



AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL DE SÃO CARLOS – SP

EVALUATION OF THE ENVIRONMENTAL VULNERABILITY OF SÃO CARLOS – SP

Diego Peruchi Trevisan¹; Luiz Eduardo Moschini²; Lívia Caroline César Dias³; Juliano Costa Gonçalves⁴

RESUMO

A análise das paisagens em seu contexto geográfico local e regional, tanto quanto os estudos das estruturas tipicamente urbanas ecológicas são essenciais para o estabelecimento de formas de crescimento compatíveis com as metas de desenvolvimento sustentável. Essa realidade revela a importância de um planejamento adequado do território. Desta forma, o presente estudo teve o objetivo de avaliar a vulnerabilidade ambiental em São Carlos-SP. Foram utilizados Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) para mapear o uso e cobertura da terra, a declividade, a geologia e a pedologia, os quais deram suporte para aplicação do índice de Vulnerabilidade ambiental. As classes de baixa vulnerabilidade ambiental correlacionaram-se com as áreas de menores riscos aos efeitos da ocupação antrópica e as classes de alta vulnerabilidade ambiental correlacionaram-se com as áreas de altos riscos aos efeitos da ocupação antrópica. O grau de vulnerabilidade ambiental identificou principalmente valores baixos e médios de vulnerabilidade. O balanceamento dos pesos atribuídos as diferentes características da paisagem contribuíram de forma correlacionar os diversos compartimentos da paisagem sem considerar que uma ou outra característica possuiu maior influência em sua vulnerabilidade ambiental. As características ambientais de São Carlos contribuem para seu estado de vulnerabilidade que é potencializada principalmente pelas características econômicas ligadas as atividades agrícolas existentes na região.

Palavras chave: Análise de paisagens; conservação dos recursos naturais; ecologia de paisagem; São Carlos – SP; Vulnerabilidade ambiental.

ABSTRACT

The analysis of landscapes in their local and regional geographic context, as well as the studies of typically urban and ecological structures are essential for the establishment of forms of growth compatible with the goals of sustainable development. This reality reveals the importance of proper land planning. Thus, the present study had the objective of evaluating the environmental vulnerability in São Carlos-SP. Geographic Information Systems (GIS) were used to map the use and land cover, slope, geology and pedology, which supported the application of the Vulnerability Index. The classes of low environmental vulnerability correlated with the areas of lower risks to the effects of anthropic occupation and the classes of high environmental vulnerability correlated with areas of high risks to the effects of anthropic occupation. The balance of the weights attributed to the different characteristics of the landscape contributed in a way to correlate the various compartments of the landscape without considering that one or another characteristic has a greater influence on its environmental vulnerability. The degree of environmental vulnerability identified mainly low and average values of vulnerability. The environmental characteristics of São Carlos contribute to its state of vulnerability that is potentialized mainly by the economic characteristics linked to the agricultural activities existing in the region.

Keywords: Landscape analysis; conservation of natural resources; landscape ecology; São Carlos –SP; environmental vulnerability.

Recebido em: 01/02/2017

Aceito em: 06/11/2017

¹ Universidade Federal de São Carlos, São Carlos/SP, email: diego.peruchi@gmail.com

² Universidade Federal de São Carlos, São Carlos/SP, email: lemoschini@ufscar.br

³ Universidade Federal de São Carlos, São Carlos/SP, email: diasclivia@gmail.com

⁴ Universidade Federal de São Carlos, São Carlos/SP, email: juliano@ufscar.br

AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL DE SÃO CARLOS - SP

1. INTRODUÇÃO

A modernização dos processos produtivos concomitante com a urbanização e o aumento populacional resultaram na apropriação e manipulação do espaço geográfico. As ações humanas com intuito de desenvolvimento econômico resultam em impactos negativos tanto para o funcionamento da natureza quanto para os seres humanos (BURSZTYN, 2001, p.180).

Nas diversas regiões do planeta é habitual a presença de áreas naturais substituídas por áreas urbanas (CORRÊA, 2003, p.25). Como consequência, observa-se alterações negativas nos ecossistemas naturais, comprometendo os bens e serviços proporcionados por estes (UNIÃO EUROPÉIA, 2010, p.01).

Estes devem motivar a conservação da natureza diante das pressões econômicas crescentes sobre o ambiente natural. Mesmo que a avaliação socioeconômica dos mesmos seja um processo difícil (SANTOS et al., 2001, p.173) e que ainda não é incorporado na atividade econômica convencional baseada na análise de mercado.

Desta forma, torna-se fundamental a análise das paisagens em seu contexto geográfico local e regional e o estudo das estruturas urbanas ecológicas e agrícolas, visando o estabelecimento de formas de crescimento e de adensamento compatíveis com as metas de desenvolvimento sustentável (OLIVEIRA et al., 2004, p.590).

Essa realidade revela a importância de um planejamento adequado do território, objetivando a melhoria da qualidade ambiental e urbana, valorizando as funcionalidades ambientais dos ecossistemas (PICKETT et al., 2001, p.134).

Entre os diversos métodos de análise que contribuem para o planejamento ambiental e urbano, a modelagem ambiental vem se firmando como um excelente método para a obtenção de conhecimento, geração de hipóteses e análise das paisagens. Entre as principais abordagens entre os modelos, estão temas como questões populacionais, efeitos de fragmentação de paisagens, vulnerabilidade ambiental, importância de corredores ecológicos, mudanças

de uso e cobertura da terra e conectividade das paisagens.

Neste contexto, os índices utilizados nas modelagens ambientais apresentam-se como importantes ferramentas para caracterização das paisagens. Tais índices atuam como indicadores que fornecem informações sobre as características e condições de uma determinada área geográfica, dentro de uma amplitude de informações diretamente ligadas aos objetos de estudo (OCDE, 2002, p.10).

A vulnerabilidade ambiental é definida como o inverso da capacidade da paisagem de absorver possíveis alterações sem perda da qualidade. Os estudos sobre esta temática tornam-se cada vez mais necessários, pois permitem obter informações em curto espaço de tempo sobre estrutura da paisagem tendo em vista suas características, utilizadas na elaboração de estratégias de manejo de paisagens (RITTERS et al., 1995, p.25; STEFFEN et al., 2004, p.225).

Para que o planejamento ambiental possa incorporar a análise da vulnerabilidade ambiental é necessário um estudo integrado de seus elementos, objetivando definir as áreas que requerem maior proteção ou que apresentam maiores restrições e, sobretudo, que necessitam de ações diferenciadas para a gestão por parte dos órgãos públicos (TROMBETA et al., 2014, p.160).

Neste âmbito, diversos autores têm desenvolvido índices e medidas descritivas dos padrões espaciais das paisagens (BRASIL, 2007, p.131; CARRIJO, 2005, p.95; GRIGIO, 2003, p.175; LORENA et al., 2001, p.1654).

Nessa perspectiva, os Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) têm facilitado estas análises e as atividades relacionadas à caracterização, ao diagnóstico e ao planejamento ambiental e urbano, auxiliando em tarefas como a simulação do espaço geográfico e de seus processos naturais, na integração de informações espaciais (RIBEIRO, 1999, p.77).

Diante destas considerações, o objetivo deste trabalho consiste em analisar a vulnerabilidade ambiental da paisagem do

AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL DE SÃO CARLOS - SP

município de São Carlos (SP) utilizando técnicas de geoprocessamento.

administrativa central do estado de São Paulo (IGC, 2017, p.01), entre as coordenadas 22°09'39" e 21°35'50" de latitude sul e 48°05'27" e 47°43'09" de longitude oeste (Figura 1) e área de 1.140 km² (IBGE,2017, p.01).

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo, compreende o município de São Carlos, localizado na região

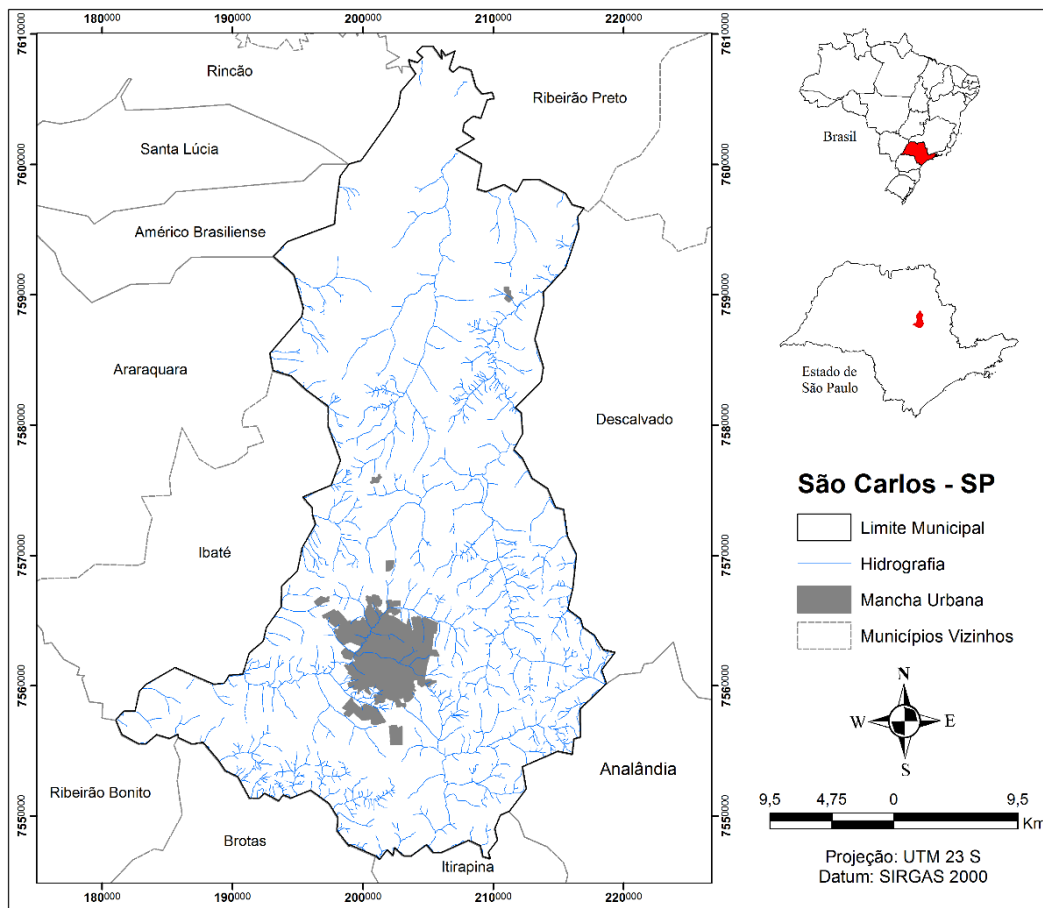


Figura 1 - Localização geográfica do município de São Carlos (SP).

O município possui população de 230.890 habitantes (densidade demográfica de 203 habitantes por km²), com grau de urbanização de 96,00% e taxa de crescimento anual da população em 1,02 (SEADE, 2017, p.01).

O clima caracteriza-se como tropical de altitude com inverno seco, relevo de planalto e bioma de Cerrado. A temperatura média aproxima-se de 21,12°C e média mensal pluviométrica de 118,56mm num, totalizando 1.422,8mm anuais (CEPAGRI, 2017, p.01).

São Carlos apresenta características de desenvolvimento consolidadas, com elevado grau

de urbanização e altos potenciais industriais e agrícolas, entretanto o município está inserido nas regiões de Mata Atlântica e o Cerrado que são dois hotspots de biodiversidade. Desta forma São Carlos-SP torna-se uma área com alto potencial para análise das vulnerabilidades ambientais, principalmente relacionadas aos potenciais impactos das atividades humanas sobre os ecossistemas naturais.

2.2 METODOLOGIA

As informações de declividade, pedologia, geologia e uso e cobertura da terra

AValiação DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL DE SÃO CARLOS - SP

foram utilizadas na realização do cálculo do índice de vulnerabilidade ambiental. Todo o plano de informação foi georreferenciado no sistema de projeção geográfica Universal Transversa de Mercator (UTM) Fuso 23 Sul, datum SIRGAS 2000.

Para delimitação do município de São Carlos foi utilizada a malha digital dos municípios brasileiros, situação 2015, adquirida da base de dados digitais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

O mapa de declividade foi elaborado a partir das isolinhas presentes nas cartas planialtimétricas do IBGE. Para esta delimitação foram utilizadas as cartas planialtimétricas do IBGE na escala 1.50.000, folhas: SF-22-Z-B-III-2, SF-23-V-C- IV-1, SF-23-V-C- IV-3, SF-23-Y-A- I-1, SF-23-V-C- IV-2, SF-23-V-C-IV-4 e SF-23-Y-A-I-2. As isolinhas foram agrupadas em classes altimétricas de 20 em 20 metros, modeladas pela função "FACE SLOPE" presente no SIG ArcGis10.2.2 e posteriormente categorizadas de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1 - Categorias hierárquicas das classes de declividade.

Declividade	Peso
Declividades até 6% (formas de topos planos com drenagem de fraco entalhamento)	1:Muito Fraca
Declividades entre 6 e 12% (forma de topos planos ou ligeiramente convexizados com canais de drenagem de fraco entalhamento)	2:Fraca
Declividades entre 12 a 20% (formas de topos convexos de pequena dimensão Inter fluvial e canais pouco entalhados e formas de topos convexos ou planos de dimensão interfluvial pouco maior e canais mediamente entalhados)	3:Média
Formas com topos planos e convexos e amplos com canais de forte entalhamento. Declividades entre 20 a 30%	4: Alta
Declividades acima de 30% (formas de topos aguçados ou convexos de dimensão interfluviais de média a pequena e forte entalhamento dos canais)	5:Muito alta

Fonte: ROSS (1994, p.66).

A informações geológicas foram obtidas por meio da Carta Geológica de São Carlos elaborada por Muro (2000, p.50), na escala 1:50.000, em formato analógico. As

informações analógicas foram convertidas para o formato digital no *software ArcGis 10.2.2* e categorizadas de acordo com a Tabela 2.

Tabela 2 - Categorias hierárquicas de geologia.

Geologia	Peso
Derrames Basálticos (Juro-Cretáceo)	2:Fraca
Diques e Sills (Juro-Cretáceo)	2:Fraca
Formação Botucatu (Jurássico)	3:Média
Formação Piramboia (Triássico-Jurássico)	3:Média
Aluviões (Holoceno)	3:Média
Grupo Bauru (Cretáceo-Superior)	3:Média

Fonte: Adaptado de Silva (2014, p.70).

As informações pedológicas foram obtidas por meio da Carta de Solos, folhas SF-23-V-C-IV, SF-23-Y-A-I e SF-22-X-D-VI, elaboradas

pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC,1981, p.01), na escala 1:50.000. As informações analógicas foram convertidas para o

AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL DE SÃO CARLOS - SP

formato digital no software ArcGis 10.2.2 e categorizadas de acordo com a Tabela 3.

Tabela 3 - Categorias hierárquicas de solos.

Pedologia	Peso
Latossolo Vermelho, Latossolo Vermelho Amarelo.	1:Muito Fraca
Nitossolo Vermelho	3:Média
Argissolos Vermelho Amarelo, Cambissolo	4: Alta
Gleissolo Háplico, Neossolo Quartzarênico, Neossolos Litólicos.	5: Muito alta

Fonte: ROSS (1994, p.68).

A classificação dos usos e cobertura da terra foi baseada no sistema multinível de classificação do uso da terra proposto pelo IBGE (2013, p.05). Adotou-se o terceiro nível hierárquico que explicitou as nomenclaturas dos diferentes usos da terra.

As informações foram realizadas por meio da análise da imagem do satélite *LandSat 8* – sensor OLI/TIRS referente à órbita/ponto 220/75 com data de passagem em 21 de setembro de 2013. Os tipos de uso e cobertura da terra foram categorizados de acordo com a Tabela 4.

Tabela 4 - Categorias hierárquicas de uso de cobertura da terra.

Uso e cobertura da terra	Peso
Florestas – Matas naturais, Florestas cultivadas com biodiversidade	1:Muito Fraca
Formações arbustivas naturais com estrato herbáceo denso	2:Fraca
Cerrado denso, Capoeira, Mata homogenia, Pastagem cultivada com baixo pisoteio de gado	3:Média
Cultivo de ciclo longo em curvas de nível como café, laranja, cana, silvicultura	4: Alta
Áreas desmatadas e queimadas recentemente, solo exposto, terraplanagem	5:Muito alta

Fonte: adaptado de ROSS (1994, p.68-69).

O conceito de vulnerabilidade abordado neste estudo refere-se à capacidade do ambiente em absorver impactos, principalmente relacionados as atividades antrópicas, considerando a inter-relação dos aspectos físicos e naturais das paisagens com os aspectos antrópicos, como os usos da terra. De acordo Ross (1994, p.66) este conceito de vulnerabilidade contribui nas tomadas de decisões a fim de minimizar a implantação de ocupações indevidas (ROSS,1994, p.66).

Conforme as características de cada parâmetro analisado, foi atribuído um peso de acordo com as especificidades de cada compartimento. As áreas foram reclassificadas de acordo com o grau de vulnerabilidade dentro do intervalo de 1 a 5 (1: Muito Fraca, 2: Fraca, 3: Média, 4: Alta e 5: Muito alta).

Por meio desta reclassificação foi aplicado o índice de vulnerabilidade ambiental (IVA), correlacionado a função *raster calculator* disponível no *software* ArcGis 10.2.2, de acordo com o proposto por Tagliani (2002, p.1559):

$$IVA = \frac{(Geologia + Pedologia + Declividade + Usos e cobertura da terra)}{4}$$

Onde: 1: Baixa; 2: Baixa a média; 3: Média; 4: Alta; 5: Muito alta.

As classes de baixa vulnerabilidade ambiental correlacionaram-se com as áreas de

menores riscos aos efeitos da ocupação antrópica e as classes de alta vulnerabilidade ambiental

AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL DE SÃO CARLOS - SP

correlacionaram-se com as áreas de altos riscos aos efeitos da ocupação antrópica.

3.RESULTADOS E DISCUSSÃO

As declividades (Figura 2 e Tabela 5) foram agrupadas em classes representadas pelos intervalos de 0 a 30%.

Tabela 5 - Distribuição das classes de declividade.

Declividade (%)	Área (ha)	Frequência (%)	Peso
0 a 6	32.117,7	28,17	1
6 a 12	46.474,4	40,77	2
12 a 20	25.693,5	22,54	3
20 a 30	7.249,2	6,36	4
> 30	2.465,2	2,16	5
Total	114.000,00	100,00	-

Fonte: Os autores.

Em muitos casos, a topografia do terreno, especialmente a declividade é o principal condicionador de atividades desenvolvidas, principalmente relacionadas as atividades agrícolas.

AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL DE SÃO CARLOS - SP

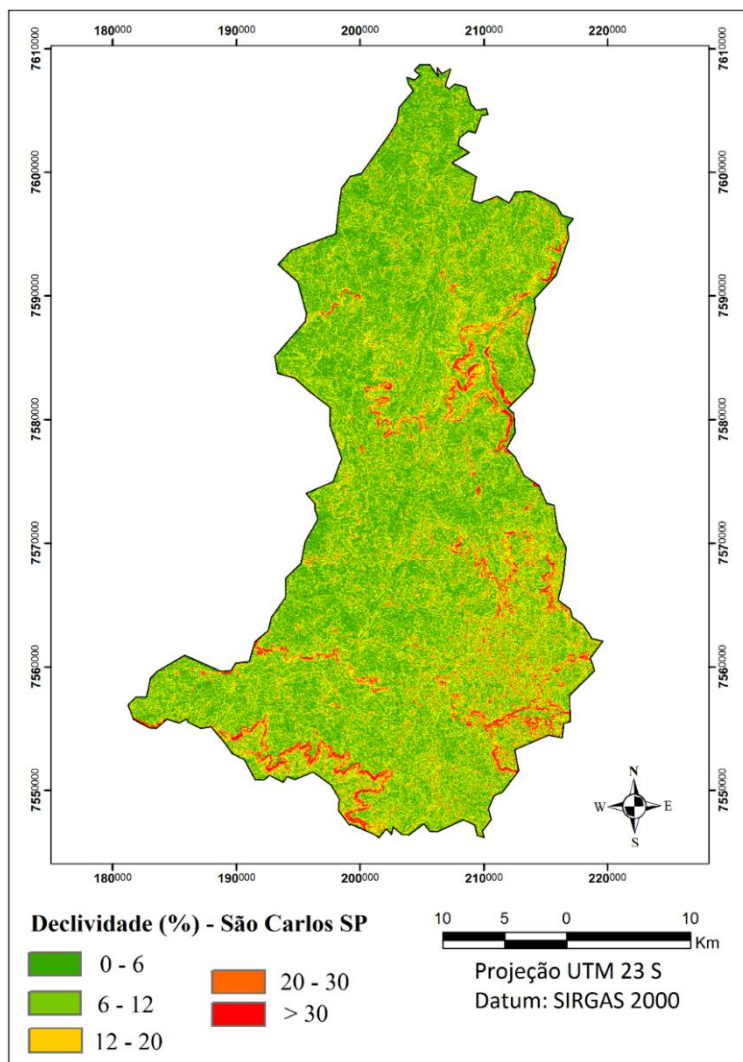


Figura 2 - Classes de declividade para o município de São Carlos, SP.

Cerca de 97,84% do município apresenta condições para a prática de agricultura intensiva com o auxílio de maquinário, devido a característica de áreas com relevos planos, onde 28,17% está nas classes de 0 a 6%, 40,77% nas de

6 a 12%, 22,54% nas de 12 a 20% e 6,36% nas de 20 a 30%.

O município é recoberto por cinco tipos de solo (Figura 3 e Tabela 6) e aproximadamente 70% da área está representada por áreas ocupadas por Latossolos.

AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL DE SÃO CARLOS - SP

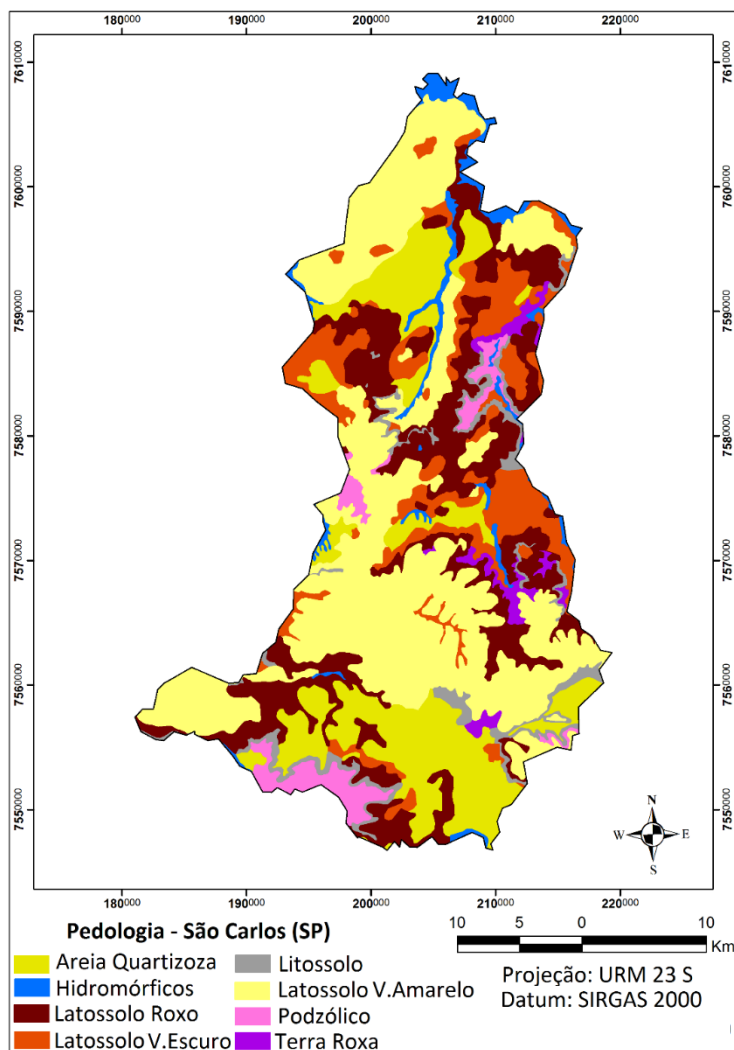


Figura 3 - Classes de solo para o município de São Carlos, SP.

Normalmente, este tipo de solo está situado em relevo plano a suave-ondulado, com declividade que raramente ultrapassa 7%,

profundos, porosos, bem drenados, bem permeáveis mesmo quando muito argilosos e de fácil preparo (TEIXEIRA et al., 2000, p.696).

Tabela 6 - Distribuição das classes pedológicas

Pedologia	Área (ha)	Frequência (%)	Peso
Latossolo Vermelho	37.424,50	32,82	1
Latossolo Vermelho-Amarelo	41.997,80	36,84	1
Nitossolo Vermelho	6.211,70	5,45	3
Gleissolo Háptico	3.744,50	3,28	5
Neossolo Quartzarênico	24.621,50	21,61	5
Total	114.000,00	100,00	-

Fonte: Os autores

As informações geológicas do município foram distribuídas em seis tipos distintos (Figura

4 e Tabela 7) com destaque para a formação Botucatu.

AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL DE SÃO CARLOS - SP

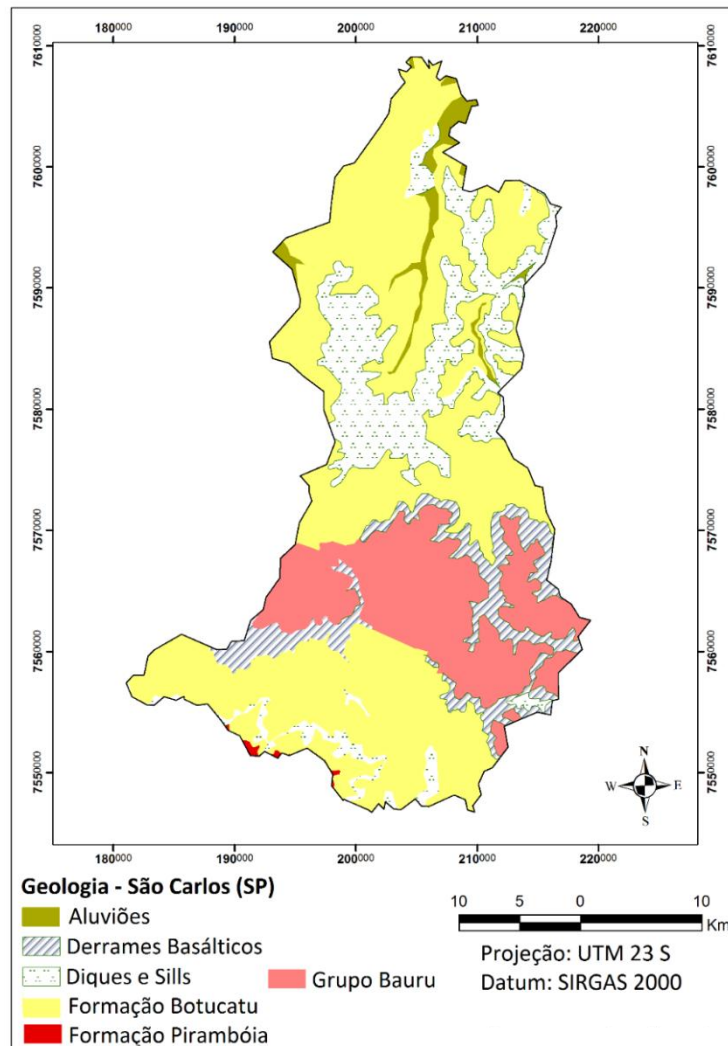


Figura 4 - Classes geológicas para o município de São Carlos, SP.

Região composta por arenitos finos e médios, corresponde a área de recarga do Aquífero Guarani, maior manancial de água doce subterrânea transfronteiriço do mundo, com hidrografia das sub-bacias Tiete-Jacaré e Mogi-Guaçu (BIOTA FAPESP, 2013, p.01).

Nas regiões com a presença da Formação Botucatu, destacam-se alguns tipos de solos e decorrência do intemperismo dessas rochas, como Neossolos Quartzarênicos, Latossolos e Argissolos (EMBRAPA,1999, p.02), o que corrobora a presença de Latossolos na área de estudo.

AValiação DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL DE SÃO CARLOS - SP

Tabela 7 - Distribuições das classes geológicas.

Geologia	Área (ha)	Frequência (%)	Peso
Aluviões (Holoceno)	2.474,00	2,17	3
Grupo Bauru (Cretáceo-Superior)	9.108,00	7,99	3
Derrames Basálticos (Juro-Cretáceo)	20.325,00	17,83	2
Diques e Sills (Juro-Cretáceo)	21.200,00	18,60	2
Formação Botucatu (Jurássico)	60.700,00	53,25	3
Formação Piramboia (Triássico-Jurássico)	193,00	0,16	3
Total	114.000,00	100,00	-

Fonte: Os autores.

Na análise do uso e cobertura da terra é possível identificar um predomínio das atividades agrícolas (Tabela 8 e Figura 5) com cerca de 86.000 ha, perfazendo 61,17% do total da área de estudo.

Tabela 8 - Distribuições das classes de uso e cobertura da terra.

Uso e cobertura da terra	Área (ha)	Frequência (%)	Peso
Vegetação nativa	20.850,61	18,29	1
Cana-de-açúcar	36.842,37	32,32	4
Citricultura	1.749,04	1,53	4
Pastagens	4.747,75	4,16	3
Silvicultura	1.718,12	1,51	4
Solo Exposto	40.552,37	35,57	5
Áreas Urbanizadas	6.694,78	5,87	5
Represas	845,07	0,75	1
TOTAL	114.000,00	100,00	-

Fonte: Os autores.

Essas atividades em sua maioria estão consolidadas sobre os Latossolos, os quais apresentam características que proporcionam condições favoráveis para essa atividade, destacando-se a citricultura, silvicultura, pastagens e principalmente a cana-de-açúcar.

AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL DE SÃO CARLOS - SP

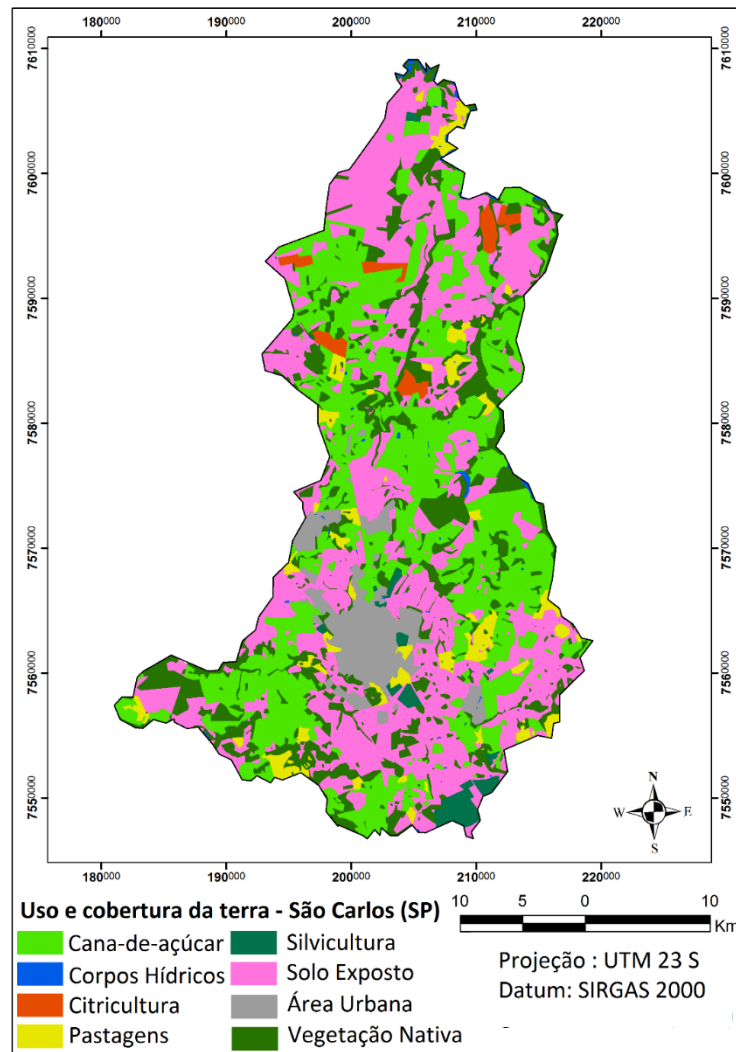


Figura 5 - Classes de uso e cobertura da terra para o município de São Carlos, SP.

A análise da vulnerabilidade ambiental do município de São Carlos (Tabela 9 e Figuras 6 e 7) identificou principalmente valores de baixa vulnerabilidade, representado por 64,79 do total da área de estudo, seguido pelo grau de média vulnerabilidade com 25,56%.

A distribuição dos intervalos de vulnerabilidade média a alta está associada

principalmente as práticas agrícolas e solo exposto, regiões que apresentaram déficit de áreas de vegetação nativa. Pelas características da área de estudo, não foram encontrados valores referentes a classe de vulnerabilidade ambiental muito alta.

AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL DE SÃO CARLOS - SP**Tabela 9** - Distribuição dos valores de vulnerabilidade ambiental.

Classe	Área (ha)	Frequência (%)
1 - Muito Baixa	8.412,95	7,38
2 - Baixa	73.408,50	64,39
3 - Média	29.136,20	25,56
4 - Alta	3.042,35	2,67
5 - Muito Alta	0,00	0,00
Total	114.000,00	100,00

Fonte: Os autores.

Esta distribuição dos intervalos de vulnerabilidades média e alta no município de São Carlos apresenta regiões chave para atuação das ações do planejamento ambiental, principalmente frente aos processos de antropização. Estudos apontaram uma redução das áreas de vegetação nativa de 2003 a 2013 em cerca de 31% (TREVISAN, 2015, p.48), correlacionando-se diretamente com grau de vulnerabilidade ambiental da região.

As áreas contempladas nas classes de vulnerabilidade entre muito baixa a baixa (1 a 2) referem-se principalmente aos locais com a presença de vegetação nativa, destacando-se a presença de Áreas de Preservação Permanente com formações de solos Latossolo, o qual apresenta um baixo grau de vulnerabilidade com declividades que não ultrapassam 20%.

AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL DE SÃO CARLOS - SP

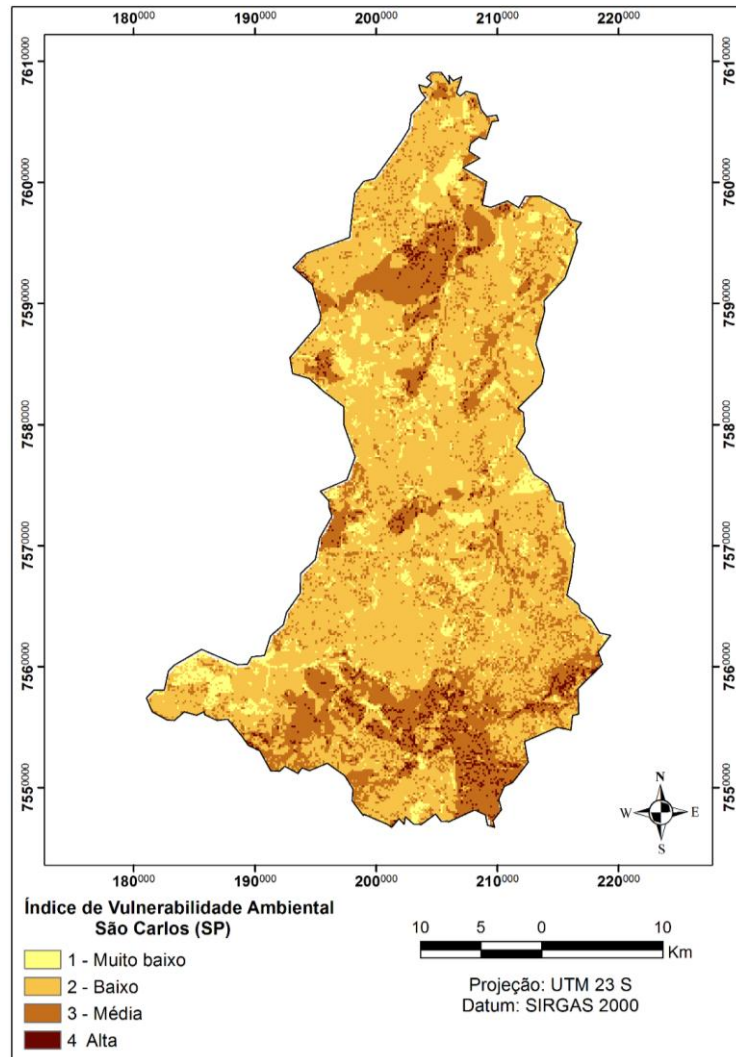
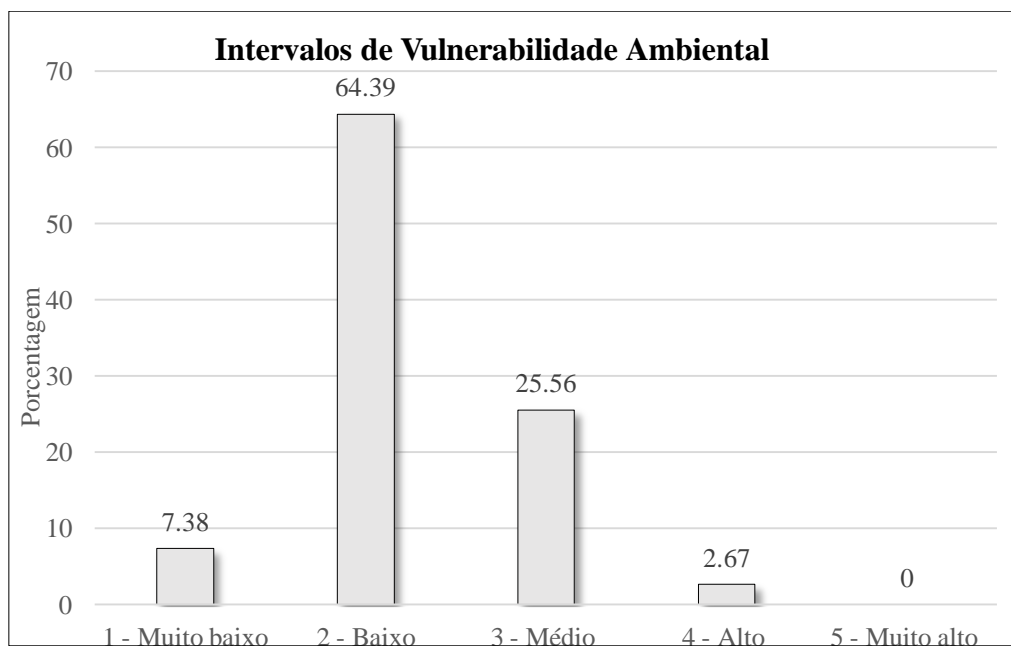


Figura 6 - Espacialização da Vulnerabilidade Ambiental do município de São Carlos, SP.

Nas áreas com vulnerabilidade média a alta, destaca-se a presença dos Neossolos Quartzarênicos e Nitossolos Vermelhos, além de declividades que ultrapassam os 30%.

As formações geológicas contribuíram de forma homogênea para a configuração da análise do grau de vulnerabilidade ambiental, em decorrência dos pesos semelhantes atribuídos a cada formação geológica (peso 2 e 3).

A área de estudo está inserida em uma região que apresenta um alto potencial relacionado as atividades agrícolas, fator atribuído principalmente a característica do relevo onde cerca de 97,84% da área de estudo localiza-se em locais de baixa declividades relacionadas as características dos solos presentes na região.

AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL DE SÃO CARLOS - SP**Figura 7** - Distribuição dos intervalos de vulnerabilidade ambiental.

As áreas urbanas, apesar de consideradas com altas potencialidades a vulnerabilidade, apresentaram-se entre os intervalos de média a baixa vulnerabilidade, principalmente devido as características das regiões onde estão instaladas. Para a análise realizada, as características da paisagem na região da área urbana diminuem o grau potencial de vulnerabilidade das regiões urbana.

Entretendo, ressalta que apesar dos resultados, a região urbana de São Carlos está inserida na Formação Piramboia e Botucatu, áreas de recarga do aquífero guarani, considerado o maior reservatório subterrâneo de água doce do planeta.

Os pesos atribuídos para o cálculo do índice de vulnerabilidade podem direcionar os resultados em diferentes vertentes de avaliações. O balanceamento dos pesos atribuídos as diferentes características da paisagem contribuíram de forma correlacionar os diversos compartimentos da paisagem sem considerar que uma ou outra característica possui maior influência em sua vulnerabilidade ambiental.

Diferentemente do que proposto por Trevisan e Moschini (2016, p.160) que utilizaram pesos diferentes para o cálculo da fragilidade

ambiental do município de São Carlos, propondo maiores pesos para as atividades antrópicas (urbanas e agrícolas).

Diferentes cenários também são observados em outros estudos (PINATTI, et.al (2013, p.146) e TREVISAN; MOSCHINI (2015, p.18) os quais demonstram a perda da qualidade ambiental devido a expansão das fronteiras agrícolas, evidenciando a expansão do cultivo da cana-de-açúcar e a supressão de áreas de vegetação nativa além da substituição de outras práticas agrícolas.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a determinação do índice de vulnerabilidade ambiental foi possível analisar o estado de conservação do município de São Carlos, além de correlacioná-lo com as características físicas, encontradas na área de estudo. O município encontra-se em um grau baixo de vulnerabilidade ambiental, embora ações precisam ser tomadas em virtude do avanço das atividades agrícolas na região.

Apesar da baixa vulnerabilidade a perda e a degradação das áreas de vegetação nativa remanescentes na paisagem do município de São Carlos continuam de maneira crescente. Contudo

AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL DE SÃO CARLOS - SP

é evidente que a não continuidade deste processo de fragmentação da paisagem, pode proporcionar benefícios econômicos muito maiores do que os obtidos em decorrência da expansão das atividades agrícola.

Os estudos relacionados as temáticas de vulnerabilidade ambiental contribuem para o avanço das discussões dentro das ciências geográficas ao abordarem sobre a utilização dos recursos naturais e do ordenamento territorial, considerando a capacidade suporte dos ecossistemas, diretamente relacionada as características específicas de cada paisagem natural.

Os valores utilizados no cálculo do índice de vulnerabilidade, foram primordiais no delineamento dos resultados, com o intuito de não preponderar que um elemento da paisagem possa ter maior influência na vulnerabilidade, entretanto outras abordagens possam ser utilizadas.

Desta forma, o presente trabalho contribui para as discussões do planejamento territorial, podendo ser aplicado tanto em pequenos quanto grandes municípios.

5. AGRADECIMENTOS

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

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIOTA FAPESP. Sub-bacias hidrográficas do estado de São Paulo, 2014. Disponível em: <<http://www.biota.org.br/info/saopaulo/bacias>>. Acesso em: 31 de maio de 2017.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Vulnerabilidade ambiental: desastres naturais ou fenômenos induzidos? Brasília: Ministério do Meio Ambiente 2007.

BURSZTYN, M. A difícil sustentabilidade: política energética e conflitos ambientais. Paris: Garamond, 1ª ed, 2001,259p.

CARRIJO, M. G. G. Vulnerabilidade ambiental: o caso do Parque Estadual das Nascentes do Rio

Taquari, 2005. Dissertação (Mestrado em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos) - Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais, Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2005.

CEPAGRI. Centro de pesquisas meteorológicas e climáticas aplicadas à agricultura. Clima dos municípios paulistas, 2017. Disponível em: <http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_224.html>. Acesso em: 31 de maio de 2017.

CORRÊA, R.L. O espaço Urbano. São Paulo: Ática, 4ed. 2003.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 1999. Latossolos. Disponível em <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br>> Acesso em 23 de abril de 2017.

GRIGIO, A. M. Aplicação do sensoriamento remoto e sistemas de informação geográfica na determinação da vulnerabilidade natural e ambiental do município de Guaramé (RN): simulação de risco às atividades da indústria petrolífera. 2003. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica) - Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2003.

IAC. Instituto Agrônomo de Campinas. Carta de Solos, folhas SF-23-V-C-IV, SF-23-Y-A-I e SF-22-X-D-VI,1981. Disponível em: <http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/esdb_archive/EuD_ASM/latinamerica/lists/cbr.htm>. Acesso em: 31 de maio de 2016.

IBGE. Instituto de Geografia e Estatística. Divisão territorial brasileiro e limites territoriais: IBGE cidades – São Carlos,2017. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?codmun=351930#>>. Acesso em: 31 de maio de 2017.

IBGE. Instituto de Geografia e Estatística. Manual Técnico de Uso da Terra 3ª Edição, 2013. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/recur_sosnaturais/usodaterra/manual_usodaterra.shtm>. Acesso em: 31 de maio de 2017.

AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL DE SÃO CARLOS - SP

- IGC. Instituto Geográfico e Cartográfico. Região administrativa Central, 2017. Disponível em: <<http://www.igc.sp.gov.br/>>. Acesso em: 31 de maio de 2016.
- LORENA, R. B.; SANTOS, J. R.; SHIMABUKURO, Y. E.; SANT'ANNA, H. M.; SANT'ANNA, H. S. S.; MENEZES, R. S. Dados multitemporais de sensoriamento remoto para análise da dinâmica do solo e da cobertura da terra na região do Peixoto (AC). Anais. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, Foz Do Iguaçu, INPE, v. único, p. 1653-1656, 2001.
- MURO, D.M. 2000. Zoneamento de áreas quanto a possível contaminação por produtos químicos. 2000. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, 2000.
- OCDE, Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico: Rumo ao desenvolvimento sustentável. Indicadores ambientais. Salvador: Secretaria de Planejamento, Ciência e Tecnologia, 1ed, 2002.
- OLIVEIRA, C. H.; SANTOS, J. E.; TOPPA, R. H. Efeitos do uso do solo urbano na qualidade ambiental e de vida, na vegetação e na impermeabilização do solo. IN: SANTOS, J.E.; CAVALHEIRO, F. PIRES, J.S.R.; OLIVEIRA, C.H. PIRES, A.M.Z.C.R. (Org.). Faces da Polissemia da Paisagem. 1ª ed. v. 2, São Carlos: Rima, 2004, p. 585-619.
- PICKETT, S. T. A.; CADENASSO, M. L.; GROVE, J. M.; NILON, C. H.; POUYAT, R. V.; ZIPPERER, W. C.; COSTANZA, R. Urban ecological systems: linking terrestrial ecological, physical, and socioeconomic components of metropolitan areas. Annual Review of Ecology and Systematics, v. 32, p. 127-157, 2001.
- PINATTI, J.M.; MOSCHINI, L. E.; DOS SANTOS, R.M.; TREVISAN, D. P. Dinâmica da Paisagem da Zona de Amortecimento do Parque Estadual do Vassununga, SP. IN: José Eduardo dos Santos; Elisabete Maria Zanin. (Org.). Faces da Polissemia da Paisagem. 1ed. São Carlos, SP: Rima, 2013, v. 5, p. 144-162.
- RIBEIRO, F.L.; CAMPOS, S.; PIROLI, E.L.; SANTOS, T.G.; CARDOSO, L.G. Uso da terra do Alto rio pardo, obtido a partir da análise visual in: Anais. I CICLO DE ATUALIZAÇÃO FLORESTAL DO CONESUL SANTA MARIA: UFSM, 1999. v. único, p.75 – 81, 1999.
- RITTERS, K.H.; O'NEIL, R.V.; HUNSAKER, C.T.; WICKHAM, J.D.; YANKEE, D.H. TIMMINS, S.P. A factor analysis of landscape pattern and structure metrics. Landscape Ecology, v.10, n.1, p. 23-39, 1995.
- ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. Revista do Departamento de Geografia/FFLCH/USP, n.8, p. 63-73, 1994.
- SANTOS, J.E.; NOGUEIRA, F.; PIRES, J.S.R.; OBARA, A.T.; PIRES, A.M.Z.C.R. The value of the Ecological Station of Jataí's ecosystem services and natural capital. Revista Brasileira de Biologia, n.61, p.171-190, 2001.
- SEADE. Fundação Sistema Estadual de Análise de dados. Perfis municipais, 2017. Disponível em: <<http://www.seade.gov.br/produtos/perfil/perfil.php>>. Acesso em: 31 de maio de 2017.
- SILVA, V. C. B.; MACHADO, P.S. SIG na Análise Ambiental: Susceptibilidade Erosiva da Bacia Hidrográfica do Córrego Mutuca, Nova Lima - Minas Gerais. Revista de Geografia, Recife, v. 31, p.66-78, 2014.
- STEFFEN, W.; SANDERSON, A.; TYSON, P. D.; JÄGER, J.; MATSON, P. A.; MOORE III, B.; OLDFIELD, F.; RICHARDSON, K.; SCHELLNHUBER, H. J.; TURNER, B. L.; WASSON, R. J. Global change and the earth system: A planet under pressure, New York: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2004.
- TAGLIANI, C.R.A. Técnica para avaliação da vulnerabilidade de ambientes costeiros utilizando um Sistema Geográfico de Informações. Anais. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, Porto Alegre, INPE, v. único, p. 1657 - 1664, 2002.
- TEIXEIRA, M.A.; MAGALHÃES, P.S.G.; BRAUNBECK, O.A. Equipamento para extração de

AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL DE SÃO CARLOS - SP

amostras indeformadas de solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 24, n.4, p. 693-699, 2000.

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

TREVISAN, D. P.; MOSCHINI, L. E. Determinação da Fragilidade Ambiental do município de São Carlos, São Paulo, Brasil. Geografia Ensino & Pesquisa, v. 20, p. 159-167, 2016.

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.

TROMBETA, L.R.; GARCIA, R.M.; NUNES, R.S.; GOUVEIA, I.C.M.C.; LEAL, A.C. Análise da fragilidade potencial e emergente do relevo da unidade de gerenciamento de recursos hídricos pontal do Paranapanema, São Paulo, Brasil. Caderno de prudentino de geografia, nº36, Volume especial, p.159-173, 2014.

UNIÃO EUROPÉIA. Bens e Serviços Ecossistêmicos, 2010. Disponível em <http://ec.europa.eu/environment/pubs/pdf/factsheets/Ecosystems%20goods%20and%20Services/Ecosystem_PT.pdf> Acesso em 27 de janeiro de 2017.