



doi: 10.19177/rgsa.v6e22017404-430

## **ZONEAMENTO AGROSSILVIPASTORIL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO DA SERRINHA NO MUNICÍPIO DE SANTA CRUZ DA CONCEIÇÃO-SP**

**Wesley Rafael Nunes da Silva<sup>1</sup>  
Jackeline Gonçalves Mello<sup>2</sup>  
João Pedro Arantes Bigato<sup>3</sup>  
Diego Peruchi Trevisan<sup>11</sup>  
Luiz Eduardo Moschini<sup>12</sup>  
Andréia Márcia Cassiano<sup>13</sup>**

### **RESUMO**

Existem diversas ações relacionadas ao planejamento ambiental que visam gerenciar o ordenamento dos usos antrópicos. Dentre estes métodos destaca-se o Zoneamento Agrossilvipastoril, que sugere locais para uma melhor ocupação e uso do solo. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi realizar o Zoneamento Agrossilvipastoril da bacia hidrográfica do córrego da Serrinha no município de Santa Cruz da Conceição e comparar este zoneamento com o uso e cobertura da terra presente no ano 2016, com a utilização de Sistemas de Informação Geográficas. A integração das informações ocorreu através do software Arcgis®, por meio da utilização da lógica Fuzzy, gerando classes equiparativas dos dados analisados, resultando no mapa do zoneamento agrossilvipastoril da área de estudo. Ao relacionar esse mapa produto com o uso e ocupação de 2016 do município, é possível identificar irregularidades na ocupação do uso do solo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ordenamento territorial; uso e ocupação do solo; capacidade do uso do solo.

<sup>1</sup> Bacharel em Gestão e Análise Ambiental. Universidade Federal de São Carlos. E-mail: wesley.rafael.ns@hotmail.com

<sup>2</sup> Universidade Federal de São Carlos. E-mail: jg.mello97@gmail.com

<sup>3</sup> Universidade Federal de São Carlos. E-mail: jpbigato@gmail.com

<sup>11</sup> Graduação em Gestão e Análise Ambiental pela Universidade Federal de São Carlos (2013) Mestrado em Ciências Ambientais (2015) pela Universidade Federal de São Carlos com. Atualmente é aluno de doutorado do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais pela Universidade Federal de São Carlos. E-mail: diego.peruchi@gmail.com

<sup>12</sup> Graduação em Ciências Biológicas pelo Centro Universitário de Araraquara (2003), mestrado em Ecologia e Recursos Naturais pela Universidade Federal de São Carlos (2005) e doutorado em Ecologia e Recursos Naturais pela Universidade Federal de São Carlos (2008). Atualmente é professor adjunto da Universidade Federal de São Carlos. Docente do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (Mestrado e Doutorado) e do Programa de Pós-Graduação em Conservação da Fauna. E-mail: lemoschini@ufscar.br

<sup>13</sup> Geóloga Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP (1993), Mestre em Administração e Política de Recursos Minerais pela UNICAMP (1996), doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental pela Universidade de São Paulo - USP (2001) E-mail: andreiacassiano@yahoo.com.br

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil é caracterizado pela Alta produção agropecuária, uma vez que essa atividade ocupa grande área de seu território, ocupação esta, que se estende por 334 milhões de hectares (aproximadamente 35% de sua extensão total de 851 milhões de hectares) e, no caso do estado de São Paulo, ocupa uma área de 17 milhões de hectares (para uma extensão total 25 milhões de hectares). Esta situação remete a uma preocupação socioambiental, uma vez que áreas agrícolas ocuparam regiões de interesse ambiental, turístico e social (IBGE, 2006).

O aumento e a consolidação das atividades antrópicas agrícolas ao longo da história brasileira culminaram na degradação dos ecossistemas naturais, levando assim a criação de mecanismo de políticas públicas no intuito de elaborar diretrizes para conservação e preservação ambiental.

Objetivando a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no país, condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana, foi criada em 1981 a Política Nacional do Meio Ambiente, que discute sobre a criação de instrumentos no intuito de gerenciar atividades que promovam alterações no meio natural do território brasileiro em virtude da conservação dos ecossistemas naturais. Segundo o artigo 9º, são instrumentos do PNMA (BRASIL, 1981, p.1):

- I - O estabelecimento de padrões de qualidade ambiental;
- II - O zoneamento ambiental;
- III - A avaliação de impactos ambientais;
- IV - O licenciamento e a revisão de atividades efetiva ou potencialmente poluidoras;
- V - Os incentivos à produção e instalação de equipamentos e a criação ou absorção de tecnologia, voltados para a melhoria da qualidade ambiental;
- VI - A criação de espaços territoriais especialmente protegidos pelo Poder Público federal, estadual e municipal, tais como áreas de proteção ambiental, de relevante interesse ecológico e reservas extrativistas; (Redação dada pela Lei nº 7.804, de 1989);
- VII - O sistema nacional de informações sobre o meio ambiente;
- VIII - O Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental;
- IX - As penalidades disciplinares ou compensatórias ao não cumprimento das medidas necessárias à preservação ou correção da degradação ambiental;
- X - A instituição do Relatório de Qualidade do Meio Ambiente, a ser divulgado anualmente pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis - IBAMA; (Incluído pela Lei nº 7.804, de 1989);
- XI - A garantia da prestação de informações relativas ao Meio Ambiente, obrigando-se o Poder Público a produzi-las, quando inexistentes; (Incluído pela Lei nº 7.804, de 1989);

XII - O Cadastro Técnico Federal de atividades potencialmente poluidoras e/ou utilizadoras dos recursos ambientais (Incluído pela Lei nº 7.804, de 1989);

XIII- Instrumentos econômicos, como concessão florestal, servidão ambiental, seguro ambiental e outros (Incluído pela Lei nº 11.284, de 2006)".

Nessa política surge a determinação de um instrumento fundamental para o amplo conhecimento e planejamento do território nacional, conhecido como Zoneamento Ambiental, através do qual são discutidas as ações de ordenamento territorial, visando encontrar um equilíbrio entre os interesses das diferentes áreas de influência econômica e social do Brasil.

Porém, ainda era necessário o desenvolvimento de um zoneamento que abrangesse não só os aspectos ambientais, mas também os aspectos sociais e econômicos considerando a interação da sociedade com o meio natural, seja de uma determinada região ou até mesmo de um país como um todo.

Com este objetivo surge o Zoneamento Ecológico Econômico, regulamentado pelo decreto nº 4.297/2002, uma forma de compartimentação de um espaço geográfico, a partir das características físicas e bióticas de seus ecossistemas e suas interações entre si e com os meios socioeconômicos. Seu funcionamento está atrelado a relações políticas-administrativas e conhecimentos técnicos científicos a fim de possibilitar a fundamentação das diretrizes e normas legais que disciplinam o uso dos recursos naturais em dado território (ARAÚJO, 2006).

O Zoneamento Ecológico Econômico é gerado a partir da combinação de seis áreas de interesses: Zoneamento de interesse e proteção ambiental; Zonas de interesse e recuperação ambiental; Zona de uso especial; Zona Urbana; Zonas de recarga de aquífero e Zonas de potencial agrossilvipastoril.

Dentre esses, o Zoneamento Agrossilvipastoril, indica as áreas de aptidão para qualquer trabalho relativo às explorações agropecuárias. Dessa forma, é possível ordenar a ocupação dos diversos sistemas agrossilvipastoris no território, permitindo maximizar a produção de uma forma ecológica e sustentável, indicando quais áreas podem ser ocupadas plenamente pela agricultura ou se são necessárias estratégias de manejo ou restrições (CRIVELENTI, 2015).

Alguns modelos foram organizados por Lima (1994), onde se estabeleceu métodos para o desenvolvimento de classes para determinar a Capacidade do Uso das Terras de tal forma que serve de base para o Zoneamento

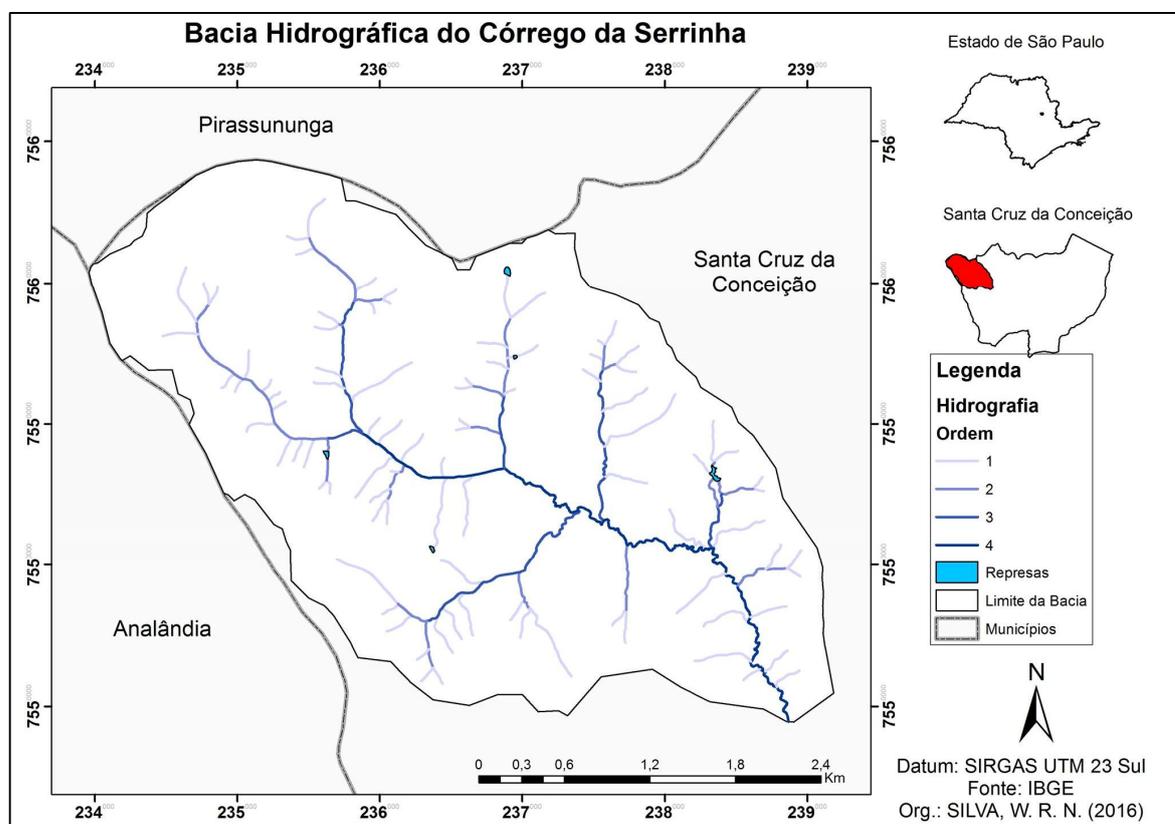
Agrossilvipastoril. Outro exemplo é o trabalho realizado por Caldeirano Filho et al, (1998) na Fazenda Canchim (SP) que realizou um trabalho de levantamento de propriedades e potencialidades físicas da área da fazenda, criando classes de declividade, erodibilidade, profundidade aparente, entre outros.

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi realizar o Zoneamento Agrossilvipastoril da bacia hidrográfica do córrego da Serrinha no município de Santa Cruz da Conceição e comparar este zoneamento com o uso e cobertura da terra presente no ano 2016, com a utilização de Sistemas de Informação Geográficas.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

A bacia hidrográfica da Serrinha está localizada no município de Santa Cruz da Conceição (Figura 1), a aproximadamente 200 km da capital do estado, especificamente entre as coordenadas geográficas 22°08'25" de latitude sul e 47°27'07" de longitude oeste.

Figura 1 - Figura de localização da área de estudo



Fonte: IBGE, 2016. Adaptado pelos autores.

407

## 2.1 Metodologia

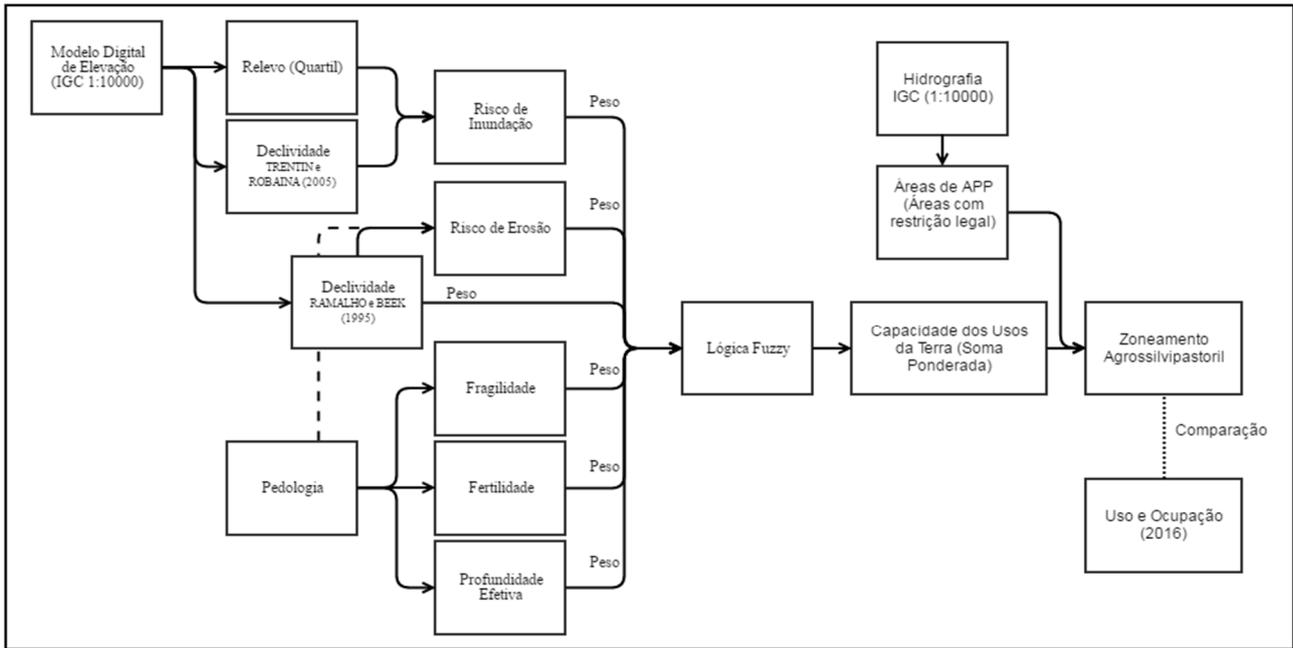
As informações foram inseridas e analisadas em Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), sendo utilizado o software ArcGis® 10.2.2. Para a caracterização da paisagem, foi elaborado um banco de dados georreferenciado do município de Santa Cruz da Conceição, utilizando-se a projeção geográfica de Universal Transversa de Mercator, Fuso 23 Sul, datum SIRGAS 2000, onde as informações foram estruturadas nos Planos de Informação (PI) para cada categoria de carta temática.

Os dados primários para a delimitação do município de Santa Cruz da Conceição foram adquiridos da base de dados digital do IBGE situação 2013. Para a obtenção das curvas de nível e rede de drenagem foram adquiridas as cartas planialtimétricas em formato analógico na escala 1:50.000 referentes à área de estudo pertencem às folhas: SF-23-Y-A-I-2 e SF-23-Y-A-II-1, sendo estas convertidas para o formato digital e posteriormente georreferenciadas no software ArcGis® 10.2.2. As classes pedológicas foram delimitadas através Levantamento Pedológico do Estado de São Paulo Quadrícula de São Carlos SF.23-Y-A-I E em 1:50.000, folha SF.23.Y.A.I.

O Zoneamento Agrossilvipastoril foi realizado a partir do cruzamento das informações físicas da área de estudo, referentes a Declividade, Erodibilidade, Fertilidade, Fragilidade, Profundidade Efetiva; Risco de Erosão e Risco de Inundação.

A integração das informações ocorreu através da lógica Fuzzy que segundo Escada (1998), modelos baseados em lógica Fuzzy, permitem uma maior flexibilidade nas combinações de mapas com pesos e podem ser adicionados nos Sistemas de Informação Geográfica a partir de uma linguagem. Com isso, se tornou possível operacionalizar todas as categorias dos produtos intermediários do Zoneamento Agrossilvipastoril (Figura 2).

Figura 2 - Organograma de execução das análises



Fonte: Os autores

Após a realização do Zoneamento Agrossilvipastoril obtido através das análises, este foi comparado com uso e cobertura da terra presente na área de estudo para o ano e 2016, a fim de analisar quais áreas necessitariam de modificações dentro do ordenamento territorial proposto pelo estudo.

### 2.2.1 Declividade

A declividade pode ser constituída a partir da análise das distâncias entre curvas de nível, a qual representa, de forma contínua, a inclinação e as formas do terreno. Este tema permite inferir informações como formas da paisagem, erosão, potencialidades para uso agrícola, restrições para ocupação urbana, manejo e práticas conservacionistas Santos (2004).

O mapa de declividade (Tabela 1), seguindo a metodologia proposta por Ramalho e Beek (1995) foi gerado através do Modelo Digital de Elevação (MDE) criado a partir das curvas de nível das cartas topográficas IGC 1:10.000, onde os valores das cotas altimétricas foram agrupados em classes altimétricas de 5 em 5 metros e posteriormente realizados cálculos estatísticos usando a opção “FACE SLOPE WITH GRADUATED COLOR RAMP –ADD – DISMISS” do SIG ArcGis®, por meio da fórmula de declividade:

$$\text{Tangente } Tg \alpha = \frac{\text{Encaminhamento vertical } E_v}{\text{Encaminhamento horizontal } E_h}$$

Tabela 1 - Classes de Declividade

Porcentagem	Tipo de Relevo
0 a 3	Plano
3 a 8	Suave ondulado
8 a 13	Moderadamente ondulado
13 a 20	Ondulado
20 a 45	Forte ondulado
> 45	Montanhoso e escarpado

Fonte: RAMALHO e BEEK (1995)

### 2.2.2 Fertilidade

Para geração do mapa de fertilidade adaptou-se metodologia proposta por Silva et al. (2010), o qual propõe cinco possíveis classificações dos solos delimitadas através da caracterização com trabalho em campo e análises laboratoriais, examinando características físicas e químicas das amostras coletada. Porém foi necessária uma adaptação destas classificações devido à ausência de informações químicas e físicas detalhadas, com isso assumiu-se o modelo utilizado no trabalho Zoneamento de culturas bioenergéticas no estado de São Paulo – Aptidão Edafoclimática da Cultura da Cana-de-Açúcar realizado pela CIIAGRO em 2007, considerando as categorias de fertilidade, classificadas através de mapas pedológicos (Tabela 2).

Tabela 2 - Classes de Fertilidade

Classe	Característica do Solo
Muito Alta	Eutrófico alta CTC
Alta	Eutrófico
Média	Distrófico, Eutrófico baixa CTC
Baixa	Álicos, distrófica baixa CTC
Muito Baixa	Álicos baixa CTC

Fonte: SILVA et al (2010)

### 2.2.3 Profundidade Efetiva

O mapa de profundidade efetiva, o qual refere-se à profundidade máxima na qual não existem impedimentos físicos e químicos restritivos para as raízes crescerem, adaptou a metodologia proposta Silva et al. (2010), considerando as seguintes classe (Tabela 3).

Tabela 3 - Classe de Profundidade Efetiva

Classe	Medida	Tipo de solos
Profundo	Maiores que 150 cm	Latossolo – vermelho amarelo
Médio	150- 50 cm	Argissolo – vermelho amarelo
Raso	Menores que 50 cm	Neossolo litólico

Fonte: Adaptado de SILVA et al (2010)

### 2.2.4 Risco de Inundação

A aplicação da cartografia na identificação e diagnóstico de áreas de risco tem sido bastante explorada em diversas cidades brasileiras, surgindo então várias metodologias, as quais de modo geral, têm como base a combinação de dados e informações referentes a aspectos geológicos (litologia), geomorfológicos (declividade, hipsometria) e de uso do solo (tipologias de ocupação, tipos de vegetação) (DA HORA; GOMES, 2009).

O mapa de risco de inundação foi baseado na metodologia utilizada por Prina e Trentin (2014), onde a identificação das áreas de risco de inundação foi feita a partir de cartas topográficas do IGC 1:10.000. Assim, para geração do Modelo Digital de Elevação (MDE) foi realizado a classificação específica das informações de declividade (Tabela 4) e relevo (altitude mínima e máxima dividida em quartil) para possibilitar a integração da informação em um mapa de Risco de Inundação, que classifica as áreas suscetíveis a inundação em 5 categorias (Tabela 5):

Tabela 4 - Descrição das classes de declividades, juntamente com seus respectivos intervalos.

Classes	Descrição
< 2%	Áreas muito planas, e quando estão localizadas próximas as redes de drenagem ficam sujeitas a inundação
2 – 5%	Áreas planas, características de processos de deposição de sedimentos
5 – 15%	Áreas onduladas com processos de dinâmica superficiais erosivos moderados a acentuado
>15%	Declividade com áreas propícias a ocorrência de escorregamentos e movimentos de massa

Fonte: TRENTIN; ROBAINA (2005)

Tabela 5 - Descrição das classes de declividades, juntamente com seus respectivos intervalos.

	Altitude Classe 1	Altitude Classe 2	Altitude Classe 3	Área restante
Declividade – Classe 1 (menor declividade)	Muito alta Suscetibilidade	Alta Suscetibilidade	Média Suscetibilidade	Suscetibilidade desconsiderada
Declividade – Classe 2	Alta Suscetibilidade	Média Suscetibilidade	Baixa Suscetibilidade	
Declividade – Classe 3	Média Suscetibilidade	Baixa Suscetibilidade	Baixa Suscetibilidade	
Área restante	Suscetibilidade desconsiderada			

Fonte: TRENTIN; ROBAINA (2005)

### 2.2.5 Erodibilidade

A Erodibilidade pode ser definida como as propriedades inerentes do solo. O fator de Erodibilidade do solo (K) tem seu valor quantitativo determinado experimentalmente em parcelas unitárias, sendo expresso, como a perda solo (A), por unidade de índice de erosão da chuva (E). O valor K pode ser obtido através  $A/E$  (BERTONI; LOMBARDI, 2008).

Os valores dos fatores de erodibilidades utilizados no presente estudo foram retirados do estudo de erodibilidade realizados por Bertoni e Lombardi (2008) 412

os quais realizaram análises em 66 perfis de solo e definiram dois agrupamentos de solos do estado de São Paulo (Tabela 6).

Tabela 6 - Classes de Erodibilidade por tipo de solo encontrados na sub-bacia

Solos com b textural	K
Podzólico vermelho - amarelo, v. Piracicaba	0,964
Solos com b latossólico	K
Latossolo vermelho - amarelo, f.arenosa	1,294
Latossolo vermelho - amarelo, f.terraço	1,218

Fonte: LOMBARD; BERTONI (2008)

Com base nesses, realizou-se a identificação e classificação (Tabela 7) dos solos área de estudo:

Tabela 7 - Classes de Erodibilidade

Erodibilidade	Fator K
Muito Alta	> 1,3
Alta	1,0 – 1,3
Média	0,8 – 1,0
Baixa	0,5 – 0,8
Muito baixa	< 0,5

Fonte: LOMBARD; BERTONI (2008)

### 2.2.6 Risco de Erosão

A erosão é o processo de desprendimento e arraste acelerado das partículas do solo causado pela água e pelo vento. O mapa de risco de erosão (Tabela 8) foi gerado a partir da metodologia proposta por Silva (2010) e Filho (1998), através da fórmula:

$$RE \text{ (Risco de Erosão)} = \text{Declive} \times \text{Fator K}$$

Tabela 8 - Classes de Risco de Erosão

	K Muito Baixa	K Baixa	K Média	K Alta	K Muito Alta
Declividade A	Muito Baixa	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto
Declividade B	Muito Baixo	Baixo	Médio	Médio	Alto
Declividade C	Baixo	Médio	Médio	Alto	Alto
Declividade D	Médio	Médio	Alto	Alto	Muito Alto
Declividade E	Alto	Alto	Alto	Muito Alto	Muito Alto

Fonte: SILVA (2010); FILHO (1998)

### 2.2.7 Fragilidade

A caracterização de uma área e sua fragilidade ambiental permite a utilização de ações e contramedidas diante situações de risco com maior êxito, promovendo melhorias nos processos de gerenciamento, planejamento e zoneamento ambiental. Conforme descrito por Ross (1994) “a análise empírica da fragilidade exige estudos básicos de relevo, do subsolo, dos solos, do uso da terra e do clima”. Uma vez desenvolvido este estudo a administração para o uso dos recursos ambientais e sua exploração torna-se conservador (Tabela 9).

Tabela 9 - Classes de Classificação da Fragilidade do Solo

<b>Classes de Fragilidade</b>	<b>Tipos de Solos</b>
Muito Baixa	Latossolo roxo, latossolo vermelho escuro e vermelho- amarelo textura argilosa.
Baixa	Latossolo amarelo e vermelho-amarelo textura média/argilosa.
Média	Latossolo vermelho- amarelo, nitossolos.
Alta	Argissolos vermelho-amarelo, cambissolos.
Muito Alta	Neossólos litólicos e quartzosas.

Fonte: ROSS, 1994.

## 2.2.8 Índice de capacidade de uso do solo

Conforme Lombardi; Bertoni (2008) descrevem, “a classificação da capacidade de uso do solo visa estabelecer bases para o seu melhor aproveitamento e envolve a avaliação das necessidades para os vários usos que possam ser dados a determinada gleba.

As classes de capacidade de uso do solo deverão ser utilizadas como base sobre a qual os fatores econômicos e sociais de determinada área possam ser considerados ao elaborar modificações no uso do solo”. Adaptando as classes de capacidade de uso elaboradas por Santos (2004) e as definidas por Lombardi; Bertoni (2008) foi realizado um agrupamento.

A realização do agrupamento das classes elaborado por Lombard e Betoni (2008) deve-se pelo fator de em seu original encontrar-se divididas em 8 classes e no presente trabalho optou-se pela utilização apenas de 6 classes. O agrupamento ocorreu nas classes II, III, VI e VII devido a sua relação com os problemas de conservação (Tabela 10).

Tabela 10 - Classes de capacidade do uso do solo

Índices de capacidade de uso do solo Lombard e Bertoni	Índices de capacidade de uso do solo Adaptada
II- Terras cultiváveis com problemas simples de conservação	II- Terras cultiváveis com problemas de conservação
III- Terras cultiváveis com problemas complexos de conservação	
VI-Terras cultiváveis apenas em casos de algumas culturas permanentes e adaptadas em geral para pastagens ou reflorestamento, com problemas simples de conservação	V-Terras cultiváveis apenas em casos especiais de algumas culturas permanentes e adaptadas em geral para pastagens ou reflorestamento, com problemas de conservação
VII- Terras cultiváveis apenas em casos de algumas culturas permanentes e adaptadas em geral para pastagens ou reflorestamento, com problemas complexos de conservação	

Fonte: LOMBARD; BETONI (2008)

Ao final do processo foram obtidas as seguintes classes:

A - Terras Cultiváveis

I - Terras cultiváveis aparentemente sem problemas especiais de conservação. Apto para todos os usos.

II - Terras com problemas de conservação, aptas para todos os usos. Ocorreu o agrupamento das classes II e III.

III - Terras cultiváveis com problemas ocasionalmente ou em extensão limitada com sérios problemas de conservação.

B - Terras Cultiváveis apenas em casos especiais de algumas culturas permanentes e adaptadas em geral para pastagens ou reflorestamento.

IV - Terras cultiváveis apenas em casos especiais de algumas culturas permanentes e adaptadas em geral para pastagens ou reflorestamento, sem necessidade de práticas especiais de conservação.

V - Terras cultiváveis apenas em casos especiais de algumas culturas permanentes e adaptadas em geral para pastagens ou reflorestamento, com problemas de conservação. Ocorreu o agrupamento das classes VI e VII.

C - Terras impróprias para vegetação produtiva e próprias para proteção da fauna silvestre, para recreação ou armazenamento da água.

VI - Terras impróprias para cultura, pastagem ou reflorestamento, podendo servir apenas como abrigo da fauna silvestre, como ambiente para recreação ou fins de armazenamento de água.

A adaptação realizada buscou agrupar classes que possuíam características próximas, o que se torna viável para a escala utilizada no trabalho. As classes não adaptadas que poderiam precisar de análises detalhada em campo poderão ser interpretadas como um conjunto na nova classificação, uma vez que a metodologia empregada utiliza informações coletadas por satélite que, em casos específicos, podem apresentar menor precisão.

Dessa forma, a classificação das zonas dentro do zoneamento agrossilvilpastoril após a aplicação da lógica fuzzy para agrupamentos dos resultados foi adaptada de Lombardi; Bertoni (2008) onde Zona I (valor de 0 a 0,166), Zona II (valor de 0,166 a 0,332), Zona III (valor de 0,332 a 0,498), Zona IV (valor de 0,498 a 0,664), Zona V (valor de 0,664 a 0,83) e Zona VI (valor de 0,83 a 1) em que:

Zona I - São terras que não necessitam de práticas de conservação e manejo específico; proporciona colheitas entre médias e elevadas. São áreas em terreno de declividade suave, possuem capacidade de conservação de água e solo rico em elementos nutritivos.

Zona II - São terras que necessitam de práticas de conservação e manejo específico simples, médias e/ou complexas, a fim de promover o cultivo seguro e permanente. São áreas de terreno com declive acentuado que auxiliam na ocorrência de perda de solo por erosão, possuindo deficiência no processo de drenagem e retenção de umidade, tendo o solo com poucos elementos nutritivos.

Zona III - São terras classificadas como impróprias para cultivo contínuo e apropriadas para cultivos rápidos se houver práticas de conservação e manejo adequados. São áreas com alto declive e por isso sofrem com processo de erosão severa, possuem alta deficiência no processo de drenagem e contem baixa produtividade, ou seja, baixa qualidade e quantidade nas colheitas.

Zona IV - São terras classificadas como impróprias para cultivo de espécies anuais e apropriadas para culturas perenes (pastagens e/ou reflorestamento). São áreas que possuem problemas relacionados há afloramento de rochas e encharcamento, sendo necessária a aplicação de práticas para controle de erosão.

Zona V - São terras classificadas como impróprias e não cultiváveis apresentam limitações e restrições de uso, sofrem com processos de erosão severa, escassez de umidade e declive acentuado, necessitando de práticas de conservação e manejo intensivo.

Zona VI - São terras classificadas como impróprias para qualquer tipo de cultura, floresta e produção econômica. São áreas que possui e alto declive, pedregosas, arenosas, severamente erodidas, deficiente em retenção de umidade, ou seja, áreas nutritivamente pobres com função apenas de abrigo para a vida silvestre, recreação e armazenamento de água.

### **2.2.9 Usos e cobertura da terra**

Foi utilizada a imagens referentes ao satélite LandSat 8, sensor OLI/TIRS bandas 4, 6 e 7, com data de passagem em 08 de março de 2016, referentes a orbita 220/75. A classificação dos usos e ocupações do solo foi baseada no sistema multinível de classificação proposto pelo manual técnico de Uso da Terra (IBGE, 2013), que em um nível hierárquico primário (I), considera quatro

classes que apresentam as principais categorias da cobertura terrestre (escala ampla – nacionais ou inter-regionais) e um nível hierárquico secundário (II), um detalhamento mais sensível e minucioso da cobertura e o uso da terra em uma escala local.

A classificação proposta pelo manual técnico de Uso da Terra ainda contempla um terceiro nível hierárquico (III), onde explica-se os usos do solo (Tabela 11), sendo estes utilizados para aplicação dos Índice de Qualidade Ambiental dos Recurso Hídricos.

Tabela 11 - Descrição das classes de uso e cobertura da terra

Classe (I)	Tipo (II)	Descrição (III)
Área Antrópica não Agrícola	Áreas urbanizadas	Área de adensamento urbano e áreas com instalações rurais (industriais e domiciliares)
Área Antrópica Agrícola	Cana-de-açúcar	Área de cultivo de <i>Saccharum officinarum L.</i>
	Citricultura	Área de cultivo de <i>Citros sinensis.</i>
	Pastagens	Área com predomínio de vegetação herbácea (nativa ou exótica), utilizada para pecuária extensiva.
	Silvicultura	Área de cultivo homogêneo de <i>Eucalyptus spp</i> ou <i>Pinus spp.</i>
	Solo exposto	Área de pousio do solo para cultivo de <i>Saccharum officinarum L.</i>
Vegetação Natural	Vegetação Nativa	Área com predomínio de vegetação arbustiva/arbórea.
Água	Corpos hídricos	Rios de grande porte, lagos, lagoas e represas.

Fonte: TREVISAN (2015).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com base nas categorias pré-estabelecidas na metodologia, foram gerados os mapas de cada uma das camadas de informações (Figuras 3A, 3B,3C,3D,3E,3F, 3E e 3G) e com detalhes das classes pedológicas (Tabelas 12 e 13), Declividade (Tabela 14), Risco de Inundação (Tabela 15) e Relevo de Inundação (Tabela 16), os quais foram utilizados para geração do mapa de Zoneamento Agrossilvipastoril.

Os solos encontrados para a área de estudo foram o Latossolo Vermelho Amarelo e Argissolo Vermelho Amarelo, os quais possuem textura média, apresentando certo equilíbrio entre os teores de areia, silte e argila. Normalmente, apresentam boa drenagem, boa capacidade de retenção e, portanto, não necessitam de cuidados especiais, adequando-se a todos os métodos de irrigação.

Tabela 12 - Classe Pedológicas e Fator K

Tipo de Solo	Textura	Característica	Fator K	Peso K
Latossolo Vermelho Amarelo	Textura Média no Horizonte B	Álico	1,294	2
Latossolo Vermelho Amarelo	Textura Média no Horizonte B	Álico	1,218	2
Argissolo Vermelho Amarelo	Textura Média no Horizonte B	Álico	0,964	3

Fonte: Os autores

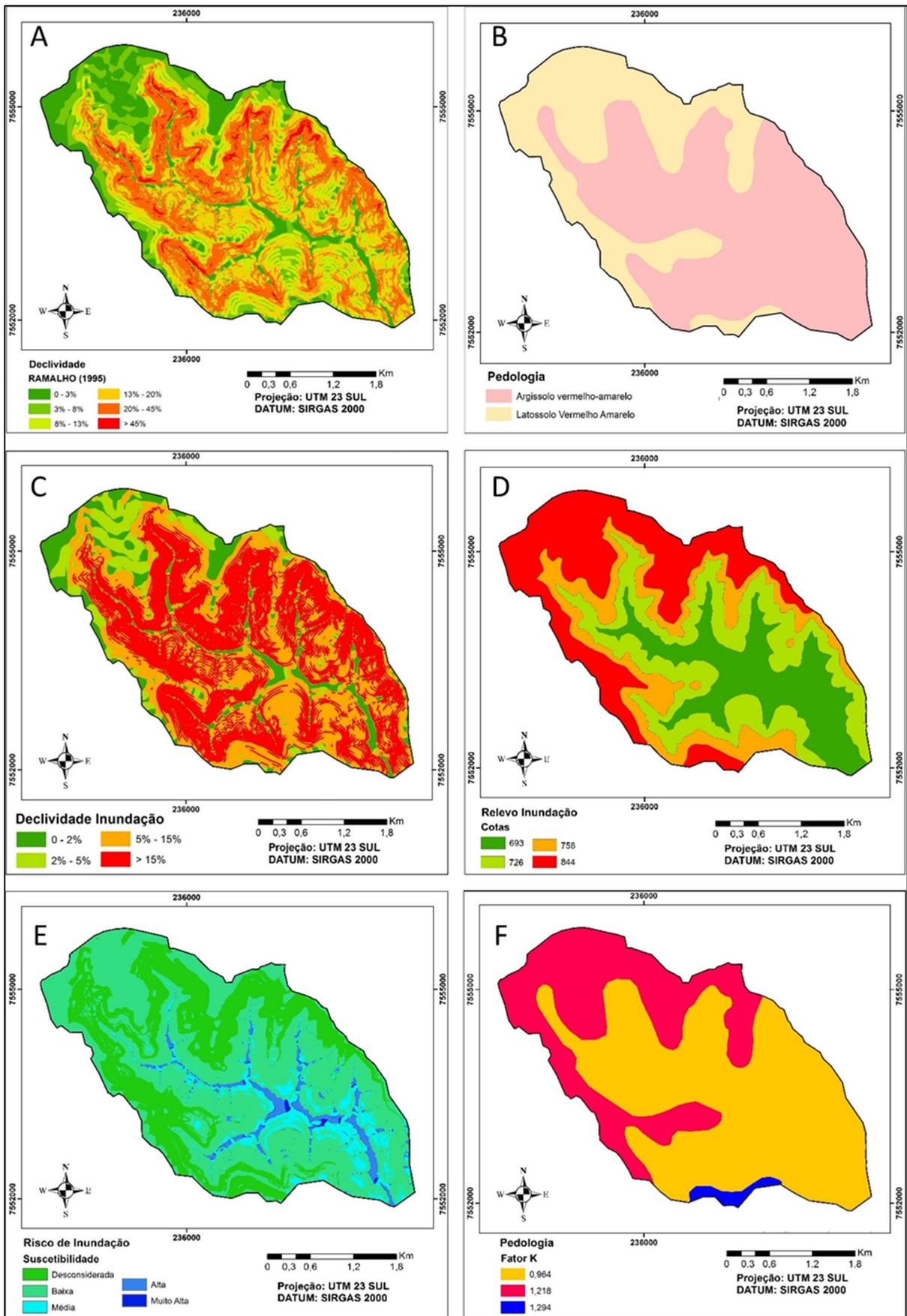
A profundidade desses solos é de médio a muito profundos que são caracterizadas nos primeiros 2 m de profundidade ou dentro dos primeiros 3 m de profundidade caso o horizonte A apresente espessura maior que 0,50 m.

Tabela 13 - Classe Pedológicas, Fertilidade e Fragilidade

Tipo de Solo	Peso Fertilidade	Peso Fragilidade	Profundidade	Peso Profundidade	Área	%
Latossolo Vermelho Amarelo	5	2	Muito Profundo	1	18,95	2
Latossolo Vermelho Amarelo	5	2	Muito Profundo	1	436,81	35
Argissolo Vermelho Amarelo	5	4	Médio	2	789,32	63

Fonte: Os autores

Figura 3 - Mapas utilizados no desenvolvimento do Zoneamento Agrossilvipastoril



Fonte: Os autores.

A análise da declividade permite constatar as áreas maiores que 45°. Em muitos casos, a topografia do terreno, especialmente a declividade é o principal condicionador de atividades desenvolvidas, principalmente relacionadas as atividades agrícolas.

Cerca de 89% do município apresenta condições para a prática de agricultura intensiva com o auxílio de maquinário, devido a característica de áreas com relevos planos e ou com suaves ondulações. Como é observado 15% está nas classes de 0 a 3°, 13% nas de 3 a 8°, 18% nas de 8 a 13° e 24% nas de 13 a 20°, totalizando 70%.

Tabela 14 - Classe de Declividade

Declividade	Peso	Área (ha)	%
0-3	1	189,20	15%
3-8	2	165,37	13%
8-13	3	222,81	18%
13-20	4	294,49	24%
20-45	5	345,63	28%
>45	6	27,58	2%

Fonte: Os autores

Algumas áreas apresentam-se com alto risco de inundação, principalmente em áreas relacionadas aos corpos hídricos, com áreas alagadas.

Tabela 15 - Classes de Risco de Inundação

Suscetibilidade	Peso	Área (ha)	%
Desconsiderado	1	370,61	30
Baixa	2	706,79	57
Média	3	110,88	9
Alta	5	46,69	4
Muito Alta	6	9,83	1

Fonte: Os autores

As áreas relacionadas ao relevo e inundação apresentam-se interligadas, as áreas próximas os corpos hídricos possuem baixas declividades e as áreas mais distantes aos corpos hídricos apresentam declividade mais acentuadas.

Tabela 16 - Classes de Relevo e Inundação

Altitude	Peso	Área	%
693	1	269,38	22
726	2	350,97	28
758	3	234,78	19
844	4	389,95	31
Declividade Inundação			
Declividade	Peso	Área	%
0-2	1	137,43	11
2-5	2	122,45	10
5-15	3	412,4	33
>15	4	572,78	46

Fonte: Os autores

### 3.1 Zoneamento Agrossilvopastoril

A partir do agrupamento das informações foi possível a geração da delimitação das zonas para o Zoneamento Agrossilvopastoril na bacia hidrográfica (Figura 4), faz-se necessário evidenciar que não foi encontrado Classes V e VI, pois, toda a região foi considerado como de utilização dentro da delimitação do zoneamento.

A área disponível para cultivo (Tabela 17) sem restrição (Zona I) está demarcada em toda área Noroeste, Norte e Oeste da bacia, sendo um local onde o solo é propício para o cultivo a partir das análises efetuadas. Porém é necessário ressaltar que essa área se caracteriza por estar em um platô, por conta da sua disposição espacial em função da altitude.

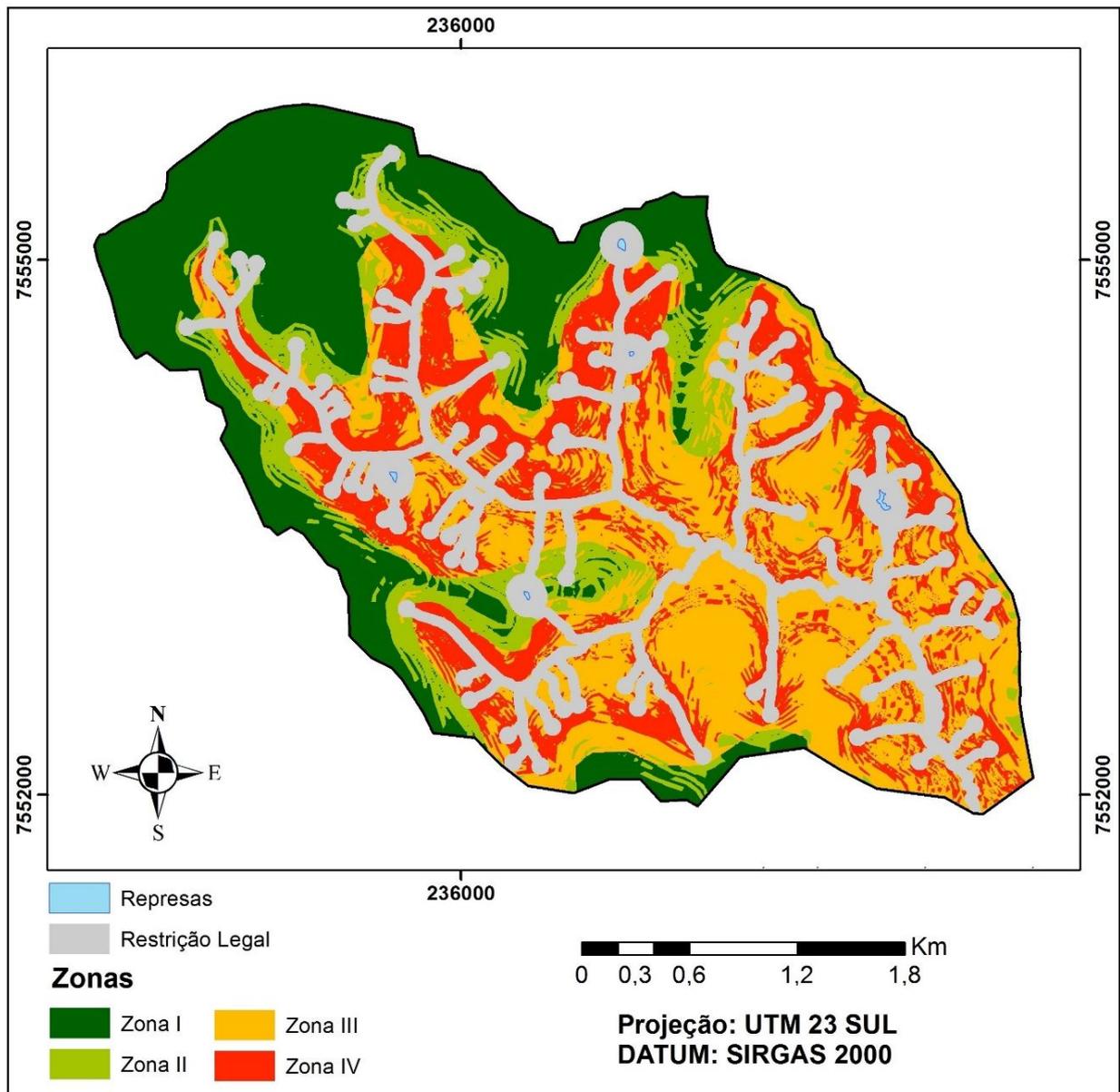
Tabela 17 - Zoneamento Agrossilvopastoril

Tipo	Área (Ha)	Valor em Fuzzy	Porcentagem
Classe I	291	0 – 0,166	23,37
Zona II	130	0,166 – 0,332	10,44
Zona III	336	0,332 – 0,498	26,99
Zona IV	229	0,498 – 0,664	18,39
Restrição Legal	258	-	20,72
Represas	1	-	0,08

Bacia	1.245	-	100,00
-------	-------	---	--------

Fonte: Os autores

Figura 4: Zoneamento Agrossilvopastoril



Fonte: Os autores

É, dessa forma, definido um total de 34% da bacia disponível para práticas agrícolas e de rápido interesse do agronegócio. Dessa forma, há um potencial poluidor a ser estudado por conta dos corpos hídricos localizados na região central da bacia, que recebera a água do escoamento superficial com todo material carregado pela chuva.

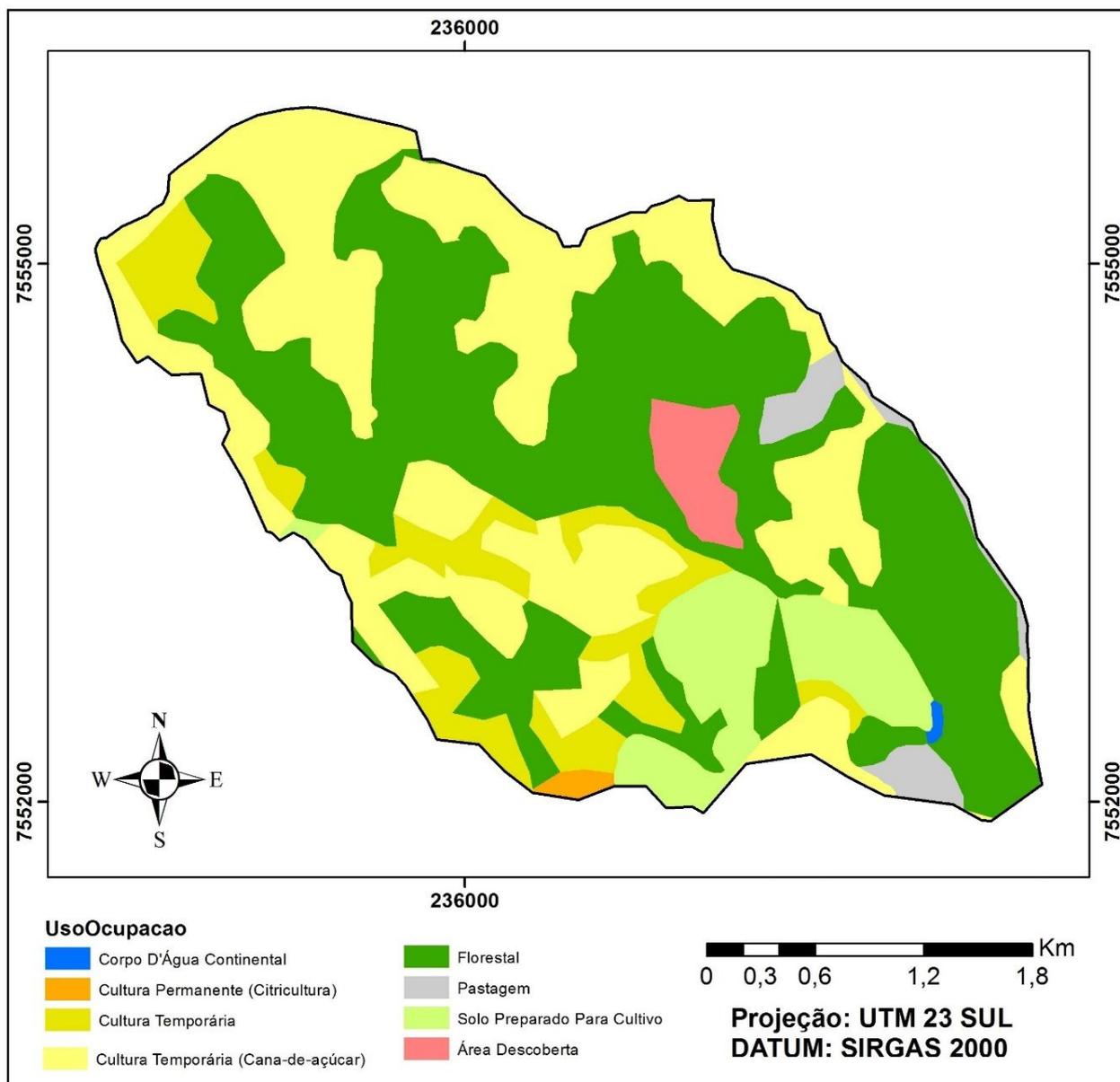
Nas áreas de Zona II, que demandam certo manejo para as práticas agrícolas, temos 10% do território inserido. Nota-se que essa condição pode estar relacionada com o início do aumento da declividade, obrigando o agricultor a utilizar técnicas que possibilite o manejo e plantio nessas áreas.

No entanto, a medida que a agricultura caminha em direção às áreas de alta declividade, os investimentos necessários para manter o negócio deverão aumentar. Por esse fato, apesar da Zona III ser considerada própria para o cultivo, ela não foi inserida, na análise, como áreas disponíveis para práticas agrícolas.

A maior parte da área de estudo se encontra com algum tipo de restrição ou limitação para o uso da área. Essa restrição pode ser legal ou financeira, uma vez que as áreas de Zona III e IV demandam investimentos elevados ou culturas temporárias.

É relevante também as áreas que, segundo o Novo Código Florestal (Lei nº12.651/12), deveriam estar restringidas para preservação permanente por estarem próximas a corpos hídricos. Observado o Uso e Ocupação (Figura 5) da bacia, é possível detectar uma Alta presença (66,54%) de cana-de-açúcar nas áreas identificadas como Zona I e II (locais devidamente aptos para consumo). É visível a presença, também, de área Florestal (18,02%) e outras culturas temporárias (9,08%).

Figura 5 - Uso e Ocupação para o ano de 2016



Fonte: Dos autores.

As Classes III e IV possuem uma cobertura de 47,84% de área Florestal, 21% de Cana-de-açúcar e 14% Solo preparado para cultivo. Com isso, as Áreas Antrópicas Agrícolas citadas ocupam 35% do território com consideráveis limitações para as atividades agrícolas.

Em áreas de restrição legal, foi encontrada uma cobertura de 77,94% de área Florestal (Tabela 18). No entanto, apesar da extensa área Florestal, ainda há presença de áreas antrópicas na área, principalmente Cana-de-açúcar (8,32%) e outras culturas temporárias (9,21%).

425

Tabela 18: Área de cobertura do Uso e Ocupação (2016)

Classes	Tipos	Área	Porcentagem
Corpo Hídrico	Corpo D'Água Continental	1,50	0,12
Área Antrópica Agrícola	Solo Preparado Para Cultivo	101,50	8,15
Área Antrópica Agrícola	Pastagem	30,00	2,41
Área de Vegetação Natural	Florestal	548,10	44,02
Área Antrópica Agrícola	Cultura Temporária (Cana-de-açúcar)	420,50	33,77
Área Antrópica Agrícola	Cultura Temporária	109,60	8,80
Outras Áreas	Área Descoberta	28,80	2,31
Área Antrópica Agrícola	Cultura Permanente (Citricultura)	5,20	0,41
Área Total	Área Total	1.245,10	100,00

Fonte: Os autores

O cenário observado para a bacia hidrográfica, com avanço das áreas agrícolas é semelhante a estudos realizados com esta temática (Moraes et al., 2013; Rudorff et al., 2010; Fisher, 2008; Coelho et al., 2007; Criuscuolo, 2006, Trevisan, 2015; Trevisan & Moschini, 2015) as quais também evidenciaram a supressão de áreas de vegetação nativa além da substituição por outras práticas agrícolas.

As áreas de vegetação nativa apresentam-se fragmentadas ao longo da área de estudo apresentando de 44%, representando uma área 548,10ha. Esses fragmentos imersos na matriz agrícola estão em sua maioria associados a corpos hídricos, ou seja, Áreas de Preservação Permanente (APP). Essas áreas de vegetação nativa evidenciadas, foi semelhante aos estudos realizados por Mello, (2014); Trevisan, (2011), Moschini, (2005); Cintra (2004), os quais analisaram as fitofisionomias de Cerrado e Floresta Estacional Semidecidual, tipos vegetacionais presente na área de estudo.

#### **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Ao se analisar o mapa de Declividade e de Zoneamento Agrossilvopastoril, viu-se que uma grande área de produção de cana-de-açúcar está presente na área de Zona IV. Isso significa que é uma produção em local impróprio, pois existe uma elevação do solo considerável nas áreas de monocultura, exclusivamente de cana de açúcar, dentro da bacia do referente estudo.

Uma alternativa para esses problemas é a implantação de outro tipo de cultura, aproveitando melhor o espaço e impactando menos os recursos naturais e a biodiversidade ali presente. A Agricultura Familiar e o Sistema Agroflorestal são novas técnicas de agricultura que vem se desenvolvendo no país e que traz uma filosofia de maior preservação do meio natural e produção orgânica de alimentos. Focando a melhor utilização do solo e a distribuição mais igualitária das terras e da renda que elas geram.

Assim, os problemas sociais que podem ocorrer na cidade e, principalmente, os problemas ambientais podem ser revertidos e evitados, para que se tenha uma cultura sustentável e pouco impactante naquele local. Considerando que o equilíbrio entre ambiente e desenvolvimento parece ser a principal estratégia para assegurar a sustentabilidade ecológica, tornando-se essencial considerar as necessidades humanas em relação à capacidade suporte dos ecossistemas (SATO; SANTOS, 1999).

#### **5. AGRADECIMENTOS**

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) Proc.: 2015/19918-3 pelo apoio na realização do trabalho.

### **ZONING AGROSILVOPASTORAL IN HYDROGRAPHIC BASIN OF THE SERRINHA STREAM IN SANTA CRUZ DA CONCEIÇÃO-SP CITY**

#### **ABSTRACT**

427

There are several actions related to environmental planning aimed at managing the planning of the anthropic uses. Among these methods highlights the agrosilvopastoral Zoning, suggesting places for a better use and land occupation. Thus, the aim of this study was the agrosilvopastoral Zoning of the hydrographic basin of Serrinha Santa Cruz da Conceição and compare this zoning with use and land cover in 2016, with the use of Geographic Information Systems. The integration of information takes place by Arcgis® software, through the use of fuzzy logic, generating equiparativas classes of data analyzed, resulting in the map agrosilvopastoral zoning of the study area. By relating this map product with the use and occupation of the city in 2016, it is possible to identify irregularities in the occupation of use and land.

**Key words:** Spatial planning; use and land occupation; use and land capacity.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, F. C. **Reforma Agrária e Gestão Ambiental: Encontros e Desencontros**,2006. 242f. Dissertação de (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável) UNB: Centro de Desenvolvimento Sustentável - Brasília/DF,2006.

BERTONI, J; LOMBARDI, F. N. Conservação do Solo. São Paulo: **Ícone**, 6° edição, 2008.355p.

BRASIL. República Federativa do Brasil. **Código Florestal de 2012**. Disponível em: <[www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm) > Acesso em 22 de setembro de 2016.

BRASIL. República Federativa do Brasil. **LEI Nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Disponível em: <[www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm)> Acesso em 22 de setembro de 2016.

CALDERANO FILHO, B.; SANTOS, H.G. dos S.; FONSECA, O.O.M. da PRIMAVESI, O.; PRIMAVESI, A.C. Os Solos da Fazenda Canchim, Centro de Pesquisa de Pecuária do Sudeste, São Carlos, SP: Levantamento Semidetalhado, Propriedades e Potenciais. Rio de Janeiro: **EMBRAPA**. 1998, 95p.

CINTRA, R. H. Análise qualitativa e quantitativa de danos ambientais com base na instauração e registros de instrumentos jurídicos. IN: Santos, J. E.; Zanin, E. M.; Moschini, L. E. (Ed.). **Faces da polissemia da paisagem: ecologia, planejamento e percepção**. São Carlos, SP, Rima, 2004

COELHO, A. T.; GUARDABASSI, B.A.L.; MONTEIRO, B.C.A.; GORREN, R. A Sustentabilidade da expansão da cultura canvieira. **Cadernos Técnicos da Associação Nacional de Transportes Públicos**, São Paulo, v. 6, p. 1-13, 2007.

CRIUSCUOLO, C. **Dinâmica de uso e cobertura das terras na região nordeste do Estado de São Paulo**. Campinas, SP: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2006. p. 70.

CRIVELENTI, R.C. **Zoneamento Ecológico e Econômico do Município de Altinópolis, SP**. Disponível em:

428

<repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/123718/000826337.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Acesso em 22 de setembro de 2016.

DA HORA, S.B., GOMES R.L. **Mapeamento e avaliação do risco a inundação do Rio Cachoeira em trecho da área urbana do Município de Itabuna/BA**. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/sn/v21n2/a05v21n2.pdf>> Acesso em 22 de setembro de 2016.

ESCADA, M. I. S. **Aplicação de técnica Fuzzy em SIG como alternativa para o zoneamento ecológico econômico (ZEE)**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1998, 26p.

IBGE. Instituto Brasileiro de geografia e Estatística. **Censo agropecuário: 2006**: Brasil, grandes regiões e unidades da federação: segunda apuração, Rio de Janeiro IBGE, 2012. Disponível em <[www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/2006\\_segunda\\_apuracao/](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/2006_segunda_apuracao/)> Acesso em 22 de setembro de 2009.

IBGE. Instituto de Geografia e Estatística. **Manual Técnico de Uso da Terra 3ª Edição**. 2013. Disponível em: <[www.ibge.gov.br/home/geociencias/recursosnaturais/usodaterra/manual\\_usodaterra.shtml](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/recursosnaturais/usodaterra/manual_usodaterra.shtml)> Acesso em: 31 de maio de 2015

LIMA, S. L.. **Apostila**: Conservação do Solo. 1994; Faculdade de Ciências Agrônomicas - Departamento de Ciências do Solo, 26p.

MORAES, M. C. P. **Dinâmica da paisagem da zona de amortecimento do Parque Estadual de Porto Ferreira**, SP. 2013. 92f. Dissertação (Mestrado em Sustentabilidade na Gestão Ambiental) - Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2013.

MOSCHINI, L. E. **Diagnóstico e riscos ambientais relacionados à fragmentação de áreas naturais e seminaturais da paisagem: estudo de caso, município de Araraquara, SP**. 2005. 88 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2005.

MOSCHINI, L. E. **Zoneamento ambiental da Bacia Hidrográfica do Médio Mogi-Guaçu Superior**. 2008. 132 p. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2008.

ROSS, J.L.S. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais Antropizados. **Revista do departamento de Geografia – USP**, p.1-13, 1994.

RUDORFF, B. F. T.; AGUIAR, D.A.; SILVA, W.F.; SUGAWARA, L.M.; ADAMI, M.; MOREIRA, M.A. Studies on the rapid expansion of sugarcane for ethanol production on São Paulo State (Brazil) using Landsat Data. **Remote Sensing**, v. 2, n. 4, p. 1057-1076, 2010.

SANTOS, R.F. **Planejamento Ambiental**: Teoria e Prática, 2004, 162p.

SATO, M.; SANTOS. J. E Agenda 21 em sinopse. 1.ed. São Carlos: **EduUFSCar**, 1999, 60p.

429

SILVA, F.G.B.; MINOTTI, R.T.; NETO, F.L.; PRIMAVESI, O.; CRESTANA, S. Previsão de perda de solo na Fazenda Canchim –SP (EMBRAPA) utilizando o geoprocessamento e o USLE 2D. **Eng Sanit Ambient.** v.15, n.2, p.141-148, abr/jun 2010.

TRENTIN, R., PRIMA, B.Z. **Metodologia para mapeamento de áreas suscetíveis a inundação: Estudo de Caso para o Município de Jaguari - RS.** Disponível em: <[www.cartografia.org.br/cbc/trabalhos/1/274/CT01-9\\_1403562395.pdf](http://www.cartografia.org.br/cbc/trabalhos/1/274/CT01-9_1403562395.pdf)> Acesso em 22 de setembro de 2016.

TREVISAN, D. P. **Análise das variáveis ambientais causadas pelas mudanças dos usos e cobertura da terra do município de São Carlos, São Paulo, Brasil.** São Carlos, 2015. 80 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2015.

TREVISAN, D. P.; MOSCHINI, L. E.; LOCATELLI, E. T.; OGEDA, R.A.; DOS SANTOS, R.M.; PINATTI, J.M. Análise multitemporal do uso e cobertura vegetal do município de Ibaté (SP) IN: 9ª Jornada Científica e Tecnológica da UFSCAR, 2011, São Carlos, **Anais.** São Carlos, UFSCAR, 2011, p.1-1.

TREVISAN, D. P.; MOSCHINI, L. E. Dinâmica de Uso e Cobertura da Terra em Paisagem no Interior do Estado de São Paulo: Subsídios para o planejamento. **Fronteiras: journal of social, technological and environmental science**, v. 4, p. 16-30, 2015.