

VULNERABILIDADE AGRÁRIA-SOCIOAMBIENTAL EM SÃO PAULO

Antoniane Arantes de Oliveira Roque¹

Jansle Vieira Rocha²

Sonia Regina da Cal Seixas³

Alexandre Betinardi Strapasson⁴

Paulo Henrique Interliche⁵

1 Introdução

O mercado global de alimentos é um dos principais indutores da ocupação do solo e, portanto, possui expressiva contribuição para a sociedade e sua relação com o ambiente que a cerca. O enfoque na agropecuária e no produtor rural traz a possibilidade de se correlacionar aspectos econômicos e sociais da sociedade rural, com as demandas provindas da sociedade urbana, frente ao destino da produção. Seu sucesso, avaliado pelos resultados econômicos, não depende apenas da racional e eficiente aplicação de fatores de produção, como capital e trabalho, de uso correto de tecnologia e do comportamento dos preços (mercado), depende, também, e fortemente, das condições climáticas e suas imprevisíveis oscilações (RAMOS, 2009), que por sua vez influenciam nos fatores bióticos que também exercem pressão sobre a produção agropecuária.

Toda esta agropecuária e seus diferentes atores estão sob efeito direto das alterações climáticas, sendo necessária a identificação de regiões mais vulneráveis a estes efeitos negativos do global sobre o local, facilitando assim a elaboração de políticas públicas regionalizadas. Além da atenção a aspectos ambientais propriamente ditos, aparece em vários autores o reconhecimento da relevância da dinâmica social em um sentido amplo (CIDADE, 2013). Análises da vulnerabilidade físico-ambiental que incorporam aspectos sociais constituem-se na atualidade um desdobramento em direção a um enfoque de vulnerabilidade socioambiental.

Assim, a vulnerabilidade estaria associada tanto a riscos biofísicos, como a respostas sociais, mas em um domínio de área ou domínio geográfico específico (CUTTER, 1996), e se apresenta como característica que definem envolvidos no segmento em questão, com maiores demandas por auxílio do Estado. Segundo a Lei Federal nº12.187/09, que instituiu a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), vulnerabilidade é o grau de suscetibilidade e incapacidade de um sistema, em função de sua sensibilidade, capacidade de adaptação, e do caráter, magnitude e taxa de mudança e variação do clima a que está exposto, de lidar com os efeitos adversos da mudança do clima, entre os quais a variabilidade climática e os eventos extremos.

1 Faculdades Integradas Maria Imaculada – FIMI. E-mail: antoniane@yahoo.com.br.

2 Faculdade de Engenharia Agrícola – Feagri, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. E-mail: jansle@unicamp.br.

3 Núcleo de Estudos e Pesquisas Ambientais – NEPAM, Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP. E-mail: srcal@unicamp.br.

4 Centre for Environmental Policy, Imperial College London, United Kingdom. E-mail: alexandre.strapasson@imperial.ac.uk.

5 Coordenadoria de Desenvolvimento Rural Sustentável – CDRS, Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo – SAA/SP. E-mail: paulo.interliche@sp.gov.br.

Métodos de avaliação da vulnerabilidade agrícola às mudanças climáticas vêm sendo estudados e desenvolvidos, tais como os métodos compostos (WIRÉHN *et al.*, 2015) voltados ao pequeno agricultor (HARVEY *et al.*, 2014) com representações visuais geográficas (HAMEED *et al.*, 2013), e outros, ocorrendo disputas entre stakeholders de diferentes regiões ou grupos (NARDO *et al.*, 2008). Neste contexto, o presente trabalho aborda uma concepção voltada à vulnerabilidade do setor agropecuário paulista às mudanças climáticas globais, levando-se em consideração parâmetros sociais, ambientais, econômicos e produtivos.

Tomou-se como hipótese no presente estudo o fato de que as características dos produtores rurais e da localidade na qual a exploração ocorre, os colocam em menor ou maior grau de vulnerabilidade frente às mudanças climáticas globais, e tendo como objetivo específico a identificação de regiões em São Paulo mais vulneráveis às atuais alterações climáticas, apresentando assim áreas prioritárias para políticas públicas com enfoque à adaptação do setor agropecuário.

1.1 Identificando vulnerabilidades no setor agropecuário

Uma denominação sintética para vulnerabilidade é a “susceptibilidade de um meio ao impacto negativo com relação a um determinado risco” (COSTA *et al.*, 2007). Vulnerabilidade também foi conceituada por Preston *et al.* (2008) como tendo três componentes: exposição, sensibilidade e capacidade de adaptação. O trabalho de Confalonieri, Marinho e Rodriguez (2005) é um dos primeiros estudos no Brasil sobre a questão de vulnerabilidade, e lançou as bases para o desenvolvimento de metodologias de análise de vulnerabilidade às mudanças climáticas no Brasil.

Em estudo posterior, Confalonieri, Marinho e Barata (2011) desenvolveram indicadores quantitativos de vulnerabilidade socioambiental e de saúde, para cada município do Estado do Rio de Janeiro, em função das projeções de mudanças do clima. Atualmente estudos de vulnerabilidade encontram-se distribuídos entre as ciências sociais e geoespaciais, envolvendo tanto análises epistemológicas quanto do meio físico, interligadas ao clima.

Marandola Júnior e Hogan (2006) realizaram um extenso levantamento sobre a utilização das concepções de vulnerabilidade nos estudos populacionais e ambientais, evidenciando a utilidade dessas concepções quando se trabalha com realidades complexas e, no caso das mudanças climáticas globais, Carmo (2007) afirma que o conceito de vulnerabilidade social é fundamental, por incorporar elementos que estão além das definições estritas de pobreza.

Folharini, Oliveira e Furtado (2017) colocam que, quando é relacionada ao ambiente natural, é denominada vulnerabilidade ambiental. Dentre alguns dos fatores que definem a vulnerabilidade ambiental estão o tipo de ocupação, riscos de degradação por erosão do solo, assoreamento de rios, diminuição da biodiversidade e outros processos que causam desequilíbrio no ambiente (NASCIMENTO; DOMINGUEZ, 2009; ONU, 2004).

Assim, de acordo com Boykoff (2008), quando se fala em mudanças climáticas e as suas consequências, as limitações e incertezas locais, associadas com a ciência do clima são o discurso dominante no debate político e da mídia. Conhecer a realidade local indica Rydin (2003), pode fornecer informações relevantes sobre o contexto do impacto das alterações climáticas e suas respostas, bem como oferecer novas informações e ideias para enfrentamento destas.

O’Riordan e Ward (1997) destacam que omitir ou excluir o conhecimento local, em especial se há conflito com os especialistas que estudam o assunto, pode afetar a credibilidade e a legitimidade do processo político de tomada de decisão. É salientado por Brooks, Adger e Kelly (2005), que a complexidade das questões de governança é agravada pela incerteza sobre a escala de ação e as consequências das respostas,

pois ações em escala regional podem ter resultados imprevisíveis em escala local, necessitando assim de estudos que correspondam às escalas propícias em questão.

Trabalhos voltados à identificação da vulnerabilidade agrícola às mudanças climáticas em escalas global (WALTHALL *et al.*, 2012), em escala nacional (PORTER *et al.*, 2014) e voltados a segurança alimentar (LAL, 2016), vêm sendo desenvolvidos em diferentes centros de pesquisa. No entanto, Steiner *et al.* (2017) afirmam que é essencial o estudo das questões sobre vulnerabilidades tratados em escalas regional e locais, ajudando assim a identificação de estratégias de adaptação nos locais onde as decisões de gestão são tomadas.

É descrito por River (2005), o papel que os representantes dos governos locais podem desempenhar, orientando as políticas estatais em função das necessidades dos valores locais. Daí a importância de se efetuar um correto planejamento de ações em diferentes escalas de aplicabilidade, principalmente num estado como São Paulo, com vasta extensão leste-oeste, ampla variabilidade climática e especificidades de atuação locais.

Embora as mudanças climáticas sejam inerentemente uma questão global, Leitch e Robinson (2012) afirmam que os impactos serão sentidos de forma mais aguda em escala local. Este nível local é muitas vezes alterado pelo modo de ocupação do território, transformado e produzido pela sociedade, e conforme indicam Ely, Almeida e Sant'Anna Neto (2003) faz com que algumas áreas produtoras apresentem maior vulnerabilidade com relação à variabilidade climática do que outras, pois, dependendo de sua intensidade ao longo do tempo e do espaço, pode representar grandes perdas ao pequeno agricultor, descapitalizado, sem acesso às novas tecnologias e aos programas de seguro agrícola.

Assim, Preston, Yuen e Westaway (2011) levantam uma questão fundamental em se destacar, colocando o papel importante da ciência em fazer os riscos intangíveis provenientes das influências ambientais, visíveis à população e aos governos.

Enquanto risco se refere à presença de população em locais que podem ser afetados por eventos climáticos, a vulnerabilidade diz respeito à propensão e à predisposição do referido contingente populacional para ser afetado (IPCC, 2012).

Porém discutir questões de risco e as possíveis vulnerabilidades a elas, a que as sociedades estão expostas, traz a necessidade de aceitação que as influências ambientais estão ocorrendo, fato este ainda em contrassenso na sociedade. Dessai e Hulme (2007) afirmam que, mesmo que discussões ainda estejam em andamento sobre estas, as abordagens dos impactos das mudanças climáticas podem ocorrer com base na certeza parcial, ou seja, em relatórios e estudos que indicam que estas estejam ocorrendo, bem como apoiar-se no princípio da precaução.

Dado que um dos elementos chave da mudança climática é que, as causas e os impactos estão distantes no tempo e lugar, pois os efeitos ocorridos num determinado local podem aparecer em locais distantes e temporalmente após passado certo período de tempo, Shaw *et al.* (2009) salientam que o processo de mapeamento, pelo menos, ajuda a tornar os impactos mais tangíveis, à escala local. Nesta tendência, trabalhos como o de Li *et al.* (2006) apresentam as tecnologias espaciais, como os Sistemas de Informações Geográficas (SIG), como ferramentas poderosas para a avaliação do ambiente ecológico.

Measham e Preston (2012) afirmam que, para um problema, como a mudança climática, que está distante em termos de causa e efeitos, a análise vulnerabilidade pode desempenhar um papel crucial em uma reflexão sobre o que fazer sobre o problema, não se limitando apenas à confecção de relatórios de efeitos. O atual aumento pela demanda por geração de energia, infraestrutura, produção mineral e agrícola, e ainda o crescimento urbano desordenado e sem planejamento, é indicado por Dobrovolski *et al.* (2011) como razões para o possível aumento da vulnerabilidade dos sistemas naturais às mudanças no uso de terra. Foley *et al.* (2005) afirmam ainda que esta dinâmica pode acelerar ainda mais, os efeitos das mudanças climáticas.

Como forma de refinar as análises neste contexto, a IOC (2009) sugere a aplicação de metodologias que integrem as variáveis inseridas nos principais tipos de riscos relacionados às mudanças climáticas, bem como a realização de diferentes escalas de análise de vulnerabilidade, de macro a micro, dependendo do enfoque que será dado pelos programas nacionais para gerenciamento.

O PBMC (2014) destaca que é justamente nesse escopo de planejamento estratégico integrado que as variáveis relacionadas à vulnerabilidade devem ser inseridas, principalmente quando da análise geográfica de prioridades de atuação. Nesse sentido, Cutter (2003) afirma que as comunidades locais necessitam de melhores representações espaciais dos riscos e vulnerabilidades associadas a elas. No documento do PBMC (2014) é descrito que a vulnerabilidade pode ser do lugar, indicando maior susceptibilidade aos riscos, ou pode ser social, que incorpora além da susceptibilidade, a perspectiva da capacidade de enfrentamento dos riscos de diversas ordens, principalmente através dos ativos (sociais, econômicos ou outros) que podem ser mobilizados nesse processo. É indicada também a importância do mapeamento para se compreender a realidade social em que se encontram os grupos mais vulneráveis, de maneira a construir políticas mais efetivas de redução dessa vulnerabilidade.

A produção agrícola familiar, presente em grande parte da população rural paulista, é um setor altamente sensível a mudanças climáticas, pois precipitação, temperatura, e concentração de dióxido de carbono atmosférico, influenciam diretamente nos produtos gerados por esta parcela da agricultura, a qual sofre efeitos ainda da pressão social do urbano e questões de ordem econômicas, no tipo de produtos demandados e precificação dos mesmos.

Deconto (2008) afirma que, caso não sejam tomadas medidas de mitigação e adaptação, a geografia da produção nacional pode se alterar nas próximas décadas, influenciada pela intensificação de mudanças climáticas, figurando os estados de São Paulo e Minas Gerais como principais atingidos.

São levantados por Bates *et al.* (2008) que tais alterações climáticas modificam a quantidade e a qualidade da água, afetando potencialmente a produção de alimentos, podendo levar à diminuição da segurança alimentar e maior vulnerabilidade dos agricultores pobres. Kabat *et al.* (2003) indicam ainda que pode afetar a saúde dos ecossistemas e o crescimento e propagação de doenças relacionadas à água, bem como trazer consequências ao abastecimento, e, portanto, às práticas de gestão de água (KUNDZEWICZ *et al.*, 2007).

No trabalho de Kabat *et al.* (2003) é afirmado ainda que as questões de variabilidade e alterações climáticas não têm sido integralmente consideradas nas atuais políticas de recursos hídricos e nos processos de tomada de decisão, em especial nos países em desenvolvimento, onde recursos financeiros e impactos humanos e ecológicos são potencialmente maiores, e os recursos hídricos já podem estar em situação de grande estresse, associados ainda, à pequena capacidade de se enfrentar e se adaptar às mudanças.

Jacobi e Barbi (2007) explicam que, no Brasil, a bacia hidrográfica é adotada como unidade regional de planejamento e gerenciamento das águas, o que resultou na delimitação de Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos, cujos órgãos consultivos e deliberativos são denominados Comitês de Bacias Hidrográficas.

Em São Paulo, a Lei Estadual nº 7.663/91, que estabeleceu a política estadual de recursos hídricos, criou este tipo de sistema de gestão dos recursos hídricos, com base em três princípios: descentralização, integração e participação. A descentralização foi realizada com a criação de 22 unidades de gestão de bacias hidrográficas (Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos – UGRHIs). Essas unidades são dirigidas por comissões com a participação do governo estadual, municípios e sociedade civil, sendo estas, órgãos deliberativos, onde

negociações ocorrem e decisões são tomadas. As instituições das bacias hidrográficas são a parte executiva das comissões, que prestam apoio técnico e possuem corpo técnico e recursos para a tomada de decisões e realização de ações. Hogan *et al.* (2000) afirmam que São Paulo é o estado mais avançado do país em termos de gerenciamento de recursos hídricos, tendo em 1991 aprovado o primeiro Plano Estadual de Recursos Hídricos. Atualmente, encontra-se em funcionamento o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SIGRH), que regula a atuação dos Comitês de Bacias Hidrográficas no estado.

O Estado de São Paulo, embora seja uma das áreas mais dinâmicas do Brasil, para Egler, Bessa e Gonçalves (2013), ainda apresenta desigualdades territoriais expressivas, refletindo assim sob o ponto de vista de sua coesão territorial. Em 2009, por exemplo, apenas uma das 22 UGRHs contava com o zoneamento ecológico econômico (ZEE) aprovado (UGRHI Litoral Norte) e somente o Vale do Paraíba contava com um plano de mineração, que diz respeito à extração de areia nas suas várzeas. Na mesma época, poucos planos regionais de resíduos sólidos estavam consolidados, como o do Alto Tietê, Baixada Santista e Vale do Ribeira (SMA/CPLA, 2009). Atualmente a SMA, por meio de sua Coordenadoria de Planejamento Ambiental, investe esforços na finalização deste ZEE para São Paulo.

A gestão destas unidades territoriais deve integrar os vários aspectos que interferem no uso dos recursos hídricos e na sua proteção ambiental. A bacia hidrográfica permite essa abordagem integrada e, segundo Yassuda (1993), a bacia hidrográfica é o palco de interação das águas com o meio físico, o meio biótico e o meio social, econômico e cultural da localidade. Configurando, portanto, como elemento integrativo e facilitador para análises de vulnerabilidade ambiental, englobando fatores locais do meio físico, do ambiente e da agropecuária.

Guivant e Jacobi (2003) afirmam que se trata de uma concepção de gestão pública colegiada, com negociação sociotécnica, através dos CBHs, na qual a legislação de recursos hídricos reserva à sociedade civil uma responsabilidade central na condução da política e da gestão desses recursos.

As UGRHs constituem unidades territoriais que possuem limites geográficos bem definidos e permitem o gerenciamento descentralizado dos recursos hídricos e já é utilizada por políticas públicas como o Fundo Estadual de Recursos Hídricos (FEHIDRO), responsável por financiar empreendimentos voltados a preservação e conservação das águas em São Paulo. Conforme o artigo 20 de sua lei de criação são formadas por partes de bacias hidrográficas ou por um conjunto delas, que levam em consideração os limites hidrológicos, porém acrescentando em alguns limites, questões políticas que facilitem a gestão do território.

Cidade (2013) apresenta a ideia de que o tema da vulnerabilidade como um risco do lugar é introduzido como uma articulação dos temas da vulnerabilidade de cunho ambiental, social e espacial, com uma perspectiva de análise interdisciplinar.

As multivariáveis envolvidas em análises sobre vulnerabilidade exigem ferramentas que permitam comparar as variáveis entre si, e ponderar pesos para cada uma delas, auxiliando assim os processos de escolha dos mais importantes, tudo isto num ambiente de análise que leve em consideração o caráter geoespacial das variáveis, e o uso dos SIG vêm sendo cada vez mais presentes neste tipo de análises, que segundo Cowen (1988) permitem um sistema de suporte que integra dados referenciados espacialmente num ambiente de respostas a problemas. É destacado por Assad e Sano (2003) que existem três principais maneiras de se utilizar o SIG: como ferramenta para produção de mapas, como suporte para análise espacial, e como função de armazenar, processar e recuperar informações espaciais.

Trabalhos que integram esse tipo de concepção, unindo a análise espacial e conceitos de vulnerabilidade, são cada vez mais frequentes associados a processos de análise hierárquica (AHP – acrônimo em inglês para Analytic Hierarchy Process) através

de comparação de pares para estabelecer a relação entre as variáveis, tendo-se como exemplo Thanh e De Smedt (2011), Song et al. (2010), e Ying et al. (2007).

O AHP é uma técnica de tomada de decisão multicritério, que pode ser utilizada dentro de um ambiente de SIG. Ho (2008) destaca que a eficácia do AHP na avaliação de problemas que envolvem múltiplos e diversos critérios levou ao seu reconhecimento em diferentes campos de aplicação. Ouma e Tateishi (2014) explicam que os métodos de análise multicritérios fornecem uma estrutura que pode lidar com diferentes pontos de vista sobre a identificação dos elementos de um problema de decisão complexa, organizar os elementos em uma estrutura hierárquica e estudar as relações entre as componentes do problema.

Dando suporte ao estudo da vulnerabilidade ambiental, destacam Rodrigues e Pinese Júnior (2012), o AHP, desenvolvido por Thomas L. Saaty na década de 70 consiste na criação de uma hierarquia de decisão, composta por níveis ou classes de importância que permitem uma visão global das relações inerentes ao processo. Para estabelecer a importância relativa de cada fator da hierarquia são elaboradas matrizes de comparação para cada nível, onde os resultados das matrizes são ponderados entre si (SILVA; NUNES, 2009).

É fundamental a estruturação do problema pelo tomador de decisão, o que é facilitado pelo uso da AHP, pois permite uma estrutura hierárquica dos critérios, com alocação de pesos a critérios específicos, permitindo-se assim lidar com decisões complexas devido a multicritérios envolvidos. É dito por Estoque e Murayama (2010) que o AHP ao invés de prescrever uma decisão correta, ajuda o tomador de decisão a encontrar o que melhor se adapte às suas necessidades e sua compreensão do problema, permitindo a participação ativa dos tomadores de decisão na exploração de todas as opções possíveis para entender completamente os problemas subjacentes antes de chegar a um acordo ou chegar a uma decisão. Portanto, o AHP visa julgar as alternativas dadas para um determinado objetivo, desenvolvendo prioridades para essas alternativas e critérios (OUMA; TATEISHI, 2014).

Na utilização do AHP, Saaty (2008) enfatiza que esta é uma técnica de comparação par-a-par, usada para derivar as prioridades para os critérios em termos de sua importância na realização do objetivo, com comparações de pares em termos de seu peso em relação a cada critério. O AHP baseia-se assim em três princípios: decomposição, julgamento comparativo e síntese de prioridades.

O uso desta técnica na análise de vulnerabilidade voltada ao rural produtivo, na delimitação territorial em UGRHIs no Estado de São Paulo, permite que análises sejam realizadas numa concepção de ação local, levando-se em conta particularidades inerentes às diferentes regiões hidrográficas paulistas, num ambiente de SIG com análise multicritérios. Os resultados para cada UGRHI podem ser vistos como espaços locais para ações regionais, devido as especificidades conjuntas destas regiões, tanto físicas, bióticas e econômicas, permitindo ainda que as ações derivadas sejam implementadas em maior medida, pois estas unidades possuem recursos próprios do erário para a condução de políticas públicas de mitigação das vulnerabilidades apontadas.

2 Materiais e Métodos

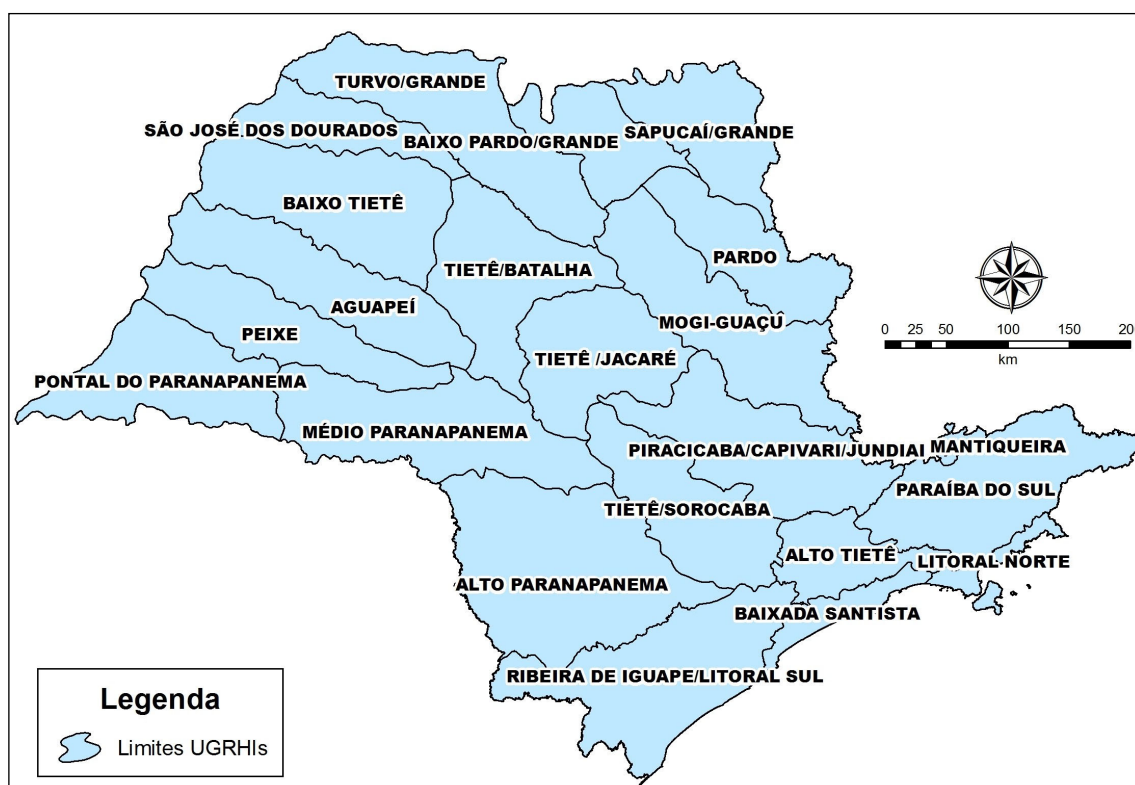
2.1 Base de dados

A base de informações das análises aqui realizadas é o Levantamento Censitário de Unidades de Produção Agropecuária (LUPA) no ano agrícola de 2016/2017 (dados não depurados), realizado pela Secretaria de Agricultura e Abastecimento (SAA) (SÃO PAULO, 2018). A unidade básica de análise é a Unidade de Produção Agropecuária (UPA).

O período de referência do levantamento refere-se sempre ao ano agrícola, o que explica a existência de parte de dois anos civis na caracterização de cada censo, sendo as informações nele contidas relativas ao recenseamento de agosto do primeiro ano a julho do último. O ano agrícola mostra mais claramente a situação do segmento rural e permite uma melhor avaliação econômica e financeira com escopo voltado às tomadas de decisões a este setor.

2.2 Vulnerabilidade agrária-socioambiental

Para a análise de vulnerabilidade, com intuito de estabelecer a importância relativa de cada fator no processo de identificação da vulnerabilidade ambiental, levando-se em consideração parâmetros do ambiente, critérios socioeconômicos, econômicos e organizativos das Unidades de Produção Agropecuária, foi utilizada como unidade de análise espacial as 22 Unidades de Gerenciamento de recursos Hídricos - UGRHs (Figura 1) do Estado de São Paulo, vetorizadas conforme a base de municípios do Instituto Geográfico e Cartográfico (IGC, 2010).



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 1. Unidade de análise para o estudo de vulnerabilidade ambiental – UGRHs.

O método AHP foi utilizado para hierarquização das variáveis envolvidas. Sendo adotadas sete variáveis para a análise: critérios de uso do solo (práticas conservacionistas de solo e exploração agrícola), critérios socioeconômicos, critérios econômicos, e critérios ambientais (topografia, clima e solo), conforme Tabela 1.

Tabela 1. Critérios para análise de vulnerabilidade ambiental e sua função.

Critérios	Função
Práticas de conservação do solo realizadas pelas UPAs	Avaliar a capacidade dos agricultores para com a manutenção das condições funcionais para a agropecuária
Exploração Agrícola realizada pelas UPAs	Ponderar sobre a flexibilidade e velocidade de alteração de cultura frente a mudanças
Critérios Socioeconômicos das UPAs	Ponderar sobre a capacidade organizativa e de adaptação socioeconômica
Critérios Econômicos das UPAs	Ponderar sobre dependência financeira da produção agropecuária pelo produtor
Topografia	Ponderar sobre condições topológicas para a sustentabilidade de atividades agropecuárias
Clima	Ponderar sobre as condições climáticas para o bom desenvolvimento de atividades agropecuárias
Solo	Ponderar sobre a sustentabilidade do solo para o bom desenvolvimento de atividades agropecuárias

Fonte: Elaborado pelos autores.

As variáveis da análise de vulnerabilidade são as contidas na Tabela 2, provenientes de bases vetoriais disponíveis na web e dos dados do LUPA 16/17, divididas em alto, médio e baixo grau de vulnerabilidade.

A variável “práticas conservacionistas do solo” refere-se às condutas do produtor nas explorações agropecuárias, sendo que sua contabilização se deu por porcentagem de UPAs na UGRHI, indicando-se assim a porcentagem de envolvidos na aplicação dessas ações de preservação do solo.

Tabela 2. Critério de análise para vulnerabilidade.

Critérios	Unidade	Vulnerabilidade ambiental		
		Baixa	Média	Alta
Práticas de conservação do solo	Número de UPAs	Realiza Plantio Direto e/ou	Pelo menos duas das práticas abaixo:	Menos que duas das práticas ao lado
			Adubação orgânica	
			Adubação mineral	
		Realiza práticas de conservação do solo	Adubação verde	
			Realiza Manejo Integrado de Pragas	
			Realiza análises de solo	
Exploração Agrícola	Número de UPAs	Grupo das olerícolas	Grupo dos grãos	Grupo das frutas

continua

continuação

Critérios	Unidade	Vulnerabilidade ambiental		
		Baixa	Média	Alta
Critérios socioeconômicos	Número de UPAs	Realiza pelo menos uma atividade econômica rural e não agropecuária:	Pelo menos quatro ocorrências:	Menos que quatro ocorrências dos critérios ao lado
		Transformação artesanal	Utiliza assistência técnica oficial	
		Turismo rural/ecoturismo	Utiliza assistência técnica privada	
		Restaurante/lanchonete	É associado	
		Plasticultura	É cooperado	
		Pesque-pague	É sindicalizado	
		Outras atividades econômicas rurais	Utiliza crédito rural	
		Hotel fazenda/pousada/spa	Dispõe de energia elétrica	
		Hidroponia	Faz escrituração agrícola	
			Utiliza seguro rural	
Critérios econômicos	Número de UPAs	Menos que 40% da renda proveniente da UPA	Entre 40 e 70% da renda proveniente da UPA	Mais que 70% da renda proveniente da UPA
Topografia	Área	Declividades < 7°	Declividades ≥ 7 e < 25°	Declividades ≥ 25°
Clima	Área	Am	Cwb	Aw
		Af		
		Cfb	Cfa	Cwa
		Cwc		
Solo	Área	Latossolos	Argissolos	Espodossolos
				Gleissolos
		Organossolos	Nitossolos	Neossolos
				Cambissolos
		Chernossolos	Luvissolos	Planossolos
				Plintossolos

Fonte: Elaborado pelos autores.

As explorações agrícolas entram como critério de vulnerabilidade, pois o grupo das olerícolas (área da horticultura que abrange a exploração de hortaliças e que engloba culturas folhosas, raízes, bulbos, tubérculos, frutos diversos e partes comestíveis de plantas) possui baixa vulnerabilidade às mudanças climáticas, pois por serem culturas de ciclo curto, permitem uma rápida adaptação pelo agricultor, permitindo-se a rápida alteração da exploração sobre a área gerida, seguido do grupo dos grãos, pela sua característica temporária, porém de média facilidade de alteração para outras (devido a área envolvida na exploração e os recursos investidos em sua

instalação), colocando-se o grupo das frutas como de alta vulnerabilidade, devido a sua dependência do regime pluviométrico e clima, e ainda levando-se em conta a dificuldade na alteração de cultura explorada, devido aos custos. Esta variável foi contabilizada conforme o número de UPAs envolvidas em cada exploração.

Os critérios socioeconômicos indicam a capacidade organizativa dos agricultores e refletem a sua capacidade de mobilização diante de possíveis alterações climáticas e mudanças no ambiente.

A variável topografia, clima e solo referem-se ao mapeamento da superfície do território de São Paulo e são contabilizadas de acordo com as proporções de área de ocorrência de cada parâmetro, conforme o grau de vulnerabilidade.

A análise da topografia foi realizada utilizando-se o Projeto MDE CATI (CATI, 2016), consistindo este num modelo contínuo da superfície terrestre, ao nível do solo, representado por uma malha digital de matriz cartográfica encadeada, ou raster, onde cada célula da malha possui um valor de elevação (altitude) do terreno, sendo então calculada a declividade, por meio do fatiamento em classes de declive.

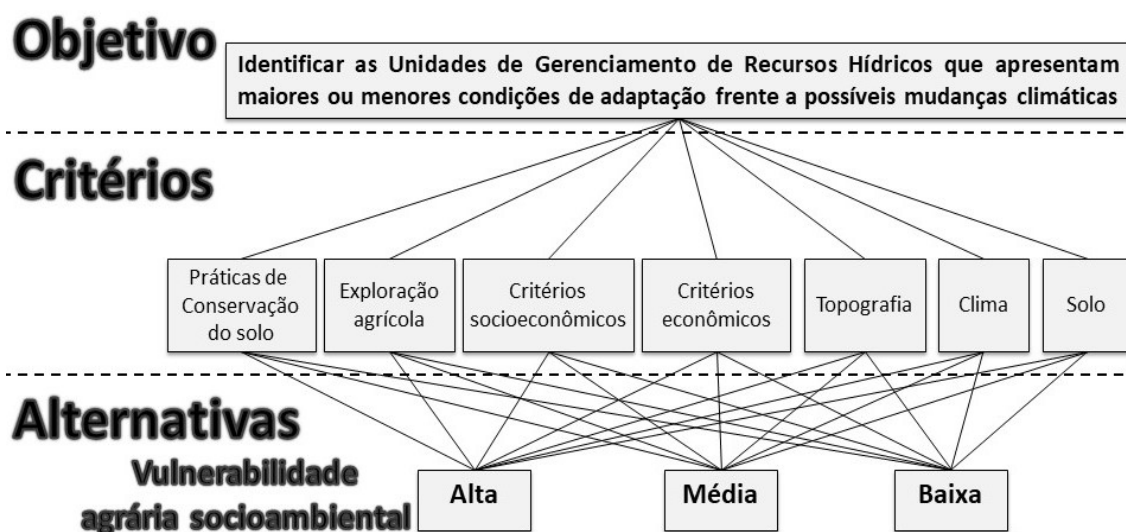
As classes de declive adotadas para a classificação da vulnerabilidade levam em consideração as áreas de uso restrito (entre 25° e 45° - Lei Federal nº12.651/2012), e as áreas passíveis de mecanização para a cultura da cana-de-açúcar (atualmente até 12%, ou seja, 7°).

O clima é proveniente da classificação efetuada por Alvares *et al.* (2013), na qual os autores realizaram uma atualização da classificação climática de Koëppen (sistema de classificação global dos tipos climáticos mais utilizada em geografia, climatologia e ecologia) para São Paulo, sendo as ocorrências em São Paulo: climas tropicais (Aw-clima tropical com estação seca, Am-clima de monção, Af-clima tropical húmido em clima equatorial) e climas temperados (Cfa-clima temperado húmido com verão quente, Cfb-clima temperado húmido com verão temperado, Cwa-clima temperado húmido com inverno seco e verão quente, Cwb-clima temperado húmido com inverno seco e verão temperado, Cwc-clima temperado húmido com inverno seco e verão curto e fresco). A separação das classificações climáticas nas classes de vulnerabilidade alta, média e baixa se deu em função das características de disponibilidade hídrica e temperaturas adequadas ao longo do ano para o desenvolvimento das atividades agropecuárias.

O sistema de classificação climática de Koëppen é amplamente utilizado para tal descrição e vem sendo empregado em diversas áreas, tais como meteorologia (VIANELLO; ALVES, 2013), climatologia (ROHLI; VEGA, 2012), geografia (PETERSEN; SACK; GABLER, 2012), ecologia (ADAMS, 2009), e agrometeorologia (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002), além de ser descritivo sempre presente quando de caracterização de áreas experimentais em trabalhos de revistas indexadas. Os tipos climáticos de Koëppen são simbolizados por dois ou três caracteres, sendo que o primeiro indica a zona climática e é definido pela temperatura e precipitação, o segundo considera a distribuição das chuvas e o terceiro é a variação da temperatura sazonal.

Os grupamentos de solos, pertencentes a 12 classes de 1º nível taxonômico (Ordem) foram obtidos de Rossi (2017), no qual a classificação pedológica das diferentes ocorrências de solo do Estado é apresentada, tendo o autor agrupado levantamentos pedológicos de diversos autores e regiões de São Paulo. A base de análise ocorre no nível de ordem dos solos, sendo as ocorrências em São Paulo: Espodossolos (solos geralmente ácidos e pouco profundos), Gleissolos (saturados com água), Neossolos (solos rasos e arenosos), Cambissolos (elevado teor de minerais primários), Argissolos (possuem nítida diferenciação entre camadas do solo), Nitossolos (solos homogêneos entre camadas e argilosos), Latossolos (solos profundos, bem drenados e com alta resiliência), Organossolos (solos orgânicos, em condições de saturação com água), Planossolos (solos minerais mal drenados), Plintossolos (presença de camada de impedimento ao crescimento radicular), Luvisolos (camada subsuperficial com argila de atividade alta e alta saturação por bases), Chernossolos (solos de cor escura, férteis e agricultáveis).

No método AHP estabelece-se o objetivo, os critérios envolvidos e as alternativas, conforme Figura 2. Os diferentes fatores que influenciam a tomada de decisão são comparados dois a dois, na mesma ordem de importância estabelecida. Variáveis de maior importância transmitem sua influência para as variáveis menos importantes, em níveis hierárquicos mais baixos, que por sua vez contribuem também com a funcionalidade e coerência nos níveis superiores (SAATY, 1986). Ao final do processo, os pesos gerados para cada variável irão gerar uma função de agregação aditiva, na qual, para cada alternativa específica, será atribuído um valor final que possibilitará a ordenação global de todas as alternativas.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 2. Estrutura de análise hierárquica da vulnerabilidade ambiental.

A comparação pareada entre os critérios definidos foi realizada pelos técnicos das Unidades Técnicas de Engenharia (UTE) do órgão de assistência técnica e extensão rural (ATER) paulista, sendo esta equipe composta por onze profissionais de nível superior, com mais de 30 anos de experiência em projetos de engenharia, dentro dos programas da pasta da SAA (estradas rurais, práticas de conservação do solo, atividades de geomática, planejamento de propriedades, entre outros), com ações desenvolvidas em todo o território paulista, conhecendo assim as particularidades das diferentes realidades das regiões, buscando-se trazer os elementos do local para as inferências regionais. Desta forma, destaca-se que a ponderação entre as variáveis será sob a óptica dos gestores e atores do órgão responsável pelas ações de ATER em São Paulo. As entrevistas foram aprovadas pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), CAAE nº 93797618.2.0000.8142 (CEP-UNICAMP), parecer número 2.917.644.

Os cruzamentos e processamento das informações foi realizado com uso dos *softwares* ArcGIS versão 10.5.1 e Excel 2010, utilizando-se de ferramentas de consulta e processamento espaciais, ferramentas avançadas de edição de tabelas e tabulação cruzada. Os dados são provenientes e retroalimentados em banco de dados Oracle versão 12c.

3 Resultados e Discussão

3.1 Vulnerabilidade agrária-socioambiental em São Paulo

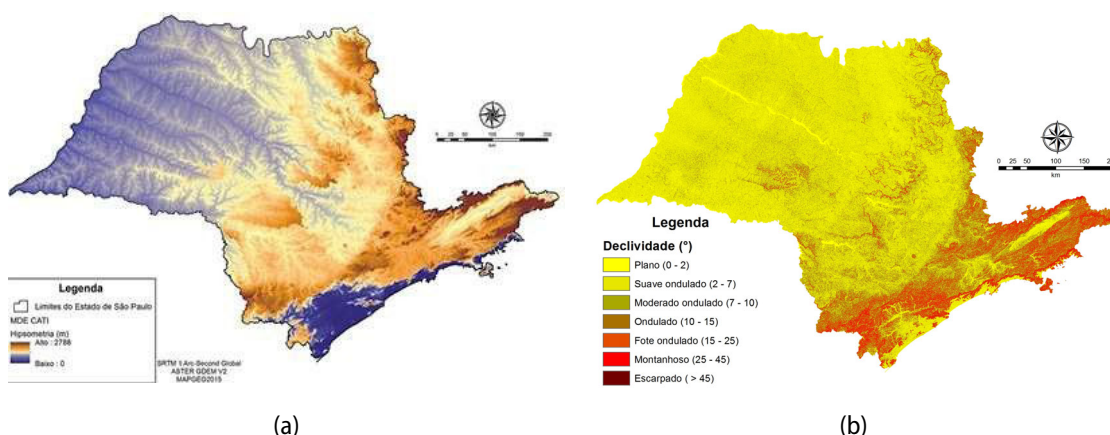
Malta, Costa e Magrini (2017) afirmam que nos últimos anos, o termo vulnerabilidade tornou-se palavra-chave nos estudos sobre risco ambiental e mudanças climáticas. É destacado por Gallopín (2006) que o conceito de vulnerabilidade é bem amplo, sendo desta forma adaptado para diferentes áreas do conhecimento.

Muitas vezes, para que esta vulnerabilidade se torne mensurável, a dimensão territorial é utilizada como base de análise, e conforme afirmam Egler, Bessa e Gonçalves (2013), o território é a manifestação mais evidente dos processos econômicos, sociais e políticos que moldam a região enquanto espaço vivido.

Unindo as informações até então apresentadas para o setor agropecuário paulista, com informações de explorações agrícolas, dados econômicos e socioambientais das UPAs, e ainda informações de relevo, solo e clima de São Paulo, foi desenvolvida análise com vistas a identificação da vulnerabilidade agrária- socioambiental frente às influências ambientais das mudanças climáticas.

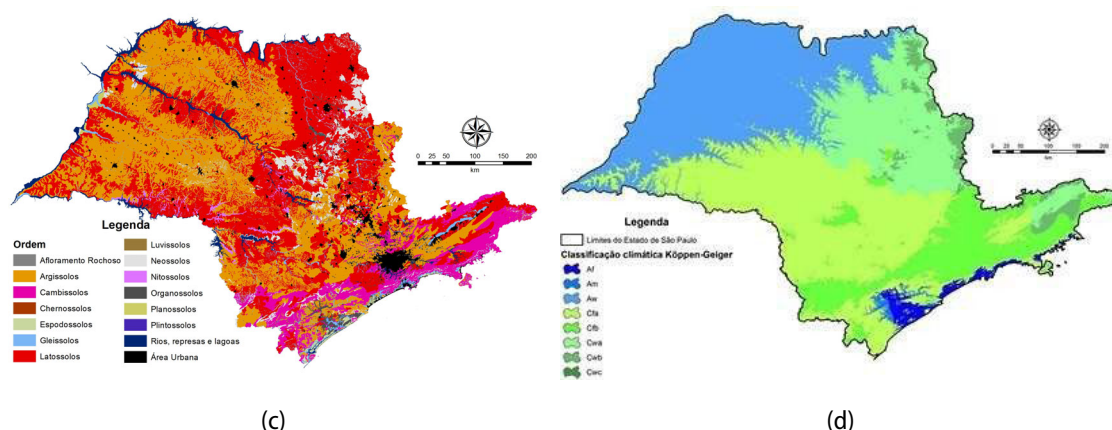
Na Figura 3, são apresentadas as bases de relevo, solo e clima de São Paulo levadas em consideração: (a) modelo digital de elevação, base para as análises de topografia das UGRHs, (b) mapa de declividades, derivado do processamento do primeiro, (c) mapa de solos, base para as análises de vulnerabilidade na variável solo, e (d) mapa de clima, base para as análises de vulnerabilidade na variável clima. Tais elementos visam compreender como as variáveis preestabelecidas aos agricultores, ou seja, o local no qual estes realizam suas atividades agropecuárias irá colocá-los em situação de maior ou menor vulnerabilidade frente às influências ambientais.

Para fins metodológicos e analíticos, a vulnerabilidade socioambiental aqui trabalhada, segue a conceituada por Alves (2006), sendo definida como a coexistência ou sobreposição espacial entre grupos populacionais sob risco (vulnerabilidade social) e áreas de risco (vulnerabilidade ambiental). Neste sentido, é justamente a combinação destas duas dimensões que está sendo considerada sob o enfoque ao setor agropecuário. Figueiredo *et al.* (2010) ressalta que estudos usualmente consideram pelo menos um dos fatores: exposição de um sistema às perturbações, sensibilidade do meio e capacidade adaptativa, sendo necessário o pronto esclarecimento desses conceitos em análises de vulnerabilidade.



continua

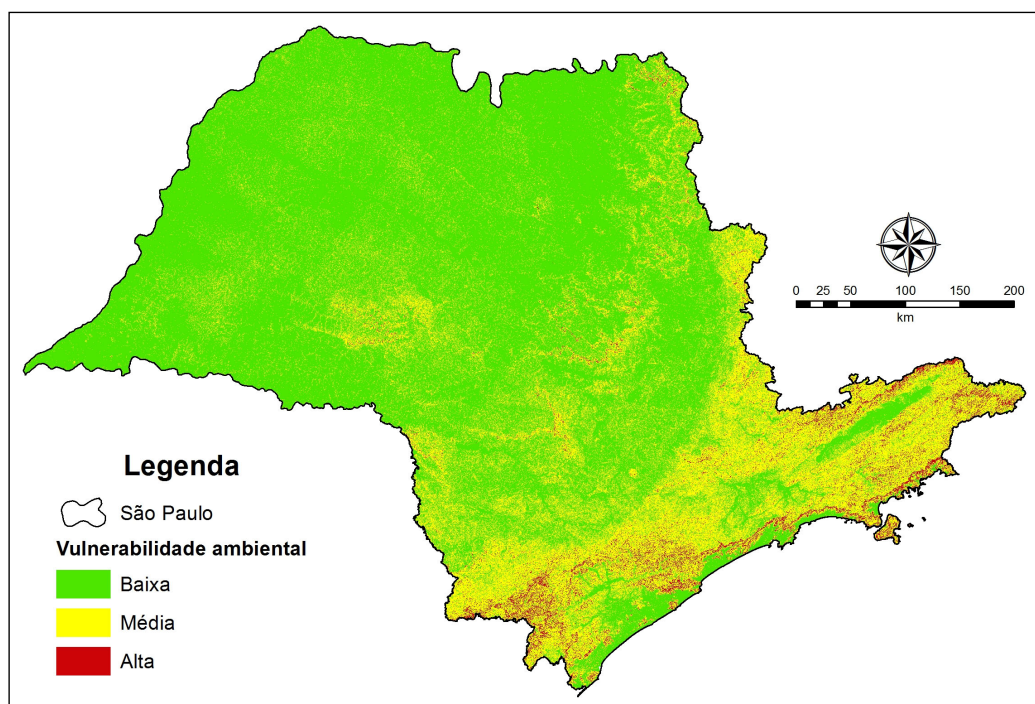
continuação



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 3. Bases vetoriais e matriciais para análise: (a) modelo digital de elevação, (b) mapa derivado de declividade, (c) mapa de solos, e (d) mapa de classificação climática.

Desta forma, o primeiro elemento em consideração para a definição de vulnerabilidade agrária-socioambiental refere-se à formação topográfica, seguindo-se a metodologia exposta na Tabela 2, obteve-se o mapa da Figura 4.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 4. Vulnerabilidade ambiental sob o enfoque topográfico.

As áreas em vermelho representam situação de alta vulnerabilidade ambiental para o setor agropecuário, pois pelo fato de possuírem acentuada declividade, possuem riscos em casos de regimes de pluviosidade aumentada e intensificada. Cruz, Pinese Junior e Rodrigues (2010) destaca que quanto mais inclinado é o relevo, maior a suscetibilidade aos processos erosivos, uma vez que a intensidade do fenômeno

depende da escoamento.

A definição de vulnerabilidade ambiental, de acordo com Olímpio e Zanella (2011), representa uma importante ferramenta para a tomada de decisão, notavelmente para os gestores públicos, ao indicar espacialmente a dinâmica do meio natural e, consequentemente, indicar as potencialidades e as limitações, bem como os riscos das ocupações impróprias, em cada porção do espaço.

Realizou-se então uma tabulação cruzada com os limites das UGRHIs, obtendo-se a Tabela 3. Constata-se que como um todo, o Estado de São Paulo possui excelentes características topográficas para o desenvolvimento da agricultura em seu território, pois 70,0% deste possui baixa vulnerabilidade neste quesito.

Tabela 3. UGRHIs e porcentagem da área em vulnerabilidade ambiental sob o enfoque topográfico.

UGRHI	Vulnerabilidade topográfica (%)		
	Baixa	Média	Alta
AGUAPEÍ	82,8	17,1	0,2
ALTO PARANAPANEMA	55,3	43,6	1,1
ALTO TIETÊ	40,9	56,8	2,4
BAIXADA SANTISTA	46,8	38,8	14,4
BAIXO PARDO GRANDE	95,6	4,4	0,0
BAIXO TIETÊ	91,6	8,4	0,0
LITORAL NORTE	18,5	52,4	29,2
MANTIQUEIRA	10,0	75,3	14,7
MÉDIO PARANAPANEMA	83,8	16,2	0,0
MOGI GUAÇU	79,2	20,2	0,6
PARAÍBA DO SUL	22,9	65,1	12,0
PARDO	68,7	30,3	1,0
PEIXE	81,9	17,6	0,5
PIRACICABA CAPIVARI JUNDIAI	56,0	42,0	2,0
PONTAL DO PARANAPANEMA	92,2	7,8	0,0
RIBEIRA DE IGUAPE LITORAL SUL	28,8	57,5	13,7
SÃO JOSÉ DOS DOURADOS	89,1	10,9	0,0
SAPUCAÍ GRANDE	79,2	19,6	1,2
TIETÊ JACARÉ	83,8	15,8	0,4
TIETÊ BATALHA	87,0	13,0	0,0
TIETÊ SOROCABA	60,7	38,5	0,8
TURVO GRANDE	91,7	8,2	0,0
TOTAL	70,0	27,4	2,6

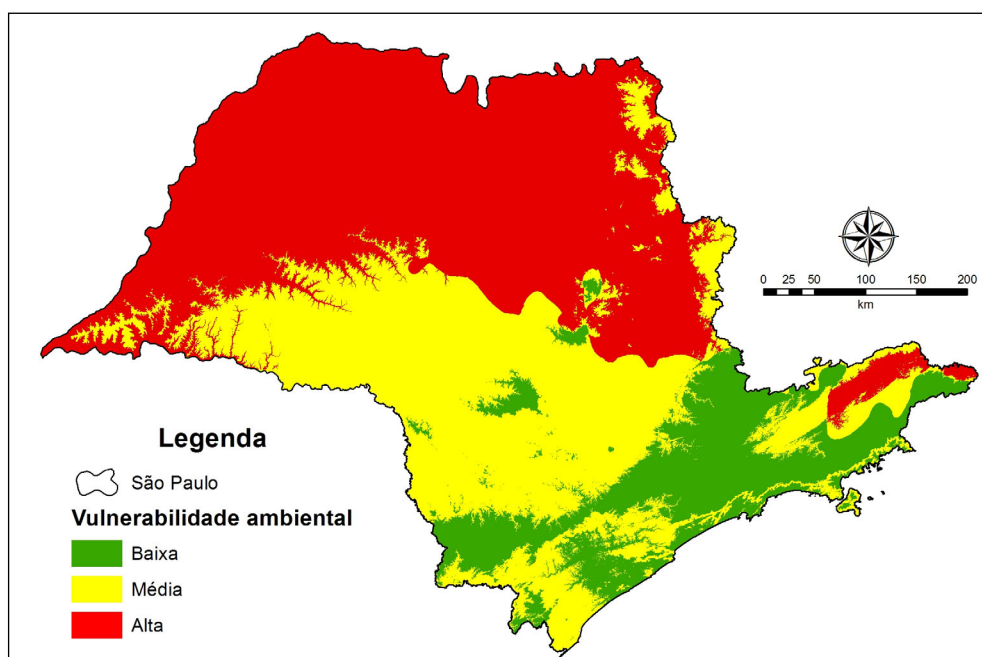
Fonte: Elaborado pelos autores.

Quatro UGRHIs, Litoral Norte, Mantiqueira, Baixada Santista e Ribeira de Iguaape e Litoral Sul possuem mais de 13% de sua área sob alta vulnerabilidade, fato esse que corrobora com constatações anuais nestas regiões, com constantes deslizamentos de terra em épocas de chuva, diminuição dos espaços para as explorações agropecuárias, bem como a perda de sua produção por conta das características topográficas associadas com as climáticas. Importante também destacar que a alta vulnerabilidade neste quesito para a

agropecuária, corresponde a elemento de manutenção da vegetação nativa em São Paulo.

Mukesh *et al.* (2017) destacam que a vulnerabilidade natural e ambiental é altamente afetada por más condições climáticas, menor cobertura agrícola, degradação da terra e altas atividades socioeconômicas.

Partiu-se então para a obtenção do mapa de vulnerabilidade ambiental sob o enfoque do clima de São Paulo (Figura 5), agrupando-se as classificações climáticas de Köppen-Geiger de acordo com o padrão temporal ao longo do ano, com vistas a condições que permitam um pleno desenvolvimento da maioria das culturas, com disponibilidade regular de água e variações de temperatura com baixo regime de alternância em extremos.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 5. Vulnerabilidade ambiental sob o enfoque climático.

O mapa obtido permite acrescentar uma nova justificativa ao desenvolvimento urbano ao eixo da BR-116 entre São Paulo e Rio, favorecendo o desenvolvimento do urbanizado em função das baixas condições ao desenvolvimento da agropecuária. Permite ainda explicar o atual estado de degradação das pastagens no oeste de São Paulo, e ainda o uso intenso de irrigação na região de Guairá (norte do Estado).

As áreas de baixa vulnerabilidade ambiental sob o enfoque do clima vêm atualmente intensificando o plantio de culturas agrícolas como do feijão (região de Itapetininga – centro/sul do Estado), e olerícolas, principalmente morango e hortaliças (região de Bragança Paulista e Mogi das Cruzes respectivamente).

Com a tabulação cruzada para a variável vulnerabilidade ambiental sob o enfoque do clima (Tabela 4), obteve-se uma porcentagem de 48,1% de São Paulo, em alta vulnerabilidade neste quesito. Tal valor corrobora com a bibliografia até então abordada, e também com Siqueira e Peterson (2003), indicando que com as mudanças climáticas, o território paulista perderá grande parte de sua área produtiva, vindo a ocorrer uma alteração brusca da dinâmica de uso do solo.

A identificação de regiões ambientalmente vulneráveis ao clima é um aspecto importante do manejo de recursos florestais segundo Zou e Yoshino (2017), especialmente em formações florestais que exibem sensibilidade à mudança climática. As regiões de alta vulnerabilidade ambiental sob o enfoque do clima, apesar de serem voltadas neste estudo ao desenvolvimento da agropecuária, servem também de indicativo de cuidados

mais intensos na condução de projetos de restauração florestal nestas áreas.

Tabela 4. UGRHIs e porcentagens da área em vulnerabilidade ambiental sob o enfoque climático.

UGRHI	Vulnerabilidade climática (%)		
	Baixa	Média	Alta
AGUAPEÍ	0,0	27,0	73,0
ALTO PARANAPANEMA	23,9	76,1	0,0
ALTO TIETÊ	99,1	0,9	0,0
BAIXADA SANTISTA	74,5	25,5	0,0
BAIXO PARDO GRANDE	0,0	0,0	100,0
BAIXO TIETÊ	0,0	0,4	99,6
LITORAL NORTE	52,5	47,5	0,0
MANTIQUEIRA	50,7	49,3	0,0
MÉDIO PARANAPANEMA	5,6	94,1	0,4
MOGI GUAÇU	3,0	9,1	87,9
PARAÍBA DO SUL	41,5	37,4	21,2
PARDO	0,0	20,8	79,2
PEIXE	0,0	38,3	61,7
PIRACICABA CAPIVARI JUNDIAI	33,7	45,9	20,4
PONTAL DO PARANAPANEMA	0,0	39,2	60,8
RIBEIRA DE IGUAPE LITORAL SUL	43,8	56,2	0,0
SÃO JOSÉ DOS DOURADOS	0,0	0,0	100,0
SAPUCAÍ GRANDE	0,0	21,1	78,9
TIETÊ JACARÉ	4,2	43,0	52,7
TIETÊ BATALHA	0,0	21,2	78,8
TIETÊ SOROCABA	19,2	80,8	0,0
TURVO GRANDE	0,0	0,0	100,0
TOTAL	15,0	36,9	48,1

Fonte: Elaborado pelos autores.

Algumas UGRHIs merecem atenção especial, pois possuem a totalidade ou quase toda sua área, em condição de alta vulnerabilidade ambiental ao clima, necessitando assim de práticas físicas intensivas de conservação do solo, às quais se não realizadas, podem significar a constante e crescente perda de material base à produção, o solo, com a intensificação dos processos de alteração do clima.

Apenas a UGRHI do Alto Tietê apresentou elevado valor para vulnerabilidade baixa (99,1% de seu território), constatação esta que pode contribuir negativamente para a percepção das mudanças climáticas pela população paulista formadora de opinião, pois esta é a região mais populosa do Estado, berço das políticas públicas e principal divulgadora de tendências, mascarando assim a possibilidade de regimes de percepção da alteração do meio pela população urbana.

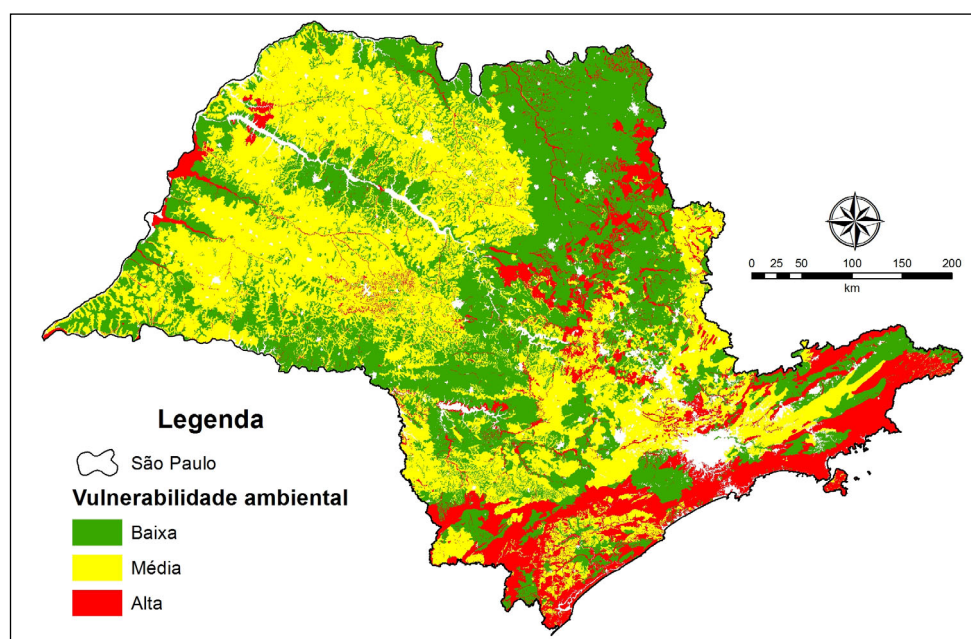
Ao tomar o espaço geográfico como uma dimensão fundamental da vida em sociedade e não apenas como palco ou cenário que pouco influencia essa vida, é preciso conhecer em profundidade todas as relações intrínsecas a natureza e a sociedade, sobre um olhar de sua diversidade e interatividade que se materializa no

mundo moderno (BERTRAND; BERTRAND, 2007).

Os solos figuram neste quesito como o principal meio de desenvolvimento da agropecuária, com suas características de formação e propriedades físico-químicas facilitando ou não a condução das atividades rurais.

Realizada a classificação dos solos conforme a metodologia apresentada, obteve-se o mapa de vulnerabilidade ambiental sob o enfoque dos solos (Figura 6).

Os graus de vulnerabilidade de cada tipo de solo foram determinados a partir de características físico-químicas que, por sua vez, contribuem ou restringem o desenvolvimento, de forma geral, das culturas agrícolas. Levou-se em consideração o exposto por Pinese Júnior e Rodrigues (2012) como os quesitos pedológicos, a suscetibilidade à erosão de cada tipo de solo, o poder de agregação das partículas e a capacidade de suporte à vegetação.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 6. Vulnerabilidade ambiental sob o enfoque dos solos.

Importante notar que as regiões obtidas como de baixa vulnerabilidade, refletem as terras mais férteis do Estado (*cuestas* basálticas, ou eixo nordeste- sudoeste), de áreas predominantes à exploração de cana-de-açúcar, e ainda as regiões de rizicultura no vale do Paraíba do Sul (leste) e também regiões de crescente desenvolvimento da agricultura periurbana, principalmente na região de Ibiúna.

Medeiros (2004) enfatiza que as ações acontecem em lugares específicos e os problemas a serem resolvidos possuem uma determinada localização geográfica, ou seja, encontra-se presente no tempo e no espaço. As altas vulnerabilidades ambientais para a agropecuária levando-se em consideração os solos, refletem ainda a prática de abandono destas terras ao longo do tempo, pelo seu baixo potencial agrícola, favorecendo a consolidação dos remanescentes florestais em São Paulo e a existência dos fragmentos florestais distribuídos ao longo do Estado.

A tabulação cruzada permitiu a identificação das UGRHIs com maiores porcentagens de área em baixa vulnerabilidade ambiental, que representam assim maior potencial à agropecuária, apresentando mais de 40% de sua área física, propícia à agricultura, sendo: Baixo Pardo Grande, Sapucaí Grande, Mogi Guaçu, Tietê/Jacaré, Médio Paranapanema, Pardo, Alto Paranapanema, Pontal do Paranapanema e Baixo Tietê, em ordem crescente

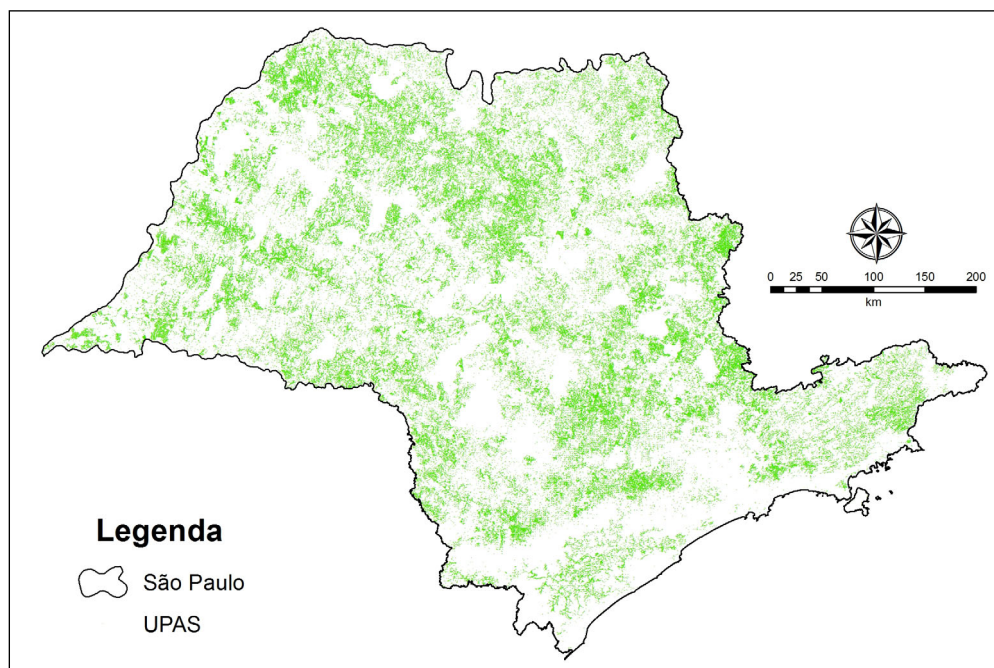
de área em baixa vulnerabilidade ambiental quanto aos solos.

Prates (2006) afirma que a categoria vulnerabilidade socioambiental pode captar e traduzir os fenômenos de sobreposição espacial e interação entre os problemas sociais e ambientais.

Para as análises das vulnerabilidades sociais e econômicas, as características das UPAs do censo LUPA 16/17 foram geoespacializadas, e possuem distribuição espacial apresentadas no mapa da Figura 7, às quais foram então cruzadas com as UGRHs conforme as seleções apontadas na Tabela 2 da metodologia.

Zanella *et al.* (2013) afirmam que as bacias hidrográficas estão estruturadas como um sistema, no qual a relação entre os diferentes componentes forma uma paisagem singular, marcada por uma dinâmica específica. Enfatiza-se que os componentes não se limitam aos elementos naturais, mas envolvem a sociedade, através dos reflexos de suas ações (processo produtivo, relações imateriais e as condições sociais, econômicas e institucionais) sobre a dinâmica hidrológica e dos demais processos associados.

Portanto, o uso das UGRHs como unidade de investigação, no qual as variáveis naturais e humanas nela presentes estão sempre em interação, possui fundamental importância para o planejamento e gestão territorial, e permite a visualização concreta das inter-relações entre as UPAs e o território explorado.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 7. Distribuição geoespacial de UPAs, LUPA 16/17.

O fato de se tratar de uma análise que relaciona estruturas espaciais às condições de vulnerabilidade socioambiental, de acordo com Silva, Batistella e Moran (2017), reforçam algumas abordagens emergentes empenhadas em mostrar que a construção do conceito de meio ambiente, como bem comum, muitas vezes se confunde com o próprio conceito de natureza.

Alves (2006) coloca ainda que o termo vulnerabilidade social tem sido utilizada com certa frequência por grupos acadêmicos e entidades governamentais da América Latina. Esta incorporação da noção de vulnerabilidade teve forte influência de organismos internacionais, como as Nações Unidas, o Banco Mundial e o Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento (BIRD).

No presente estudo busca-se considerar critérios agrários (práticas de conservação do

solo realizadas nas UPAs e tipos de exploração agrícola ocupadas pelas UPAs), econômicos (participação da UPA na renda familiar do produtor), e socioeconômicos (indicadores das UPAs que conferem maior ou menor dependência a fatores ambientais), criando-se assim uma perspectiva de vulnerabilidade agrária- socioeconômica, conforme Figura 8.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 8. Vulnerabilidade agrária-socioeconômica

Desta forma, unindo características da agricultura paulista que contribuem a uma maior ou menor adaptação às influências ambientais, sejam provenientes das mudanças climáticas ou suas consequências econômicas diretas ou indiretas por meio do mercado.

A vulnerabilidade socioambiental sob o enfoque econômico busca quantificar a dependência do produtor rural em relação a sua UPA, pois quanto mais dependente desta sua renda o for (100% de participação da UPA na renda familiar), maior sua vulnerabilidade neste critério. Agricultores com menor dependência direta da UPA possuem uma maior capacidade de se capitalizar em caso de possíveis quebras de safra e impactos na produção. A tabulação cruzada com as UGRHIs é apresentada na Tabela 5.

Tabela 5. UGRHIs e porcentagens de UPAs em vulnerabilidade socioambiental sob o enfoque econômico.

UGRHI	Vulnerabilidade relativa a renda (%)		
	Baixa	Média	Alta
AGUAPEÍ	44,3	20,6	35,1
ALTO PARANAPANEMA	38,2	18,6	43,1
ALTO TIETÊ	39,7	12,0	48,3
BAIXADA SANTISTA	54,7	22,8	22,4
BAIXO PARDO GRANDE	20,7	14,9	64,3
BAIXO TIETÊ	27,4	21,1	51,5
LITORAL NORTE	51,0	22,2	26,8

continua

continuação

UGRHI	Vulnerabilidade relativa a renda (%)		
	Baixa	Média	Alta
MANTIQUEIRA	45,5	18,5	36,0
MÉDIO PARANAPANEMA	31,3	16,3	52,4
MOGI GUAÇU	42,4	14,4	43,2
PARAÍBA DO SUL	63,2	12,2	24,6
PARDO	42,6	12,3	45,1
PEIXE	46,1	20,8	33,0
PIRACICABA CAPIVARI JUNDIAI	55,6	12,8	31,5
PONTAL DO PARANAPANEMA	27,1	23,7	49,2
RIBEIRA DE IGUAPE LITORAL SUL	51,1	16,3	32,6
SÃO JOSÉ DOS DOURADOS	30,1	20,2	49,7
SAPUCAÍ GRANDE	40,4	15,1	44,5
TIETÊ JACARÉ	50,4	15,3	34,2
TIETÊ BATALHA	29,6	19,8	50,5
TIETÊ SOROCABA	52,9	13,3	33,8
TURVO GRANDE	30,5	16,9	52,6
TOTAL	40,7	16,8	42,5

Fonte: Elaborado pelos autores.

Nota-se que UGRHIs com maiores porções de seu território já urbanizadas, como Paraíba do Sul, Piracicaba/Capivari/Jundiaí, Baixada Santista, Tietê/Sorocaba, Ribeira do Iguaçu/Litoral Sul, Litoral Norte, e Tietê/Jacaré possuem mais de 50% de suas UPAs em condição de baixa vulnerabilidade, o que provavelmente se correlaciona com as trocas existentes entre rural e urbano. Interessante notar que tal efeito não se verificou na UGRHI Alto Tietê, a qual apresenta 48,3% de suas UPAs em condição de alta vulnerabilidade, provavelmente associadas a agricultura de subsistência ao redor das grandes cidades.

Braga, Oliveira e Givisiez (2006) afirmam que a falta de resiliência é uma componente comportamental, comunitária e política, associada à capacidade de um grupo populacional absorver o choque de um desastre e se adaptar para voltar a um estado aceitável, e é esse conceito que deve ser levado em consideração na análise das ocorrências de baixa vulnerabilidade.

Outro elemento que interfere no processo erosivo é o tipo de uso do solo e a cobertura vegetal. Além de proteger o solo contra a perda de material, Pinese Júnior e Rodrigues (2012) afirmam que o uso adequado e a cobertura vegetal protegem-no diretamente contra efeitos degradantes ao solo e indiretamente na prevenção de impactos aos recursos hídricos e florestais, afetando consequentemente os elementos qualitativos no ambiente.

O grupo das frutas foi classificado como de alta vulnerabilidade, pois apesar de realizarem uma boa cobertura do solo, possuem uma alta interferência em sua produtividade em caso de alterações climáticas e exigem do proprietário elevadas quantias para a substituição da exploração, aliado ao fato do tempo envolvido para o início da produção, que em casos extremos de influências ambientais, como o identificado para a cultura da laranja, podem levar o produtor a falência. Além disso, muitos produtores de perenes possuem apenas essa atividade como principal e, portanto, permanecem no mesmo ramo mesmo em períodos de prejuízo, até entrar em colapso geral, em caso de

crise persistente por vários anos. Ou seja, há pouca flexibilidade ao produtor.

O grupo dos grãos, pelo seu caráter de cultura anual e, não muito expressiva característica de cobertura do solo, levou ao seu enquadramento nesta pesquisa como de média vulnerabilidade, pois em caso de quebra de safra por alterações climáticas, podem envolver o prazo de um ano para que o produtor perceba seu impacto, exigindo acesso a linhas de financiamento compensatório (seguro rural).

Pelo caráter transitório da olericultura, com diferentes explorações na mesma gleba ocupada, com culturas de ciclo curto, as UPAs com seu cultivo foram classificadas como de baixa vulnerabilidade, pois possuem o dinamismo necessário para a rápida substituição da cultura, mesmo que sua característica agrônômica seja de maior susceptibilidade a alterações climáticas. Como envolvem explorações de pequenas áreas com alto valor agregado, as UPAs com esta exploração possuem relação direta com os mercados consumidores, facilitando o acesso ao crédito e a prospecção de novas culturas e ou variedades adaptadas às mudanças que ocorrerem.

As porcentagens de UPAs em cada classificação de vulnerabilidade, por UGRHI é apresentado na Tabela 6. A UGRHI com o maior valor de porcentagem de UPAs em baixa vulnerabilidade é a do Alto Tietê (56,2%), o que associado com os maiores valores de áreas urbanizadas vêm novamente a corroborar com a teoria de Von Thünen, de que a olericultura ocorre no primeiro anel de entorno dos centros urbanos.

Sapucaí Grande e Médio Paranapanema possuem as maiores porcentagens de 79,48% e 76,65% respectivamente, significando boas condições da agricultura praticada nestas localidades para com possíveis influências ambientais. Baixada Santista e Ribeira de Iguape/Litoral Sul possuem mais de 70% de suas UPAs com alta vulnerabilidade neste aspecto indicando uma maior necessidade de políticas de seguro rural para o setor agropecuário nestas.

Abuodha e Woodroffe (2010) destacam que a paisagem, as condições climáticas, a infraestrutura, a situação industrial, o aumento da população, a menor conectividade entre os fragmentos florestais, produções florestais e agrícolas e assim por diante são a principal causa para identificar a vulnerabilidade natural e ambiental para fazer o equilíbrio entre fatores físicos (uma diversidade de processos naturais), atividades humanas (exploração e desenvolvimento da região) e processos econômicos.

Tabela 6. UGRHIs e porcentagens de UPAs em vulnerabilidade agrária sob o enfoque das explorações agrícolas.

UGRHI	Vulnerabilidade relativa a exploração agrícola (%)		
	Baixa	Média	Alta
AGUAPEÍ	22,6	26,6	50,8
ALTO PARANAPANEMA	20,2	62,0	17,8
ALTO TIETÊ	56,2	15,6	28,2
BAIXADA SANTISTA	26,7	2,7	70,6
BAIXO PARDO GRANDE	9,7	71,5	18,8
BAIXO TIETÊ	18,2	53,8	28,0
LITORAL NORTE	30,0	6,4	63,6
MANTIQUEIRA	32,3	18,3	49,4
MÉDIO PARANAPANEMA	10,2	76,7	13,2
MOGI GUAÇU	15,0	68,4	16,6
PARAÍBA DO SUL	14,5	39,2	46,3
PARDO	30,8	54,5	14,7

continua

continuação

UGRHI	Vulnerabilidade relativa a exploração agrícola (%)		
	Baixa	Média	Alta
PEIXE	21,2	24,0	54,8
PIRACICABA CAPIVARI JUNDIAI	21,3	42,2	36,5
PONTAL DO PARANAPANEMA	23,3	21,0	55,7
RIBEIRA DE IGUAPE LITORAL SUL	13,5	16,4	70,0
SÃO JOSÉ DOS DOURADOS	22,3	29,2	48,5
SAPUCAÍ GRANDE	12,5	79,5	8,0
TIETÊ JACARÉ	20,9	63,7	15,5
TIETÊ BATALHA	22,9	40,2	36,9
TIETÊ SOROCABA	31,7	45,9	22,4
TURVO GRANDE	21,3	39,1	39,6
TOTAL	21,1	47,4	31,5

Fonte: Elaborado pelos autores.

No critério socioeconômico em análise buscou-se trazer parte deste entendimento, unindo características da UPA que permeiam as questões econômicas, sociais e da paisagem local. O enquadramento como UPAs de baixa vulnerabilidade busca representar a possível independência da geração de recursos monetários da UPA em caso de efeitos danosos à produção agropecuária da UPA, buscando-se contabilizar as ocorrências de atividades econômicas rural e não agropecuária, como: Transformação artesanal, Turismo rural/ecoturismo, Restaurante/lanchonete, Pesque-pague, Outras atividades econômicas rurais, Hotel fazenda/pousada/spa e ainda técnicas de produção que a tornem independentes de fatores climáticos externos como: Hidroponia e Plasticultura.

No enquadramento como de média vulnerabilidade, buscou-se identificar as UPAs que possuem características organizativas e de gestão que a possibilitem se organizar frente a influências ambientais. Características como a utilização de assistência técnica oficial, e utilização assistência técnica privada, conferem ao produtor a capacidade de entender a problemática em que esteja envolvido, com ajuda de agentes externos a sua produção; a união organizativa em associações, cooperativas e sindicatos permitem a troca de informação entre seus grupos produtivos locais. A utilização de crédito e seguro rural conferem ao produtor os recursos monetários em caso de possíveis problemas no desenvolvimento de sua exploração agropecuária e o fato de dispor de energia elétrica e realizar escrituração agrícola (controle contábil da UPA) lhe permitem os recursos e o planejamento necessário para lidar com possíveis influências ambientais.

A porcentagem de UPAs por UGRHI, de acordo com o critério de vulnerabilidade socioeconômica é apresentada Tabela 7.

Nesta condição, conforme Katzman (1997) coloca, deve-se considerar também a situação das pessoas quanto à inserção e estabilidade no mercado de trabalho, a debilidade de suas relações sociais e o grau de regularidade de acesso aos serviços públicos ou a outras formas de proteção social, fato esse que se espelha nas políticas municipais de incentivo às práticas agropecuárias, muitas vezes confundidas com ações voltadas a conservação e restauração de matas. Deve-se caminhar para políticas que unam produção com conservação, visando a permanência e fixação da população no campo, fugindo da dicotomia ambiente e sociedade numa vertente de entendimento de sociedade no ambiente, não dissociados entre si.

Tabela 7. UGRHIs e porcentagens de UPAs em vulnerabilidade socioambiental sob o enfoque socioeconômico.

UGRHI	Vulnerabilidade socioeconômica (%)		
	Baixa	Média	Alta
AGUAPEÍ	1,5	37,6	60,9
ALTO PARANAPANEMA	6,5	24,1	69,4
ALTO TIETÊ	22,5	19,1	58,4
BAIXADA SANTISTA	12,2	6,8	81,0
BAIXO PARDO GRANDE	1,8	55,5	42,7
BAIXO TIETÊ	1,5	31,2	67,3
LITORAL NORTE	14,3	14,3	71,5
MANTIQUEIRA	14,4	3,7	81,8
MÉDIO PARANAPANEMA	3,6	49,7	46,7
MOGI GUAÇU	3,1	39,4	57,5
PARAÍBA DO SUL	7,0	17,9	75,1
PARDO	2,3	45,4	52,3
PEIXE	1,3	38,9	59,9
PIRACICABA CAPIVARI JUNDIAI	6,6	27,1	66,2
PONTAL DO PARANAPANEMA	1,2	42,2	56,6
RIBEIRA DE IGUAPE LITORAL SUL	3,0	9,6	87,4
SÃO JOSÉ DOS DOURADOS	1,0	27,9	71,1
SAPUCAÍ GRANDE	1,3	40,8	57,8
TIETÊ JACARÉ	2,8	39,3	57,9
TIETÊ BATALHA	3,1	40,7	56,2
TIETÊ SOROCABA	4,1	20,6	75,3
TURVO GRANDE	1,5	35,0	63,4
TOTAL	3,6	33,3	63,1

Fonte: Elaborado pelos autores.

O último critério levado em consideração na análise da vulnerabilidade agrária socioambiental refere-se diretamente ao setor agrário e suas práticas de condução da propriedade. Se a UPA realiza práticas de conservação do solo e/ou realiza Plantio Direto foi enquadrada como de baixa vulnerabilidade, pois se configuram como práticas agrícolas e agrônômicas que permitem a sustentabilidade em longo prazo da produção agropecuária e fornecem elementos físicos que protegem o solo de eventos extremos.

Se a UPA realiza pelo menos duas destas práticas: adubação orgânica, mineral, e/ou verde, MIP, e análises de solo; há elementos de gestão que indicam um produtor preparado a se adaptar a influências externas ambientais, com técnicas que favorecem a manutenção da produtividade das culturas.

A distribuição de porcentagem de UPAs por UGRHI neste quesito é apresentada na Tabela 8. Conclui-se que as práticas de conservação do solo não são ações recorrentes junto aos produtores das UGRHIs da Mantiqueira, Ribeira de Iguaape/Litoral Sul e Paraíba do Sul.

A UGRHI Turvo/Grande, com 79,2% de suas UPAs classificadas como de baixa vulnerabilidade, é a que possui o maior número de UPAs nesta classificação (22.024 UPAs), enquanto a UGRHI da Mantiqueira, com 14,1% das UPAs em baixa vulnerabilidade é a que possui o menor número de UPAs (137).

Importante ressaltar que esse critério indica a necessidade maior ou menor de políticas educativas junto à comunidade rural, de incorporação de práticas que permitam a sustentabilidade da produção agropecuária nas UPAs, sendo, portanto, um elemento de análise para indução de políticas de extensão rural com indução de técnicas agrícolas e agrônômicas.

Tabela 8. UGRHIs e porcentagens de UPAs em vulnerabilidade agrária sob o enfoque de práticas de conservação dos solos.

UGRHI	Vulnerabilidade relativa a conservação do solo (%)		
	Baixa	Média	Alta
AGUAPEÍ	65,9	5,2	28,9
ALTO PARANAPANEMA	53,5	10,5	36,1
ALTO TIETÊ	48,4	14,1	37,4
BAIXADA SANTISTA	41,8	28,2	30,0
BAIXO PARDO GRANDE	87,4	1,7	10,8
BAIXO TIETÊ	69,8	3,6	26,6
LITORAL NORTE	50,5	13,0	36,5
MANTIQUEIRA	14,1	12,6	73,3
MÉDIO PARANAPANEMA	84,3	2,9	12,8
MOGI GUAÇU	67,2	6,0	26,8
PARAÍBA DO SUL	12,4	26,4	61,2
PARDO	73,1	6,8	20,1
PEIXE	62,9	3,9	33,3
PIRACICABA CAPIVARI JUNDIAI	41,9	10,5	47,6
PONTAL DO PARANAPANEMA	51,4	6,4	42,2
RIBEIRA DE IGUAPE LITORAL SUL	13,3	22,5	64,2
SÃO JOSÉ DOS DOURADOS	73,6	3,9	22,5
SAPUCAÍ GRANDE	75,3	3,3	21,4
TIETÊ JACARÉ	78,2	3,6	18,2
TIETÊ BATALHA	78,3	3,0	18,8
TIETÊ SOROCABA	32,7	16,3	51,0
TURVO GRANDE	79,2	2,2	18,6
TOTAL	60,3	7,9	31,8

Fonte: Elaborado pelos autores.

Discussões acerca dos pesos entre as variáveis para obtenção da vulnerabilidade global do setor rural paulista foram iniciadas com os agentes de extensão rural em São Paulo, visando na sequência a análise da consistência da hierarquização dos critérios de priorização das diferentes vulnerabilidades em análises.

De acordo com Saaty (1980) os pesos atribuídos pelo julgador não precisam ser precisos, mas sim um valor estimado, pois se sabe pela teoria de autovalores⁶ que um especialista pode fazer pequenos erros no julgamento, causando uma pequena perturbação em torno de um autovalor simples, e o autovalor principal pode não ser mais consistente.

Visando-se a diminuição deste efeito, tomou-se como relação de especialistas para ponderação entre os critérios, os agentes de extensão rural de São Paulo membros

das UTE, realizado em reunião com a participação efetiva de todos nas discussões pautadas na planilha apresentada no Apêndice 1, e apresentada preenchida apenas a título ilustrativo na Figura 9. Importante ressaltar que esta classificação imputa às análises aqui apresentadas um olhar exclusivo dos agentes de extensão rural frente ao problema exposto, configurando-se, portanto, numa análise voltada para o setor agrário e realizada por tomadores de decisão que lidam diretamente com esse público.

Critérios	Extremamente mais importante	Muito mais importante	Mais importante	Levemente mais importante	Igual importância	Levemente mais importante	Mais importante	Muito mais importante	Extremamente mais importante	Critérios
Práticas de conservação do solo							X			Exploração agrícola
									X	Critérios Socioeconômicos
						X				Critérios Econômicos
							X			Topografia
					X					Clima
							X			Solo
Exploração agrícola								X		Critérios Socioeconômicos
							X			Critérios Econômicos
								X		Topografia
						X				Clima
						X				Solo
Critérios Socioeconômicos				X						Critérios Econômicos
			X							Topografia
			X							Clima
				X						Solo
Critérios Econômicos				X						Topografia
			X							Clima
				X						Solo
Topografia					X					Clima
					X					Solo
Clima						X				Solo

Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 9. Visualização da comparação pareada entre os critérios realizada pela equipe das UTE.

Silva e Nunes (2009) apresentam que o modelo AHP de Saaty (1980) é um processo de escolha baseada na lógica de comparação par a par, onde diferentes fatores que influenciam na tomada de decisão, são organizados hierarquicamente e comparados entre si, e um valor de importância relativa (peso) é atribuído ao relacionamento entre estes fatores, conforme uma escala pré-definida que expressa a intensidade com que um fator predomina sobre outro em relação à tomada de decisão. Este peso é atribuído da seguinte maneira: 9 para fatores extremamente mais importantes, 7 para fatores mais importantes, 5 para importantes, 3 para fatores levemente importantes, e 1 para comparações de igual importância.

Uma vez construída a hierarquia, avalia-se sistematicamente seus elementos, comparando-os um ao outro, em pares. Ao fazer as comparações, de acordo com Pinese Júnior e Rodrigues (2012), utilizam-se dados concretos sobre os elementos, ou julgamentos sobre o significado relativo ou a importância dos elementos. O AHP converte os julgamentos

em valores numéricos que podem ser processados e comparados sobre toda a extensão do problema. Um peso numérico, ou prioridade, é derivado para cada elemento da hierarquia, permitindo que elementos distintos e frequentemente incomensuráveis sejam comparados entre si. As comparações entre os atributos e as alternativas são registradas em matrizes na forma de frações entre 1/9 e 9. Cada matriz é avaliada pelo seu autovalor para verificar a coerência dos julgamentos. Esse procedimento gera uma “razão de coerência” que será igual a 1 se todos os julgamentos forem coerentes entre si.

A matriz de comparação entre os critérios para definição da vulnerabilidade agrária-socioambiental, construída com a classificação realizada pela equipe das UTE é apresentada na Tabela 9.

Tabela 9. Matriz de comparação entre os critérios de avaliação de vulnerabilidade agrária-socioambiental e respectivos cálculos do auto vetor e auto vetor normalizado.

	Práticas de conservação do solo	Exploração agrícola	Critérios Socioeconômicos	Critérios Econômicos	Topografia	Clima	Solo	Auto vetor	Auto Vetor Normalizado
Práticas de conservação do solo	1	1/5	1/9	1/3	1/5	1	1/5	0,31330	0,03185
Exploração agrícola	5	1	1/7	1/5	1/7	1/3	1/3	0,41901	0,04260
Critérios Socioeconômicos	9	7	1	3	5	5	3	3,91809	0,39831
Critérios Econômicos	3	5	1/3	1	3	5	3	2,16783	0,22038
Topografia	5	7	1/5	1/3	1	1	1	1,12867	0,11474
Clima	1	3	1/5	1/5	1	1	1/3	0,63139	0,06419
Solo	5	3	1/3	1/3	1	3	1	1,25850	0,12794
Soma	29,00	26,20	2,32	5,40	11,34	16,33	8,87	9,83679	1,00000

Fonte: Elaborado pelos autores.

A matriz foi construída de forma a facilitar a visualização matemática das comparações, bem como os elementos matriciais de autovetor e autovetor normalizado, e assim permitindo o cálculo do valor máximo do autovalor ($\lambda_{\max}$), que indica, uma boa estimativa dos coeficientes da matriz quando $\lambda_{\max}$ é próximo de n . Para o estudo em questão, o valor de n é igual a 7, definido pelo número de critérios em análise, e o valor obtido para $\lambda_{\max}$ foi de 7,63828, indicando uma boa estimativa.

Esse desvio de consistência é medido pelo índice de consistência ou coerência, e para a matriz em questão obteve-se um valor de 0,10638. Esse índice é dividido por um valor chamado de índice randômico⁷ variável de acordo com o número de critérios em análise, podendo-se então avaliar a sua aceitabilidade ou Razão de Consistência (RC), que de acordo com Saaty (1980) deve ser inferior a 20% para que esteja coerente, e se menor que 10% estará consistente, tendo-se obtido para a matriz construída o valor de 8,06%, demonstrando a consistência das comparações.

De acordo com Miara e Oka-Fiori (2007) o método AHP é eficiente por aplicar uma comparação par a par entre as variáveis, considerando as diferentes influências exercidas por cada variável aos processos que ocorrem dentro da bacia hidrográfica. Mesmo sendo o AHP um método de complexo entendimento e aplicação, as vantagens, apontadas por Pinese Júnior e Rodrigues (2012) são a menor subjetividade na determinação de pesos relativos e ainda a possibilidade de analisar o grau de coerência adotado pelo usuário, a partir da razão de consistência obtida.

Realizou-se então o cálculo dos pesos dos diferentes critérios, bem como o cálculo das porcentagens de enquadramentos (alternativas) das diferentes UGRHIs, apresentada para as primeiras unidades de gestão territorial hídrica na Tabela 10.

Desta maneira, a gestão por UGRHI apresentada, bem como os diferentes pesos de vulnerabilidade agrária-socioambiental da Tabela 10, podem minimizar estes problemas apontados, permitindo que os tomadores de decisão possam identificar as porcentagens de vulnerabilidade em cada UGRHI, independente de sua classificação como alta, média ou baixa.

Tabela 10. Matriz de resultado AHP para definição de vulnerabilidade agrária- socioambiental (parte 1).

Matriz de decisão								
Alternativas	Vetor critérios							
	Práticas de conservação do solo	Exploração agrícola	Critérios Socioeconômicos	Critérios Econômicos	Topografia	Clima	Solo	Total
	3,18%	4,26%	39,83%	22,04%	11,47%	6,42%	12,79%	100,00%
	AGUAPEÍ							
	Vetor de decisão							
Baixa	65,92	22,64	1,50	44,32	82,78	0,00	20,60	25,56
Média	5,23	26,58	37,59	20,61	17,06	27,04	71,98	33,72
Alta	28,85	50,78	60,91	35,08	0,16	72,96	7,41	40,72
	ALTO PARANAPANEMA							
	Vetor de decisão							
Baixa	53,47	20,22	6,51	38,23	55,31	23,93	43,99	27,09
Média	10,45	62,02	24,10	18,65	43,58	76,07	42,26	31,97
Alta	36,08	17,76	69,39	43,12	1,11	0,00	13,75	40,93
	ALTO TIETÊ							
	Vetor de decisão							
Baixa	48,43	56,21	22,50	39,66	40,86	99,09	24,59	35,84
Média	14,15	15,61	19,08	12,03	56,77	0,91	29,25	21,68
Alta	37,42	28,18	58,42	48,31	2,37	0,00	46,15	42,48
	BAIXADA SANTISTA							
	Vetor de decisão							
Baixa	41,78	26,69	12,19	54,74	46,79	74,49	5,16	30,19
Média	28,24	2,70	6,77	22,82	38,80	25,51	8,09	15,87
Alta	29,98	70,61	81,04	22,44	14,41	0,00	86,75	53,94
	BAIXO PARDO GRANDE							
	Vetor de decisão							
Baixa	87,43	9,72	1,82	20,72	95,63	0,00	87,10	30,61
Média	1,72	71,53	55,51	14,95	4,37	0,00	9,23	30,19
Alta	10,85	18,75	42,68	64,34	0,00	100,00	3,67	39,21
	BAIXO TIETÊ							
	Vetor de decisão							
Baixa	69,77	18,24	1,55	27,38	91,60	0,00	41,74	25,50
Média	3,61	53,80	31,20	21,08	8,40	0,37	53,46	27,31
Alta	26,61	27,96	67,25	51,54	0,00	99,63	4,80	47,19
	LITORAL NORTE							
	Vetor de decisão							
Baixa	50,48	29,97	14,25	50,97	18,47	52,51	0,24	25,31
Média	13,04	6,42	14,25	22,22	52,36	47,49	2,64	20,66
Alta	36,47	63,61	71,50	26,81	29,18	0,00	97,12	54,03
	MANTIQUEIRA							
	Vetor de decisão							
Baixa	14,14	32,26	14,45	45,51	10,01	50,66	36,67	26,70
Média	12,59	18,34	3,72	18,47	75,31	49,34	23,33	21,53
Alta	73,27	49,41	81,84	36,02	14,68	0,00	40,00	51,77
	MÉDIO PARANAPANEMA							
	Vetor de decisão							
Baixa	84,25	10,17	3,59	31,31	83,80	5,58	60,58	29,17
Média	2,93	76,65	49,69	16,33	16,18	94,06	37,68	39,46
Alta	12,82	13,18	46,72	52,36	0,02	0,36	1,74	31,37

continua

continuação

Matriz de decisão								
Alternativas	Vetor critérios							
	Práticas de conservação do solo	Exploração agrícola	Critérios Socioeconômicos	Critérios Econômicos	Topografia	Clima	Solo	Total
	3,18%	4,26%	39,83%	22,04%	11,47%	6,42%	12,79%	100,00%
	MOGI GUAÇU							
	Vetor de decisão							
Baixa	67,21	15,00	3,11	42,39	79,20	3,00	70,05	31,60
Média	5,96	68,39	39,36	14,38	20,19	9,10	18,06	27,16
Alta	26,83	16,61	57,53	43,23	0,62	87,90	11,89	41,24
	PARAÍBA DO SUL							
	Vetor de decisão							
Baixa	12,43	14,55	7,04	63,19	22,93	41,45	34,78	27,49
Média	26,36	39,15	17,89	12,22	65,07	37,38	24,54	25,33
Alta	61,21	46,30	75,07	24,59	11,99	21,17	40,68	47,18
	PARDO							
	Vetor de decisão							
Baixa	73,11	30,84	2,33	42,56	68,73	0,00	57,07	29,14
Média	6,84	54,49	45,39	12,33	30,27	20,81	21,92	30,95
Alta	20,06	14,67	52,28	45,11	1,00	79,19	21,01	39,91
	PEIXE							
	Vetor de decisão							
Baixa	62,85	21,24	1,25	46,13	81,92	0,00	16,21	25,05
Média	3,88	23,96	38,89	20,83	17,62	38,28	78,35	35,73
Alta	33,27	54,81	59,86	33,04	0,46	61,72	5,43	39,23

Fonte: Elaborado pelos autores.

A quase totalidade das UGRHIs desta primeira parte da análise foram classificadas como de alta vulnerabilidade agrário-socioambiental, com valores variando de 39,21% de alta vulnerabilidade para a UGRHI Baixo Pardo/Grande a 54,03% para a do Litoral Norte. Apenas a UGRHI do Médio Paranapanema apresentou uma média vulnerabilidade agrário-socioambiental, refletindo assim seu perfil forte na produção agrícola. A apresentação das porcentagens do vetor de decisão permite se identificar o quanto de cada alternativa para a vulnerabilidade foi classificada por UGRHI. A continuação desta tabela é apresentada na Tabela 11, na qual é realizado também o cálculo para o Estado de São Paulo como um todo, baseado na totalização dos critérios mensurados e não na média das UGRHIS.

Tabela 11. Matriz de resultado AHP para definição de vulnerabilidade agrária- socioambiental (parte 2).

Matriz de decisão								
Alternativas	Vetor critérios							
	Práticas de conservação do solo	Exploração agrícola	Critérios Socioeconômicos	Critérios Econômicos	Topografia	Clima	Solo	Total
	3,18%	4,26%	39,83%	22,04%	11,47%	6,42%	12,79%	100,00%
	PIRACICABA CAPIVARI JUNDIAI							
	Vetor de decisão							
Baixa	41,87	21,28	6,62	55,64	55,99	33,69	31,74	29,79
Média	10,50	42,19	27,13	12,83	41,97	45,92	50,75	30,02
Alta	47,64	36,53	66,25	31,54	2,03	20,39	17,52	40,19
	PONTAL DO PARANAPANEMA							
	Vetor de decisão							
Baixa	51,44	23,28	1,16	27,10	92,20	0,03	42,38	25,07
Média	6,37	20,99	42,19	23,71	7,80	39,17	54,91	33,56
Alta	42,19	55,73	56,65	49,19	0,00	60,80	2,71	41,37

continua

continuação

Matriz de decisão								
Alternativas	Vetor critérios							
	Práticas de conservação do solo	Exploração agrícola	Críticos Socioeconômicos	Críticos Econômicos	Topografia	Clima	Solo	Total
	3,18%	4,26%	39,83%	22,04%	11,47%	6,42%	12,79%	100,00%
	RIBEIRA DE IGUAPE LITORAL SUL							Vetor de decisão
Baixa	13,26	13,54	3,01	51,14	28,81	43,76	22,06	22,40
Média	22,54	16,42	9,59	16,26	57,47	56,24	25,39	22,27
Alta	64,20	70,05	87,40	32,60	13,72	0,00	52,56	55,32
	SÃO JOSÉ DOS DOURADOS							Vetor de decisão
Baixa	73,60	22,31	1,02	30,12	89,09	0,00	9,84	21,82
Média	3,88	29,15	27,85	20,21	10,91	0,00	85,70	29,13
Alta	22,52	48,54	71,13	49,67	0,00	100,00	4,45	49,05
	SAPUCAÍ GRANDE							Vetor de decisão
Baixa	75,34	12,50	1,32	40,39	79,24	0,00	86,40	32,50
Média	3,30	79,48	40,83	15,12	19,61	21,11	0,10	26,70
Alta	21,37	8,03	57,85	44,50	1,15	78,89	13,50	40,79
	TIETÊ JACARÉ							Vetor de decisão
Baixa	78,21	20,86	2,81	50,41	83,79	4,24	68,05	34,20
Média	3,63	63,65	39,31	15,34	15,84	43,05	16,31	28,53
Alta	18,15	15,49	57,88	34,25	0,37	52,71	15,64	37,27
	TIETÊ BATALHA							Vetor de decisão
Baixa	78,25	22,88	3,08	29,64	87,01	0,00	28,68	24,88
Média	3,00	40,23	40,69	19,85	12,97	21,24	69,54	34,14
Alta	18,75	36,89	56,23	50,51	0,03	78,76	1,77	40,98
	TIETÊ SOROCABA							Vetor de decisão
Baixa	32,74	31,71	4,13	52,90	60,66	19,21	30,53	27,80
Média	16,26	45,87	20,61	13,29	38,51	80,79	62,72	31,24
Alta	51,00	22,42	75,25	33,80	0,82	0,00	6,75	40,96
	TURVO GRANDE							Vetor de decisão
Baixa	79,22	21,29	1,51	30,50	91,75	0,00	30,52	25,19
Média	2,20	39,13	35,04	16,87	8,23	0,00	67,33	28,97
Alta	18,58	39,58	63,45	52,63	0,02	100,00	2,15	45,84
	SÃO PAULO							Vetor de decisão
Baixa	60,35	21,06	3,63	40,66	70,00	14,99	41,48	27,53
Média	7,87	47,41	33,27	16,83	27,45	36,89	42,90	30,24
Alta	31,78	31,53	63,10	42,51	2,55	48,12	15,62	42,24

Fonte: Elaborado pelos autores.

São Paulo se apresenta como um Estado com alta vulnerabilidade agrário-socioambiental, porém não apresentando grandes discrepâncias em seu território, pois possui um valor de 27,53% para baixa vulnerabilidade e 30,24% de média.

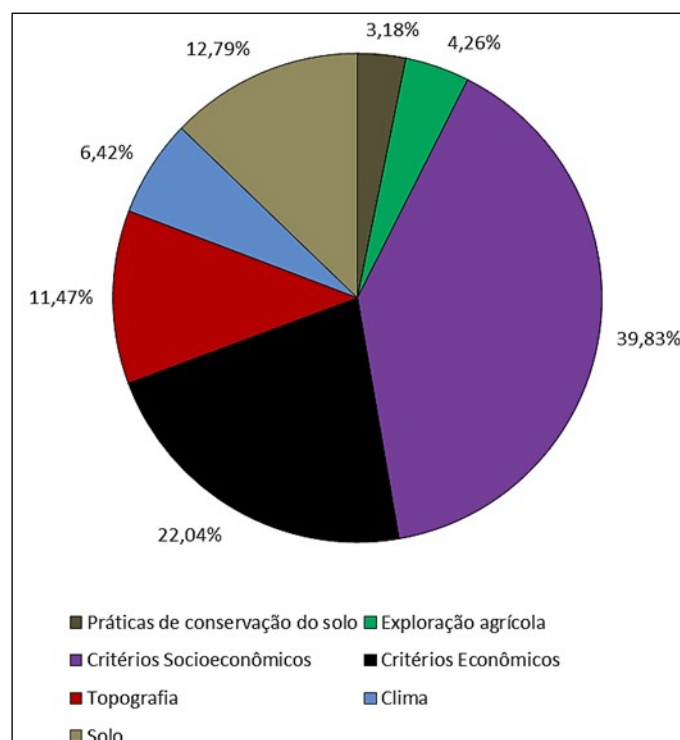
Accelrad (2015) enfatiza que a ideia é que se busque avançar a discussão para além da simples caracterização do perfil sociodemográfico e locacional de indivíduos vulneráveis (com suscetibilidades a sofrer agravos). Isto porque a busca de elementos para a caracterização objetiva das condições de vulnerabilidade dos sujeitos tende a esbarrar em duas dificuldades correntes, a de não se considerar a vulnerabilização como um processo e a condição de vulnerabilidade como uma relação.

Marandola Júnior e Hogan (2005) afirmam que o ambiente, conjugado a fatores socioeconômicos, expõe as populações a riscos, sobretudo nas cidades. São apontados por Villa e McLeod (2002) três passos necessários à construção de um método de

avaliação da vulnerabilidade ambiental: definição do conceito de vulnerabilidade, escolha do sistema a ser avaliado e escolha e organização dos indicadores ambientais.

Assim, no presente estudo buscou-se este efeito de relação entre os diferentes quesitos, seu enfrentamento como um processo passível de ser administrável de acordo com as porcentagens de classificação das vulnerabilidades e a utilização de um conceito que leve em consideração o rural e sua relação com o ambiente que o cerca.

Na Figura 10 é apresentado um gráfico de setores para se mensurar visualmente os pesos dos critérios em análise para definição da vulnerabilidade agrário-socioambiental.

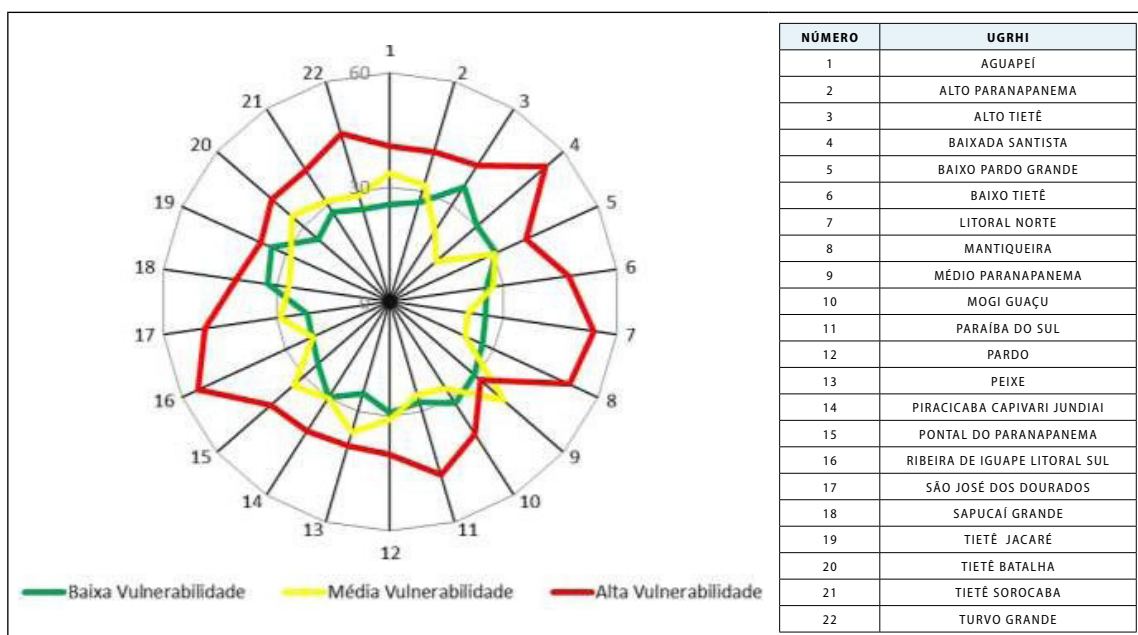


Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 10. Gráfico de setores dos pesos dos critérios na análise de vulnerabilidade agrária-socioambiental.

Um bom indicador segundo Barcellos (2002), deve ser sensível à mudança de condições do ambiente e da sociedade, ser específico em relação ao problema analisado, ser reprodutível segundo padrões metodológicos estabelecidos, proporcionar uma pronta resposta, ser entendido pela população leiga, ser robusto para mudanças de metodologia e estar disponível ou ser de baixo custo.

Malta, Costa e Magrini (2017) colocam que a questão da vulnerabilidade é complexa e cada situação, população vulnerável e região possui a necessidade de uma informação específica, e por esse motivo existem diversos índices, cada um desenvolvido para uma determinada realidade, com objetivos e utilizações diversas. Objetivando-se facilitar a visualização dos valores das Tabelas 19 e 20, confeccionou-se o gráfico da Figura 11, também conhecido como gráfico de radar ou gráfico de teia, no qual se podem visualizar os três níveis de vulnerabilidade por UGRHI.



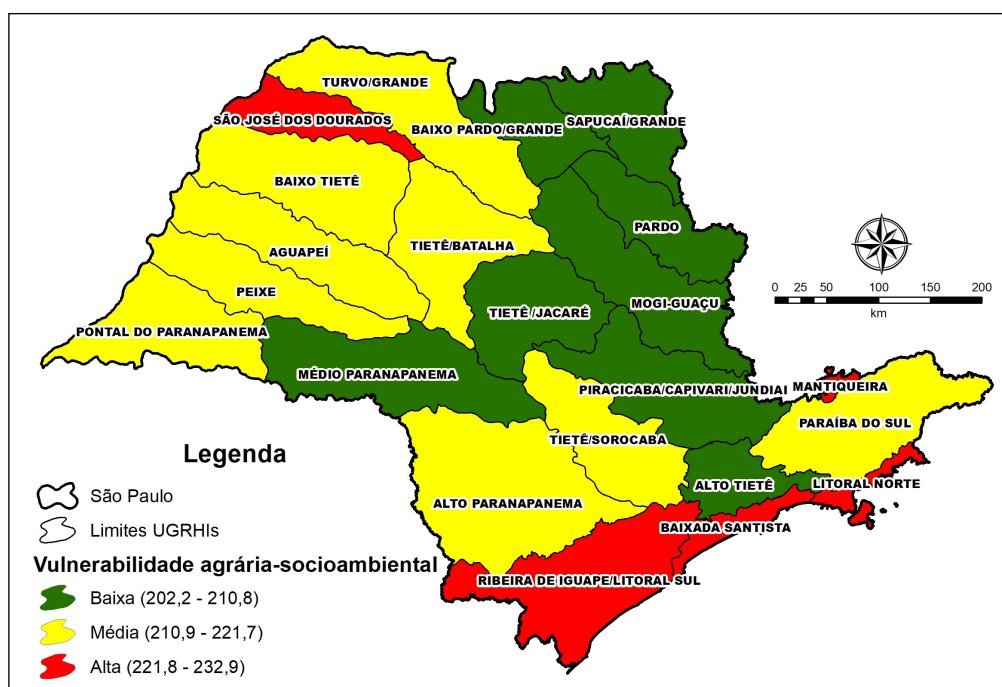
Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 11. Diagrama de Kiviat da vulnerabilidade agrária-socioambiental das 22 UGRHIs.

Na Figura 11 pode-se verificar o peso dos diferentes graus de vulnerabilidade para cada UGRHI, na qual maiores distâncias entre a linha de alta vulnerabilidade e as demais, como nos casos das UGRHIs da Baixada Santista, do Baixo Tietê, do Litoral Norte, da Mantiqueira, do Paraíba do Sul, do Ribeira do Iguape e Litoral Sul, e de São José dos Dourados, indicam um maior peso do quesito alta vulnerabilidade, indicando assim um setor agropecuário produtivo mais exposto e menos preparado a possíveis mudanças climáticas globais.

Devido às necessidades de ferramentas de gestão por parte dos tomadores de decisão, e frente a homogeneidade do Estado de São Paulo como de alta vulnerabilidade, atribuiu-se um peso de três para as porcentagens obtidas para alta vulnerabilidade, um peso dois para a média vulnerabilidade e um peso um para a baixa, obtendo-se assim um peso global para a vulnerabilidade agrária- socioambiental das UGRHIs, visto a necessidade de se indicar as regiões prioritárias para ações de mitigação dos problemas a serem enfrentados, bem como indicar o peso de cada efeito frente ao enfrentamento global da vulnerabilidade. O mapa de vulnerabilidade agrária-socioambiental (Figura 12) foi obtido com a estratificação por quebras naturais do peso global em três classes, visando-se assim a reclassificação em alta, média e baixa vulnerabilidade.

Zanella *et al.* (2013) destacam que iniciativas neste sentido representam um importante recurso para o processo de tomada de decisão ao indicar espacialmente as condições socioeconômicas da população associando-as a dinâmica dos sistemas naturais, permitindo determinar quais as áreas são mais propícias à ocorrência de desastres naturais, principalmente aos relacionados aos eventos hidroclimatológicos.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 12. Mapa de vulnerabilidade agrária-socioambiental de São Paulo.

Tal mapa permite a visualização das porções do território conforme as necessidades de investimento para subsidiar o desenvolvimento da agropecuária paulista, permitindo que esta esteja preparada para cenários de mudanças climáticas. Assim, busca-se apresentar a real situação ambiental, socioeconômica e agrária, apoiado no que afirma Vieira (2002), da importância de se conhecer o território em sua totalidade, permitindo uma melhor administração territorial.

Zanella *et al.* (2013) considera que as políticas e ações de gestão do espaço urbano, devem sistematizar e integrar as informações ambientais, sociais e econômicas, visando medidas coordenadas que melhorem as condições de bem-estar da população, bem como a manutenção e a recuperação dos espaços naturais, afirmação que se reflete também para os espaços rurais. As UGRHs classificadas como de alta vulnerabilidade, possuem interações que reforçam esta necessidade, como a pressão exercida pela população urbana nas regiões litorâneas (Baixada Santista e Litoral Norte), e na piscicultura na UGRHI São José dos Dourados.

Destaca-se ainda a UGRHI Ribeira de Iguape/Litoral Sul, contendo o polo produtor de bananas em São Paulo, sob extrema pressão pela característica de ocupação do entorno dos principais corpos hídricos, apontadas por Roque e Drugowich (2015).

A metodologia de integração entre análise multicritério e SIG, aqui desenvolvida na construção da vulnerabilidade agrária-socioambiental apresenta uma importante ferramenta para definir e validar políticas para o setor rural em situação de vulnerabilidade. A análise de vulnerabilidade é um indicador que mostra onde estamos mais ou menos incertos e, de acordo com Mukesh, Komal e Alexander (2017), ajuda a indicar como a sociedade e a política podem ter um papel importante a desempenhar nos futuros caminhos de desenvolvimento.

O mapa da Figura 12 apresenta uma componente política importante, pois as UGRHs classificadas como de baixa vulnerabilidade já possuem comitês de bacias com aporte de recursos voltados ao setor agropecuário, bem como detêm uma ocupação com culturas de expressiva participação na economia. As classificadas como de média e alta, podem ser priorizadas assim com linhas de financiamento gerais do Estado, tais como Fundo de Expansão do Agronegócio Paulista (FEAP) e Fundo Estadual de Recursos Hídricos (FEHIDRO), pois não possuem recursos consideráveis ao setor agropecuário, e necessitam de políticas específicas para sanar as principais carências identificadas na Tabela 10, e Tabela 11.

Conclusões

A junção de questões sociais, econômicas, de produção agropecuária, de parâmetros de solo, relevo, e climáticos, trouxe a possibilidade de descrição do perfil de ocupação das diferentes regiões paulistas, e permitem que políticas públicas sejam elaboradas de acordo com especificidades locais, favorecendo assim um enfrentamento do setor agropecuário ante as mudanças climáticas. A metodologia adotada para setorização dos níveis de vulnerabilidade agrária-socioeconômica, permite que políticas públicas de adaptação às mudanças climáticas e de fortalecimento de boas práticas agropecuárias, bem como de questões sociais e econômicas de diversificação da produção, sejam tratadas de maneira hierarquizada e específica para os diferentes perfis de agricultores no Estado.

As tabelas e mapas apresentados no capítulo referente a vulnerabilidade agrária-socioambiental, permitem que políticas públicas específicas sejam desenvolvidas e focadas para as regiões carentes dos serviços e objetivos alvo, permitindo que recursos do erário sejam direcionados à população rural que necessita efetivamente.

O mapa de vulnerabilidade agrária-socioambiental obtido é atualmente base para planejamentos do órgão de extensão rural e assistência técnica do Estado de São Paulo e compõe o geoportal <http://geo.cdrs.sp.gov.br/geocdrs/>.

Notas

6 Teoria de autovalores de Steklov-Neumann, importante para a matemática, com aplicações práticas em áreas diversificadas como mecânica quântica, processamento de imagens, análise de vibrações, mecânica dos sólidos, estatística entre outros.

7 O índice randômico é um índice aleatório, calculado para matrizes quadradas de ordem n .

Referências

- ABUODHA, P.A.O.; WOODROFFE, C.D. Assessing vulnerability to sea-level rise using a coastal sensitivity index: a case study from southeast Australia. **Journal of Coastal Conservation**, v. 14, n. 3, p. 189-205, 2010.
- ACSELRAD, H. Vulnerabilidade social, conflitos ambientais e regulação urbana. **O Social em Questão**, n. 33, 2015.
- ADAMS, J.M. **Vegetation-climate interaction: how plants make the global environment**. 2. ed. New York: Springer, 2009. 293 p.
- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ALVES, H.P.F. Vulnerabilidade socioambiental na metrópole paulistana: uma análise sociodemográfica das situações de sobreposição espacial de problemas e riscos sociais e ambientais. **R. Bras. Est. Pop.**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 43-59, 2006.
- ASSAD, E.D.; SANO, E.E. **Sistemas de informações geográficas: aplicações na agricultura**. 2. ed. rev. e ampl. Brasília/DF: EMBRAPA-SPI/EMBRAPA-CPAC, 2003.
- BARCELLOS, C. Constituição de um sistema de indicadores socioambientais. In: MINAYO, M.C. (org.). **Saúde e ambiente sustentável: estreitando nós**. Rio de Janeiro: Fiocruz, p. 313-329, 2002.
- BATES, B. *et al.* **Climate Change and Water**. IPCC Technical Paper VI. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Secretariat, Geneva, Switzerland, 2008. 210 p.
- BERTRAND, G.; BERTRAND, C. **Uma geografia transversal e de travessias: o meio ambiente através dos territórios e das temporalidades**. Maringá: Massoni, p. 290-291, 2007.
- BOYKOFF, M.T. Lost in translation? United States television news coverage of

- anthropogenic climate change, 1995-2004. **Climatic Change** **86**, p. 1-11, 2008.
- BRAGA, T.M.; OLIVEIRA, E.L.; GIVISIEZ, G.H.N. Avaliação de metodologias de mensuração de risco e vulnerabilidade social a desastres naturais associados à mudança climática. **São Paulo em perspectiva**; v. 20, n. 1, p. 81-95, 2006.
- BROOKS, N.; ADGER, W.N.; KELLY, P.M. The determinate of vulnerability and adaptive capacity at the national level and the implications for adaptation: adaptation to climate change: perspectives across scales. **Global Environmental Change Part A** **15**, p. 151-163, 2005.
- CARMO, R.L. População e mudanças ambientais globais. **Revista Multiciência: Mudanças Climáticas**, Campinas, n. 8, p. 65-87, 2007.
- CATI. **Modelo digital de elevação do Estado de São Paulo obtido a partir do SRTM 1 arcsecond, Aster GDEM V2 e Ondulação Geoidal**. São Paulo, 2016.
- CIDADE, L.C.F. Urbanização, ambiente, risco e vulnerabilidade. **Cad. Metrop.**, São Paulo, v. 15, n. 29, p. 171-191, 2013.
- CONFALONIERI, U.E.C.; MARINHO, D.P.; RODRIGUEZ, E.R.R. Análise da vulnerabilidade da população brasileira aos impactos sanitários das mudanças climáticas. **Relatório final de projeto de pesquisa**, Rio de Janeiro: Fiocruz, 2005. 96 p.
- CONFALONIERI, U.E.C.; MARINHO, D.P.; BARATA, M. Vulnerabilidades em matéria de saúde pública na região metropolitana do Rio de Janeiro na perspectiva das mudanças climáticas. In: **Megacidades, vulnerabilidades e mudanças climáticas: Região Metropolitana do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro, RJ. p. 199-225, 2011.
- COSTA, T.C.C.; UZEDA, M.C.; FIDALGO, E.C.C.; LUMBRERAS, J.F.; ZARONI, M.J.; NAIME, U.J.; GUIMARÃES, S.P. Vulnerabilidade ambiental em subbacias hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro por meio de integração temática da perda de solo (USLE), variáveis morfométricas e o uso/cobertura da terra. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO-SBSR, 13., 2007, Florianópolis. **Anais [...]**. São José dos Campos: INPE, 2007. p. 2493-2500.
- COWEN, D. J. GIS versus CAD versus DBMS: what are the differences?. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 54, p. 1551-1554, 1988.
- CRUZ, L.M.; PINESE JÚNIOR, J.F.; RODRIGUES, S.C. Abordagem cartográfica da fragilidade ambiental na Bacia Hidrográfica do Glória-MG. **Revista Brasileira de Cartografia**. n. 62/04, 2010.
- CUTTER, S. L. Vulnerability to environmental hazards. **Progress in Human Geography**, v. 20, n. 4, p. 529-539. 1996. Disponível em: http://webra.cas.sc.edu/hvri/docs/Progress_Human_Geography.pdf. Acesso em: 20 set. 2015.
- CUTTER, S.L. GI science, disasters, and emergency management. **Transactions in GIS**, v. 7, n. 4, p. 439-445, 2003.
- DECONTO, J.G. (Coord.). **Aquecimento global e a nova geografia da produção agrícola no Brasil**. São Paulo: Embrapa Agropecuária, Universidade Estadual de Campinas (Unicamp): Campinas, SP: Embrapa/Unicamp, 84 p. 2008.
- DESSAI, S.; HULME, M. Assessing the robustness of adaptation decisions to climate change uncertainties: a case study on water resources management in the east of England. **Global Environmental Change**, n. 17, p. 59-72, 2007.
- DOBROVOLSKI, R.; DINIZ-FILHO, J.A.F.; LOYOLA, R.D.; MARCO JÚNIOR, P.D. Agricultural expansion and the fate of global conservation priorities. **Biodiversity Conservation**, v. 20, n. 11, p. 2445-2459. 2011.
- EGLER, C.A.G.; BESSA, V.C.; GONÇALVES, A.F. Dinâmica territorial e seus rebatimentos na organização regional do Estado de São Paulo. **Confins [Online]**, n. 19, 2013. Disponível em: <http://journals.openedition.org/confins/8602>. Acesso em: 12 nov. 2016.
- ELY, D.F.; ALMEIDA, I.R.; SANT'ANNA NETO, J.L. Variabilidade climática e o rendimento da cultura do milho no Estado do Paraná: algumas implicações políticas e econômicas. **Geografia**, Londrina, v. 12, n. 1, 2003.
- ESTOQUE, R.C.; MURAYAMA, Y. Suitability analysis for beekeeping sites in La Union, Philippines, using GIS and multi-criteria evaluation techniques. **Res. J. Appl. Sci.**, n. 5,

p. 242–253. 2010.

FIGUEIREDO, M.C.B.; VIEIRA, V.P.P.B.; MOTA, S.; ROSA, M.F.; MIRANDA, S. **Análise da vulnerabilidade ambiental**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2010. 47 p. (Documentos 127).

FOLEY, J.A. et al. Global consequences of land use. **Science**, v. 309, n. 5734, p. 570–574. 2005. FOLHARINI, S.O.; OLIVEIRA, R.C.; FURTADO, A.L.S. Vulnerabilidade à perda de solo do parque nacional da restinga de jurubatiba: Contribuição para uma proposta de atribuição de peso. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 37, n. 2, 2017.

GALLOPÍN, G.C. Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity. **Global Environmental Change**, v. 16, n. 3, p. 293–303. 2006.

GUIVANT, J.; JACOBI, P.R. Da hidrotécnica à hidropolítica: novos rumos para a regulação e gestão dos riscos ambientais no Brasil. **Cadernos de Pesquisa Interdisciplinar em Ciências Humanas**, Florianópolis: UFSC, n. 67, 2003.

HAMEED, S.O.; HOLZER, K.A.; DOERR, A.N.; BATY, J.H.; SCHWARTZ, M.W. The value of a multi-faceted climate change vulnerability assessment to managing protected lands: lessons from a case study in Point Reyes National Seashore. **J. Environ. Manag.**, v. 121, p. 37–47, 2013.

HARVEY, C.A.; RAKOTIBE, Z.L.; RAO, N.S.; DAVE, R.; RAZAFIMAHATRATRA, H.; RABARIJOHN, R.H.; RAJAOFARA, H.; MACKINNON, J.L. Extreme vulnerability of smallholder farmers to agricultural risks and climate change in Madagascar. **Phil. Trans. R. Soc. B**, v. 369, n. 1639, 2014.

HO, W. Integrated analytic hierarchy process and its applications: a literature review. **Eur. J. Oper. Res.**, n. 18, p. 211–228, 2008.

HOGAN, D.J.; CARMO, R.L.; RODRIGUES, I.; ALVES, H. Conflitos entre crescimento populacional e uso dos recursos ambientais em bacias hidrográficas do Estado de São Paulo. In: TORRES, H. e COSTA, H.M. (eds.). **População e meio ambiente: debates e desafios**. São Paulo, Editora do Senac, 2000.

IGC. Instituto Geográfico e Cartográfico de São Paulo. **Malha Municipal do Estado de São Paulo**. Escala 1:50.000. São Paulo, 2010.

IOC. Intergovernmental Oceanographic Commission. **Hazard awareness and risk mitigation in integrated coastal area management**. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (Unesco). Paris, France, 143 p. 2009.

IPCC. **Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation**. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK, e New York, NY, USA, 2012. 582 p.

JACOBI, P.R.; BARBI, F. Democracia e participação na gestão dos recursos hídricos no Brasil. **Rev. Katálisis**. Florianópolis, v. 10, n. 2, p. 237–244, jul./dez. 2007.

PINESE JÚNIOR, J.F.; RODRIGUES, S.C. O Método de Análise Hierárquica-AHP como auxílio na determinação da vulnerabilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Piedade (MG). **Revista do Departamento de Geografia**, v. 23, p. 4–26, 2012.

KABAT, P.; SCHULZE, R.E.; HELLMUTH, M.E.; VERAART, J.A. (Eds.). **Coping with Climate Variability and Climate Change in Water Resources: a Scoping Paper**. Dialogue on Water and Climate (DWC), International Secretariat of the Dialogue on Water and Climate, Wageningen, Netherlands. 2003.

KATZMAN, R. (coord.). **Activos y estructuras de oportunidades: estudios sobre las raíces de la vulnerabilidad social em Uruguay**. Montevideo, CEPAL. 1997. Disponível em: <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/28651>. Acesso em: 16 jul. 2017.

KUNDZEWICZ, Z.W.; MATA, L.J.; ARNELI, N.W.; BONECA, P.; KABAT, P.; JIMENEZ, B.; MILLER, K.; OKI, T.; ZEKAI, S.; SHIKLOMANOV, I. Freshwater resources and their management. In: **Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability**. Cambridge, UK: Cambridge University Press, p. 173–210. 2007.

- LAL, R. Global food security and nexus thinking. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 71, n. 4, p. 85A-90A, 2016.
- LEITCH, A.M.; ROBINSON, C.J. Shifting sands: uncertainty and a local community response to sea level rise policy in Australia. **Risk and Social Theory in Environmental Management: from uncertainty to local action**, v. 106, p. 117-131, 2012.
- LI, A.; WANG, A.; LIANG, S.; ZHOU, W. Eco-environmental vulnerability evaluation in mountainous region using remote sensing and GIS – a case study in the upper reaches of Minjiang River, China. **Ecological Modeling**, v. 192, p. 175–187, 2006.
- MALTA, F.S.; COSTA, E.M.; MAGRINI, A. Índice de vulnerabilidade socioambiental: uma proposta metodológica utilizando o caso do Rio de Janeiro, Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 12, p. 3933-3944, 2017.
- MARANDOLA JÚNIOR., E.; HOGAN, D.J. Vulnerabilidade e riscos: entre geografia e demografia. **Revista Brasileira de Estudos de População**, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 29-53, 2005. MARANDOLA JÚNIOR., E.; HOGAN, D.J. Vulnerabilities and risks in population and environment studies. **Population and Environment**. New York. v. 28, n. 2, 2006.
- MEASHAM, T.; PRESTON, B.L. Vulnerability analysis, risk and deliberation: the Sydney climate change adaptation initiative. *In*: **Risk and Social Theory in Environmental Management**, 2012. p. 147.
- MEDEIROS, C.N. **Geoprocessamento na gestão municipal**: mapeamento do meio físico e socioeconômico do município de Parnamirim (RN). Dissertação (Mestrado) - PPGeo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, Natal, 2004.
- MIARA, M.A.; OKA-FIORI, C. Análise por múltiplos critérios para a definição de níveis de fragilidade ambiental – um estudo de caso: bacia hidrográfica do rio Cará-Cará, Ponta Grossa/PR. **Raega-O Espaço Geográfico em Análise**, v. 13, p. 85-98, 2007
- MUKESH, S.B.; KOMAL, C.; ALEXANDER, K. Land Use/Cover and Vulnerability Mapping Through Remote Sensing and GIS In Astrakhan, Russia. **Journal of Earth Science & Climatic Change**, v. 8, n. 380, p. 2, 2017.
- NARDO, M.; SAISANA, M.; SALTELLI, A.; TARANTOLA, S.; HOFFMANN, A.; GIOVANNINI, E. **Handbook on constructing composite indicators**: methodology and user guide. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development, 2008.
- NASCIMENTO, D.M.C.; DOMINGUEZ, J.M.L. Avaliação da vulnerabilidade ambiental como instrumento de gestão costeira nos municípios de Belmonte e Canavieiras, Bahia. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 39, n. 3, p. 395–408, 2009.
- OLÍMPIO, J.L.S.; ZANELLA, M.E. Emprego das geotecnologias da geoinformação na determinação das vulnerabilidades natural e ambiental do município de Fortaleza/CE. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 1, n. 64, p. 01-14, 2011.
- ONU. Organização das Nações Unidas. **Living with risk**: a global review of disaster reduction initiatives. Inter-agency Secretariat International Strategy for Disaster Reduction (ISDR). Genebra: ONU, 2004.
- O'RIORDAN, T.; WARD, R. Building trust in shoreline management: creating participatory consultation in shoreline management plans. **Land Use Policy**, n. 14, p. 257-276, 1997.
- OUMA, Y.O.; TATEISHI, R. Urban flood vulnerability and risk mapping using integrated multi- parametric AHP and GIS: methodological overview and case study assessment. **Water**, v. 6, n. 6, p. 515-1545, 2014.
- PBMC. Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. **Impactos, vulnerabilidades e adaptação às mudanças climáticas**. Contribuição do Grupo de Trabalho 2 do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas ao Primeiro Relatório da Avaliação Nacional sobre Mudanças Climáticas. COPPE. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2014. 414 p.
- PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. **Agrometeorologia**: fundamentos e aplicações práticas. Agropecuária, Guaíba, 478 pp. 2002.

- PETERSEN, J.F.; SACK, D.; GABLER, R.E. **Physical geography**. Brooks/Cole Cengage Learning, Belmont, 2012. 646 p.
- PORTER, J.R., *et al.* Food security and food production systems. *In*: FIELD C.B., *et al.* (eds). **Climate change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability**. Part A: global and sectoral aspects. Cambridge University Press, Cambridge and New York, 2014. 485 p.
- PRATES, H. Vulnerabilidade socioambiental na metrópole paulistana. **Revista Brasileira de Estudos Populacionais**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 43-59, 2006.
- PRESTON, B.; SMITH, T.; WITHYCOMBE, T.; GORDDARD, R.; BROOKE, C.; MCINNES, K.; ABBS, D.; MORRISON, C. Mapping climate change vulnerability in the Sydney Coastal Councils Group. **CSIRO Publishing - Climate Adaptation Flagship**, Canberra. 2008.
- PRESTON, B.; YUEN E.; WESTAWAY, R. Putting vulnerability to climate change on the map: a review of approaches, benefits, and risks. **Sustainability Science**, n. 6, p. 177-202. 2011.
- RAMOS, R.C. Desempenho do programa de subvenção ao prêmio de seguro rural no Brasil em 2008. **Análise e Indicadores do Agronegócio**, São Paulo, v. 4, n. 6, jun. 2009.
- RIVER S.W. Enhancing the sustainability efforts of local governments. **International Journal of Innovation and Sustainable Development**, n. 1, p. 46-64. 2005.
- RODRIGUES, S.C.; PINESE JÚNIOR, J.R. O Método de Análise Hierárquica – AHP – como auxílio na determinação da vulnerabilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Piedade (MG). **Revista do Departamento de Geografia**, USP, São Paulo, Brazil (2012).
- ROHLI, R.V.; VEGA, A.J. **Climatology**. 2. ed. Sudbury: Jones & Bartlett Learning, 2012. 425 p.
- ROQUE, A.A.O.; DRUGOWICH, M.I. Geotecnologias no acompanhamento da bananicultura na região de Registro. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 17., 2015, João Pessoa. **Anais [...]**. São José dos Campos: INPE, 2015.
- ROSSI, M. **Mapa Pedológico do Estado de São Paulo: revisado e ampliado**. São Paulo: Instituto Florestal. 2017, v.1. 118p. (inclui mapas).
- RYDIN, Y. **Conflict, consensus, and rationality in environmental planning: an institutional discourse approach**. Oxford: OUP, 2003.
- SAATY, T.L. **The analytical hierarchy process: planning, priority setting, resource allocation**. New York: McGraw-Hill, 1980. 287 p.
- SAATY, T.L. Axiomatic foundation of the analytic hierarchy process. **Management Science**, v. 32, p. 841-855, 1986.
- SAATY, T.L. Decision making with the analytic hierarchy process. **Int. J. Serv. Sci.**, n. 1, p. 83-98. 2008.
- SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Coordenadoria de Assistência Técnica Integral. Instituto de Economia Agrícola. **Levantamento censitário de unidades de produção agrícola do Estado de São Paulo - LUPA 2016/2017**. São Paulo: SAA/CATI/IEA, 2018. Disponível em: <http://www.cati.sp.gov.br/projetolupa>. Acesso em: 23 abr. 2019.
- SHAW, A.; SHEPPARD, S.; BURCH, S.; FLANDERS, D.; WIEK, A.; CARMICHAEL, J.; ROBINSON, J.; COHEN, S. Making local futures tangible: synthesizing, downscaling and visualizing climate change scenarios for participatory capacity building. **Global Environmental Change**, n. 19, p. 447- 463, 2009.
- SILVA, C.A.; NUNES, F.P. Mapeamento de vulnerabilidade ambiental utilizando o método AHP: uma análise integrada para suporte à decisão no município de Pacoti/CE. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. **Anais [...]**. Natal: INPE, 2009. p. 5435-5442.
- SILVA, R.F.B.; BATISTELLA, M.; MORAN, E.F. Socioeconomic changes and environmental policies as dimensions of regional land transitions in the Atlantic Forest, Brazil. **Environmental Science & Policy**. v. 74, p. 14-22. 2017.
- SIQUEIRA, M.F.; PETERSON, A.T. Consequences of global climate change for geographic

- distributions of cerrado tree species. **Biota Neotropica**, v. 3, n. 2, p. 1-14, 2003.
- SMA. Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo/Coordenadoria de Planejamento Ambiental. **Projeto Ambiental Estratégico Cenários Ambientais 2020**. São Paulo: SMA/CPLA, 2009.
- SONG, G.; CHEN, Y.; TIAN, M.; LV, S.; ZHANG, S.; LIU, S. The ecological vulnerability evaluation in southwestern mountain region of China based on GIS and AHP method. **Procedia Environmental Sciences**, v. 2, p. 465-475, 2010.
- STEINER, J.L.; BRISKE, D.D.; BROWN, D.P.; ROTTLE, C.M. Vulnerability of Southern Plains agriculture to climate change. **Climatic Change**, v. 146, p. 201-218, 2017.
- THANH, L.N.; DE SMEDT, F. Application of an analytical hierarchical process approach for landslide susceptibility mapping in A Luoi district, Thua Thien Hue Province, Vietnam. **Environmental Earth Sciences**, v. 66, n. 7, p. 1739-1752, 2011.
- VIANELLO, R.L.; ALVES, A.R. **Meteorologia básica e aplicações**. UFV, Viçosa, 460 pp. 2013.
- VIEIRA, A. S. **Orientações para implantação de um SIG municipal considerando aplicações na área de segurança pública**. 2002. Monografia (Especialização em Geoprocessamento). Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Belo Horizonte, 2002.
- VILLA, F.; MCLEOD, H. Environmental vulnerability indicators for environmental planning and decision-making: guidelines and applications. **Environmental management**, v. 29, n. 3, p. 335-348, 2002.
- WALTHALL, C.L., *et al.* **Climate change and agriculture in the United States: effects and adaptation**. Washington, DC: USDA Technical Bulletin 1935. Washington, 2012. 186 p.
- WIRÉHN, L.; DANIELSSON, Å.; NESET, T.S. Assessment of composite index methods for agricultural vulnerability to climate change. **Journal of environmental management**, v. 156, p. 70- 80, 2015.
- YASSUDA, E.R. Gestão de recursos hídricos: fundamentos e aspectos institucionais. **Rev. Adm. Púb.**, v. 27, n. 2, p. 5-18, 1993.
- YING, X.; ZENG, G.; CHEN, G.; TANG, L.; WANG, K.; HUANG, D. Combining AHP with GIS in synthetic evaluation of eco-environment quality - a case study of Hunan Province, China. **Ecological modelling**, v. 209, n. 2-4, p. 97-109, 2007.
- ZANELLA, M.E.; OLÍMPIO, J.L.; COSTA, M.C.L.; DANTAS, E.W.C. Vulnerabilidade socioambiental do baixo curso da bacia hidrográfica do Rio Cocó, Fortaleza-CE. **Sociedade & Natureza**, v. 25, n. 2, 2013.
- ZOU, T.; YOSHINO, K. Environmental vulnerability evaluation using a spatial principal components approach in the Daxing'anling region, China. **Ecological Indicators**, v. 78, p. 405-415, 2017.

