V-C-V-1). São Paulo, 1981a. Escala 1:50.000.

SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. **O que é uma bacia hidrográfica?** Publicado em: 07/09/2010. Disponível em: <http://www.sema.rs.gov.br/conteudo.asp?cod_menu=54>. Acesso: 20 ago 2013.

SILVA, C. R; DANTAS, M. E. **Mapas Geoambientais**. In: 7º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental. Maringá. 17p. 2010.

SILVA, S. R. R.; OLIVEIRA, B. P.; CHAVES, I. B.; LIMA, E. R. V.; ALVES, J. J. A. Uso de imagem CBERS no zoneamento geoambiental em bacia hidrográfica do estado da Paraíba, Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15. (SBSR), 2011, Curitiba. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011. p. 2732-2739. DVD, Internet.

SILVA, S.F. **Zoneamento Geoambiental com auxílio de Lógica Fuzzy e proposta de um geoindicador para caracterização do meio físico da bacia do Rio do Peixe**. 283f. São Carlos, 2005. 2v.Tese de Doutorado – Escola de Engenharia de São Carlos. 2005

SILVA, J. S. V.; SANTOS, R. F. Zoneamento para planejamento ambiental: vantagens e restrições de métodos e técnicas. **Cadernos de Ciência e Tecnologia**, v. 21, n. 2, p. 221-263, 2004

SOARES, Z. M. L.; CARVALHO, M. S. B. S.; FREITAS FILHO, M. R.; SOARES, A. M. L.; GADELHA, M. A.; ANDRADE, R. I. L.; SOUZA, M. J. N.; OLIVEIRA, V. P. V. Zoneamento geoambiental em uma área suscetível à desertificação no Estado do Ceará: o município de Independência. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16. (SBSR), 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...** São José dos Campos: INPE, p. 5345-5352. 2013

SOBRINHO, T.A; OLIVEIRA, P. T. S; RODRIGUES, D. B. B; AYRES, F. M. Delimitação automática de bacias hidrográficas utilizando dados SRTM. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.30, n.1, p.46-57, 2010

SÓRIA, M.H.A; FABBRI, G.T.P.. **O Ensaio Mini-MCV** – um ensaio de MCV, Moisture Condition Value, com corpos de prova de dimensões reduzidas. REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO, 15. Belo Horizonte, MG, 1980

TEODORO, V; TEIXEIRA, D; COSTA, D.J.L; FULLER, B.B. O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista Uniara**, n.20. p 22-29. 2007

TRENTIN, R. **Mapeamento geomorfológico e caracterização geoambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Itu – Oeste do Rio Grande do Sul – Brasil**. 236f. Curitiba, 2011. Tese de Doutorado – Universidade Federal do Paraná. 2011

VIVANCO, J.M.C; **Caracterização preliminar do meio físico a partir de dados do Projeto Topodata**: caso da área de expansão urbana de Ilha Solteira (SP). 221f. Dissertação de mestrado. Unesp Ilha Solteira. 2013

ZHANGA,Y; BARTEN, P. K. Watershed Forest Management Information System (WFMS). **Environmental Modelling & Software**, v. 24, p. 569–575, 2009.

ZACHARIAS, A. A. **Representação gráfica das unidades de paisagem no zoneamento ambiental**. São Paulo, Editora Unesp, 2010