

A VULNERABILIDADE AMBIENTAL E O PLANEJAMENTO TERRITORIAL DO CULTIVO DE CANA-DE-AÇÚCAR¹

CAROLINA DE OLIVEIRA JORDÃO²
EVANDRO MATEUS MORETTO³

A vulnerabilidade ambiental em processos de planejamento do território

A vulnerabilidade de pessoas e lugares é um fenômeno complexo que é definido pela longa história entre os seres humanos e o meio ambiente (LUERS, 2005). A discussão sobre essa temática mostra-se bastante relevante, considerando que muitas pessoas e lugares são afetados por mudanças nos ecossistemas e nos serviços ecossistêmicos, estando altamente vulneráveis a efeitos negativos com significativos danos ao bem-estar (KASPERSON *et al.*, 2005).

O conceito de vulnerabilidade pode ser compreendido como a probabilidade que uma comunidade, estrutura, serviços ou área geográfica têm de ser danificada ou perturbada pelo impacto de um determinado perigo (TOBIN; MONTZ, 1997). Apresenta múltiplos elementos em sua definição, mas, de modo simples, representa a probabilidade de futuras condições mudarem para uma direção negativa (BRADLEY; SMITH, 2004).

Nesse sentido, as questões acerca da vulnerabilidade tornaram-se um dos interesses substanciais da ciência voltada à sustentabilidade, surgindo como um grande guarda-chuva que trata dos problemas humano-ambientais, o que inclui as pesquisas sobre mudanças ambientais globais e mudanças climáticas. O surgimento desse campo interdisciplinar, focado na sustentabilidade, foi antecipado no final dos anos 1980, com a publicação de documentos importantes como o Relatório de Brundtland, também conhecido como Nosso Futuro Comum (TURNER, 2010).

1. Agradecemos aos colegas docentes, discentes e funcionários do Programa de Pós-graduação em Ciência da Engenharia Ambiental da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (PPG-SEA/EESC-USP), em especial do Núcleo de Política Ambiental (NEPA), que colaboraram no processo de mestrado da autora Carolina Jordão que resultou nesta publicação. Também agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Amparo à Pesquisa de São Paulo (FAPESP) pelo apoio à realização do trabalho.

2. Mestre em Ciências da Engenharia Ambiental pela Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (EESC/USP) e analista de gestão ambiental do Instituto Centro de Vida (ICV). Email: carolina.jordao@icv.org.br

3. Professor Doutor da Universidade de São Paulo (USP), docente da Escola de Artes, Ciências e Humanidades (EACH), docente do Instituto de Energia e Ambiente (IEE) e coordenador do Grupo de Pesquisa em Planejamento e Gestão Ambiental (PLANGEA). Email: evandromm@usp.br

De forma geral, a emergente ciência da sustentabilidade considera que um sistema humano-ambiental sustentável é aquele que provê a humanidade de recursos e serviços (em quantidade e distribuição) sem comprometer a capacidade de suporte do meio natural. Esse campo científico busca examinar a relação entre os serviços ambientais e os efeitos na humanidade, em parte com o objetivo de descobrir as características do sistema que o tornam mais vulnerável e menos resiliente às diferentes forças (TURNER, 2010).

Nesse contexto, pode-se dizer que se construiu uma visão sistêmica de vulnerabilidade que, segundo Eakin e Luers (2006), foca na avaliação dos processos, condições e características dos sistemas que extrapolam a sensibilidade do meio e inibem respostas adaptativas.

Essa abordagem sistêmica é conhecida como vulnerabilidade ambiental, compreendida como o potencial que o sistema possui para modular suas respostas frente a fatores estressores ao longo do tempo e do espaço, a partir das suas características ecossistêmicas (WILLIAMS; KAPUTSKA, 2000). Esse conceito está relacionado com uma condição intrínseca dos territórios, uma vez que cada fração deste apresenta capacidade de responder às perturbações, as quais em interação com o tipo e magnitude do evento induzido resultam numa determinada grandeza de efeitos adversos (SANTOS; CALDEYRO, 2007).

Existe uma variedade de estruturas conceituais para tratar da vulnerabilidade de um sistema ecológico-econômico, entre as quais se destacam as abordagens de Kaspersen *et al.* (2005) e Turner *et al.* (2003) que apresentam três componentes que determinam a vulnerabilidade do sistema: **exposição, sensibilidade e resiliência** (Figura 1).

A **exposição** é composta pelas características que definem as ações humanas às quais a vulnerabilidade ambiental responde devido às perturbações e impactos gerados (TURNER *et al.*, 2003).

O grau do dano que ocorre em um sistema submetido a uma determinada exposição é determinado pela sua **sensibilidade** (KASPERSON *et al.*, 2005), ou seja, pelas condições ambientais do território que podem ser alteradas significativamente pelas forças motrizes (TURNER *et al.*, 2003).

Por fim, a **resiliência** do sistema é o conjunto de respostas naturais e humanas aos danos, no sentido do restabelecimento do padrão anterior (ou próximo deste) de equilíbrio dinâmico do ambiente (TURNER *et al.*, 2003). Se as perturbações persistirem ao longo do tempo, o tipo e a qualidade da resiliência podem ser alterados, levando o sistema a funcionar em torno de um novo ponto de equilíbrio dinâmico (KASPERSON *et al.*, 2005).

Os esforços atuais na identificação das vulnerabilidades ambientais de um determinado território, têm-se revelado como uma ferramenta potencial para o direcionamento de esforços de gestão para a conservação dos recursos naturais e para o provimento de resiliência aos ecossistemas. Além de gerar subsídios para ações que busquem a diminuição da vulnerabilidade ambiental de territórios já dotados de baixa resiliência (SOPAC, 2005).

Para administrar a vulnerabilidade em um mundo dinâmico e imprevisível, é indispensável uma mudança concreta no modo como os tomadores de decisão dos diversos níveis abordam as questões do desenvolvimento socioeconômico e do uso dos recursos naturais. São necessárias reformas institucionais e legais para que os processos de planejamento e gestão tenham um olhar para o futuro e considerem as questões de vulnerabilidade, como as sensibilidades e a capacidade de adaptação do ecossistema (LUERS, 2005).

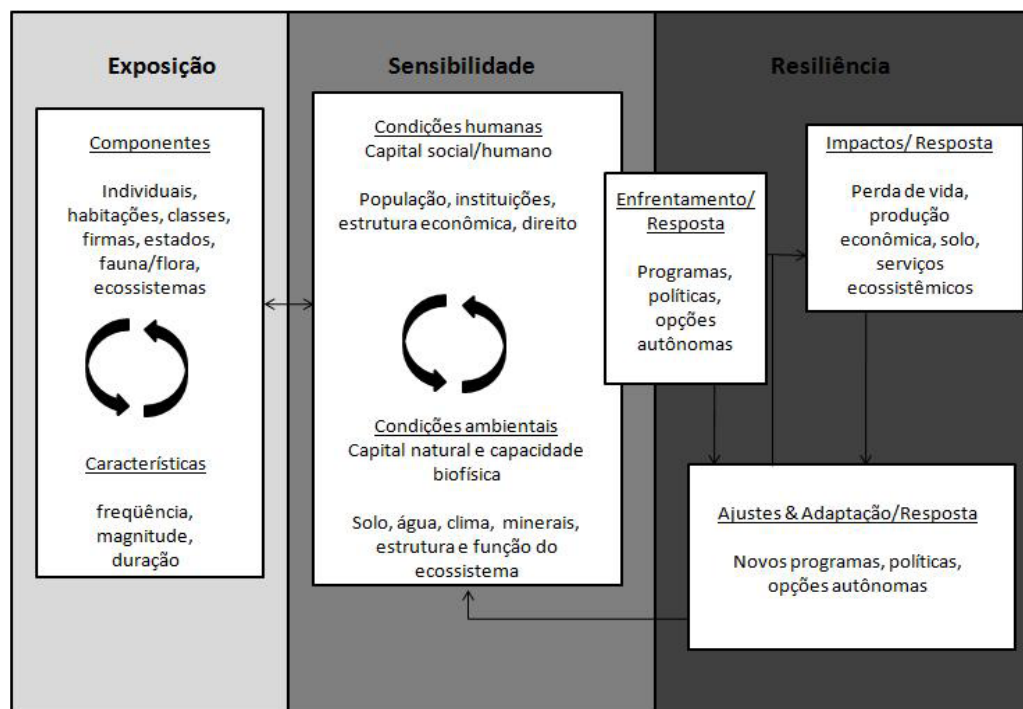


Figura 1:
Componentes da vulnerabilidade ambiental (Retirado de TURNER *et al.*, 2003)

Nesse sentido, o planejamento é um componente essencial para a construção de uma visão sobre as conexões entre os componentes do ambiente natural e o homem que interagem em um mesmo território. Isso, com o objetivo de subsidiar os tomadores de decisão, visto que o planejamento é um processo lógico que auxilia o comportamento humano racional na realização de atividades voltadas para o futuro, mas que necessita de uma análise das condições passadas e presentes com uma visão sistêmica e realista (MIRANDA NETO, 1981).

É essencial que os planejamentos sejam constantemente revistos e adequados às possíveis transformações ou informações que não foram plenamente interpretadas inicialmente, para que alternativas mais sólidas e ligadas à realidade sejam construídas. O conjunto de alternativas em planejamento surge da construção de cenários que identificam as potencialidades, fragilidades, acertos e conflitos existentes no território. As alternativas são variadas para responder aos problemas e apresentam consequências, limitações, riscos e custos (financeiros, sociais, ambientais, políticos) (SANTOS, 2004).

Segundo Ross (2006), o contexto de degradação ambiental do país devido às práticas econômicas predatórias, diminuindo a qualidade ambiental e de vida, demonstra a necessidade de políticos, de planejadores e do conjunto da sociedade ultrapassarem a visão estreita de desenvolvimento determinado apenas por aspectos econômicos e tecnológicos. É importante vislumbrar um desenvolvimento que considere as potencialidades dos

recursos naturais, mas também as fragilidades do meio ambiente frente às intervenções humanas na natureza.

Nessa perspectiva, é imprescindível que se coloque em prática políticas públicas nos diferentes âmbitos (federal, estadual, municipal, bacia hidrográfica etc.) que foquem no ordenamento territorial, valorizando a conservação e a preservação da natureza, dentro de uma abordagem de desenvolvimento sustentável (ROSS, 2006).

A compreensão da vulnerabilidade ambiental poderia ser melhor considerada nos processos de planejamento e gestão do território, principalmente no caso do Brasil que ainda é dotado de considerável quantidade de capital natural.

As diversas dimensões do conceito da vulnerabilidade ambiental – como as sensibilidades do sistema ambiental alvo de uma dada intervenção – são tipologias de informação cruciais para as fases de diagnóstico e de elaboração de alternativas em processos de planejamento e gestão.

Como consequência, a capacidade de indução, que um determinado produto do planejamento, tem de diminuir a vulnerabilidade dos sistemas ambientais é dependente da capacidade – embora não apenas desta – de inserção de seus subcomponentes, como as tipologias de informação, na construção das decisões durante o processo de planejamento territorial.

Políticas públicas de incentivo à cana-de-açúcar e os seus impactos socioambientais

A produção de açúcar foi a principal atividade econômica brasileira desde o período colonial até a segunda metade do século XVIII, quando a exportação para o mercado europeu sofreu grande queda, principalmente pela produção de açúcar nas Antilhas (SANTOS, 2010). Com as mudanças nos ciclos produtivos, no século XIX, houve uma diminuição da produção canavieira e o país deixou de ser o maior produtor de açúcar do mundo, caindo para o quinto lugar (UNICA, 2009).

Por muitos anos no Brasil, o Instituto do Açúcar e Álcool (IAA) controlou a produção e comercialização de açúcar e álcool, o que tornou possível a continuidade destas atividades, mesmo com a ocorrência de crises que afetaram a indústria, principalmente influenciadas pelo contexto internacional (SZMRECSÁNYI; MOREIRA, 1991).

O setor recuperou-se a partir da descoberta de um novo modo de exploração da cana para a produção de álcool combustível - o etanol - visto como solução para as crises do petróleo da década de 1970 (UNICA, 2009). Nessa época houve políticas governamentais que incentivaram a expansão do setor a partir de financiamentos à implantação de usinas de açúcar e álcool e de pesquisas técnico-científicas na área (SANTOS, 2010).

Neste período, pode-se destacar a criação do Programa Nacional do Álcool, o PROÁLCOOL, em 1975, em que o governo brasileiro incentivou a produção do álcool combustível com a justificativa oficial de substituir a gasolina e aliviar a pressão sobre a balança comercial, devido ao aumento do preço internacional do petróleo. De acordo com Szmrecsányi e Moreira (1991), este programa também serviu como uma solução alternativa à capacidade ociosa da agroindústria canavieira do país. Contudo, em menos

de uma década, o produto deixou de ser atrativo devido à diminuição dos impactos da crise do petróleo (UNICA, 2009).

No início do século XXI, o setor conhecido como sucroalcooleiro começa um novo ciclo no plantio da cana-de-açúcar para obter o etanol, mas não mais com o objetivo de substituir o consumo de gasolina (CAMARGO *et al.*, 2008). Agora, a utilização do etanol se tornou importante devido às preocupações relacionadas ao aquecimento global, às emissões de gases de efeito estufa (GEE) e à poluição atmosférica das grandes cidades (GOLDEMBERG *et al.*, 2008).

Nas últimas décadas, a expressiva expansão deste setor ocorreu juntamente com uma forte mecanização em todas as fases de produção (preparo do solo, plantio, tratamentos culturais e colheita). As políticas governamentais de financiamento e de pesquisa, associadas à atratividade econômica da atividade, permitiram a utilização de defensivos agrícolas e novas variedades de cana-de-açúcar modificadas geneticamente (SANTOS, 2010).

Nos últimos anos, o Brasil tem sido o maior produtor mundial de cana-de-açúcar e de açúcar e o segundo de etanol, perdendo apenas para os Estados Unidos (INPE, 2010). Contudo, o crescimento da atividade canavieira fez com que essa entrasse nas pautas de discussão acerca dos problemas sociais e ambientais históricos que apresenta, nas localidades onde já está presente e sobre as consequências da sua expansão para novas localidades. Nesse sentido, algumas questões socioambientais ainda carecem de discussão que subsidiem a reflexão do setor para a resolução de problemas que persistem e tendem a aumentar com a sua expansão.

Tais problemas derivam das várias fases da atividade, podendo-se destacar as que se relacionam com a prática de queimada da cana antes do corte, como degradação do solo, poluição das águas, pressão sobre outras culturas e áreas de florestas nativas, aplicação de agrotóxicos e fertilizantes, além da destruição das reservas legais e de áreas de preservação permanente (COELHO *et al.*, 2007; NOEL, 2007; GOLDEMBERG *et al.*, 2008; MARTINELLI e FILOSO, 2008; WWF, 2008).

O zoneamento agroambiental como instrumento de planejamento do setor sucroalcooleiro

Os zoneamentos são instrumentos de política ambiental que têm como objetivo auxiliar o planejamento espacial de atividades produtivas, baseados em estudos sobre o solo e outras características naturais como geologia, geomorfologia e clima (MILLIKAN; DEL PRETTE, 2000).

No ano de 2009, foi lançado o Zoneamento Agroecológico (ZAE) da cana-de-açúcar por meio do Decreto Presidencial 6.961/2009, motivado pela necessidade de internalizar critérios de sustentabilidade ambiental na ampliação da produção de etanol e pelo atendimento aos requisitos estabelecidos por mercados internacionais de comércio de produtos derivados da cana-de-açúcar (REPÓRTER BRASIL, 2009).

O objetivo geral do ZAE da cana-de-açúcar é dar subsídios técnicos para formulação de políticas públicas, contribuindo com o ordenamento da expansão dessa cultura agrícola e a produção sustentável de etanol e açúcar no território brasileiro.

Dentre as novidades trazidas pelo ZAE, destaca-se o fato de considerar as áreas dos biomas Amazônia, Pantanal e da Bacia do Alto Paraguai como não aptas para a produção de cana e de evitar a competição do cultivo de cana com áreas de produção de alimentos (MANZATTO *et al.*, 2009).

Anteriormente ao ZAE, em 2007, a Secretaria de Meio Ambiente (SMA) do estado de São Paulo – maior estado brasileiro produtor de cana – criou 21 Projetos Estratégicos na área ambiental, dentre os quais destaca-se aqui o “Etanol Verde” com o objetivo de “estimular a produção sustentável de etanol, respeitando os recursos naturais, controlando a poluição, com responsabilidade socioambiental em parceria com o setor sucroenergético” (SÃO PAULO, 2011).

Desse projeto derivou o Protocolo Agroambiental e o Zoneamento Agroambiental do Setor Sucroalcooleiro (ZAA) que foi assinado entre o Governo e a União da Indústria Sucroalcooleira (UNICA) e envolveu uma certificação para as empresas sucroalcooleiras que visa premiar as boas práticas do setor através de um certificado de conformidade que é concedido ao produtor e é renovável periodicamente.

O protocolo é um instrumento para a redução dos impactos da cultura de cana-de-açúcar e, dentre os seus critérios ambientais, abrange algumas questões, como: a antecipação dos prazos de eliminação da queima da palha, a proteção de nascentes e dos remanescentes florestais, o controle das erosões e o gerenciamento das embalagens de agrotóxicos (SÃO PAULO, 2011).

Como resultado do ZAA, foi publicada a Resolução SMA 88/2008 com as diretrizes técnicas do licenciamento de empreendimentos do setor sucroalcooleiro no estado de São Paulo, considerando a necessidade da definição de procedimentos em função das características próprias do território onde se pretendem instalar empreendimentos canavieiros. Assim, o tipo de estudo ambiental a ser apresentado para demonstração de viabilidade é definido de acordo com a localização da unidade no mapa do zoneamento agroambiental (SÃO PAULO, 2008).

A criação do zoneamento agroambiental foi justificada pela expectativa de expansão da área de plantio, pela grande demanda internacional pelo etanol e pela necessidade de proteção dos recursos naturais (fauna, vegetação, solo, recursos hídricos superficiais e subterrâneos) por meio do planejamento e da gestão de áreas protegidas (Unidades de Conservação) e de subsídios para a definição de ações diferenciadas a serem utilizadas para áreas com sensibilidade ambiental (SÃO PAULO, 2009a).

O ZAA pode ser considerado um instrumento de planejamento ambiental, tendo o objetivo principal de disciplinar a expansão e ocupação do solo pelo setor canavieiro em função de critérios ambientais, além de subsidiar a criação de políticas públicas e de contribuir para o planejamento dos empreendedores em relação aos seus planos de negócios e projetos de expansão (SÃO PAULO, 2009a).

Trata-se de um instrumento indicativo que não tem a competência de proibir a existência da atividade em determinados lugares ou permitir em outros, visando contribuir para que a localização de novos empreendimentos ocorra preferencialmente em locais com aptidão agrícola e sem restrições do ponto de vista de alguns componentes ambientais.

Com isso, as consequências esperadas são que os empreendimentos canavieiros localizem-se, preferencialmente, nas áreas indicadas como adequadas e também nas áreas adequadas com limitações e com restrições, desde que com a aplicação das devidas medidas técnicas de minimização dos impactos determinadas no licenciamento ambiental.

O ZAA divide o território paulista em quatro categorias segundo a adequação, para cultivo de cana-de-açúcar e instalação de unidades agroindustriais (Figura 2):

- 1) Adequada, que corresponde ao território com aptidão edafoclimática favorável para o desenvolvimento da cultura da cana-de-açúcar e sem restrições ambientais específicas;
- 2) Adequada com Limitações Ambientais, que corresponde ao território com aptidão edafoclimática favorável para a cultura da cana-de-açúcar e incidência de Áreas de Proteção Ambiental (APA); áreas de média prioridade para incremento da conectividade; e as bacias hidrográficas consideradas críticas;
- 3) Adequada com Restrições Ambientais, que corresponde ao território com aptidão edafoclimática favorável para a cultura da cana-de-açúcar e com incidência de zonas de amortecimento das Unidades de Conservação de Proteção Integral; as áreas de alta prioridade para incremento de conectividade; e áreas de alta vulnerabilidade de águas subterrâneas do estado de São Paulo;
- 4) Inadequada, que corresponde às Unidades de Conservação de Proteção Integral (Estaduais e Federais); aos fragmentos classificados como de extrema importância biológica para conservação; às Zonas de Vida Silvestre das Áreas de Proteção Ambiental - APAs; às áreas com restrições edafoclimáticas para cultura da cana-de-açúcar; e às áreas com declividade superior a 20%.

Neste contexto, considerando-o como um instrumento de planejamento espacial da monocultura de cana-de-açúcar no estado de São Paulo, o objetivo do presente trabalho é analisar como o Zoneamento Agroambiental do Setor Sucroalcooleiro do estado de São Paulo (ZAA) considera adequadamente as sensibilidades socioambientais existentes no espaço, o que permite compreender se o seu uso poderá induzir o aumento das vulnerabilidades ambientais do território estadual paulista.

A consideração da vulnerabilidade ambiental no zoneamento agroambiental do setor sucroalcooleiro de São Paulo

Para o entendimento da relação entre vulnerabilidade ambiental e a atividade canavieira foram identificados os componentes da vulnerabilidade ambiental para a monocultura da cana-de-açúcar que estão apresentados no Quadro 1, divididos em fatores de exposição, de sensibilidade e de resiliência. Para isso, foram utilizados trabalhos sobre as questões ambientais envolvidas com esta cultura agrícola, tais como: Coelho *et al.* (2007), Noel (2007), Goldemberg *et al.* (2008), Martinelli e Filoso (2008), WWF (2008), São Paulo (2009b), IEA (2010) e São Paulo (2010).

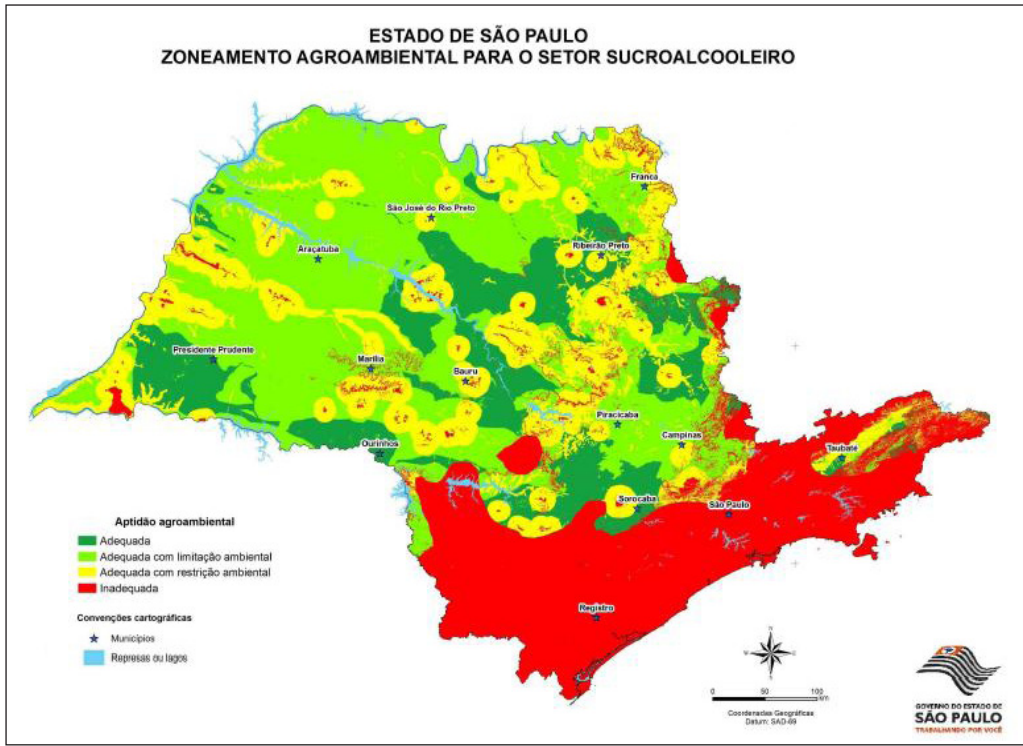


Figura 2 – Zoneamento agroambiental do setor sucroalcooleiro do estado de São Paulo (Retirado de SÃO PAULO, 2009a).

No Quadro 1, os fatores de exposição são as pressões antrópicas decorrentes da atividade, os de sensibilidade as principais condições alteradas pela presença da atividade no território e os de resiliência as ações humanas e naturais que buscam diminuir a vulnerabilidade no território. Assim, o modelo representa as principais variáveis que devem ser consideradas ao se tratar do tema de vulnerabilidade ambiental de territórios com cana-de-açúcar.

A partir desse quadro geral, foi estabelecido um modelo de análise de modo a verificar como o ZAA considera a dimensão de sensibilidade da vulnerabilidade ambiental.

Esta verificação foi realizada analisando-se todos os documentos componentes do referido zoneamento, a partir da lista dos indicadores ambientais sensíveis à expansão espacial da cana-de-açúcar que foram aqueles que indicam variações negativas ou positivas na vulnerabilidade ambiental a partir da existência de fatores expositores – neste caso, do próprio cultivo.

Como resultado desta análise, foram geradas as informações sintéticas que estão apresentadas no Quadro 2, no qual é possível verificar que dos dez indicadores ambientais sensíveis à expansão espacial do cultivo da cana-de-açúcar, apenas um foi considerado plenamente no zoneamento agroambiental, sete indicadores ambientais foram considerados parcialmente e dois indicadores não foram considerados.

Quadro 1 – Componentes da vulnerabilidade ambiental relacionados à monocultura de cana-de-açúcar

	Temas	Variáveis a serem observadas no ZAA
Fatores de Exposição	Alterações da paisagem	Homogeneização da paisagem Fragmentação da cobertura vegetal Cumprimento da Reserva Legal e APP
	Poluição	Emissão de poluentes atmosféricos Aplicação de agrotóxicos Produção de Resíduos
	Uso de recursos naturais	Uso de água Alteração das características do solo
	Pressão de expansão	Pressão sobre outras culturas agrícolas Supressão de vegetação nativa
Fatores de Sensibilidade	Recursos Naturais	Qualidade do solo Qualidade da água Qualidade do ar Vazão dos cursos d'água
	Paisagem	Cobertura vegetal natural Presença de outras culturas agrícolas
	Biodiversidade	Reserva Legal Área de Preservação Permanente Diversidade de espécies Proximidade da monocultura com Unidades de Conservação
Fatores de Resiliência	Controle ambiental	Zoneamento Licenciamento Fiscalização Monitoramento
	Legislação específica	Eliminação de queimada Normas regulatórias
	Expansão controlada	Em áreas já degradadas Em áreas de pastagens que se tornaram mais eficientes
	Ações diretas dos proprietários	Manejo agrícola Recomposição florestal Mecanização Controle de queimadas
	Conservação da biodiversidade	Unidades de Conservação Cumprimento da Reserva Legal e APP

Quadro 2 – Consideração dos fatores de sensibilidade ambiental no Zoneamento Agroambiental do Setor Sucroalcooleiro do estado de São Paulo

Fatores de sensibilidade ambiental	Como o fator foi considerado no ZAA
Qualidade do ar	Considerado plenamente
Qualidade do solo	Considerado parcialmente
Qualidade da água	Considerado parcialmente
Vazão dos cursos d'água	Considerado parcialmente
Cobertura vegetal natural	Considerado parcialmente
Diversidade de espécies	Considerado parcialmente
Unidades de conservação	Considerado parcialmente
Reserva legal	Considerado parcialmente
Áreas de preservação permanente	Não considerado
Outros usos agrícolas	Não considerado

Dentre os fatores analisados, a qualidade do ar foi o único devidamente abordado no zoneamento, provavelmente, devido ao fato de existirem padrões específicos de qualidade do ar em legislações federais e estadual que são aplicáveis para diferentes atividades humanas, incluindo o cultivo de cana-de-açúcar.

A sensibilidade da qualidade do ar tem grande relevância para a análise de vulnerabilidade ambiental, especialmente, em função dos impactos derivados da prática de queima para facilitar o corte manual e repelir animais. Tais impactos estão sempre relacionados a problemas de saúde da população da região das plantações em função da emissão de poluentes como CO_x, CH₄ e material particulado e aumento do ozônio troposférico (GOLDEMBERG *et al.*, 2008).

A qualidade dos solos foi tratada como fator de aptidão agrícola a partir de um estudo disponibilizado pelo Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas do Governo de São Paulo (CIIAGRO, 2008), no qual foram realizadas análises edafoclimáticas dos diferentes tipos de solos e suas características de fertilidade natural, profundidade e pedregosidade, como condições para a produção da cana.

Porém, não se incluiu a qualidade do solo como atributo ambiental afetado pela atividade canavieira, ou seja, não se considerou o solo como alvo de impactos ambientais negativos, ainda que a degradação do solo devido à compactação e erosão seja um importante problema do cultivo de cana. A erosão está associada às grandes áreas de solo exposto que ficam suscetíveis às chuvas intensas e ventos durante o processo inicial de conversão do uso do solo e no processo intermediário entre a colheita e o novo plantio.

Já a compactação ocorre devido ao constante tráfego de máquinas agrícolas pesadas, alterando significativamente propriedades físicas do solo como a porosidade e a densidade, culminando na diminuição da infiltração de água e na contribuição do aumento da erosão (MARTINELLI & FILOSO, 2008).

Sobre a qualidade da água e vazão dos cursos d'água, no zoneamento existem muitas informações consideradas que foram mapeadas por órgãos e instituições governamentais como o Instituto Geológico (IG), Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) e Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), tendo sido considerados dados sobre as águas subterrâneas e superficiais.

Contudo, não houve o devido relacionamento entre a situação de qualidade desses recursos e a agricultura de cana-de-açúcar, tal como o relacionamento entre a capacidade de suporte das bacias hidrográficas em receber grandes áreas de cana-de-açúcar.

Ressalta-se que as águas residuais e o subproduto, conhecido como vinhoto, decorrentes do processamento da cana contêm grande carga de matéria orgânica que geram alterações na qualidade das águas, além dos poluentes inorgânicos dos agroquímicos utilizados nas plantações geram contaminação dos recursos hídricos (GOLDEMBERG *et al.*, 2008).

Em relação à quantidade de cobertura vegetal, o zoneamento considerou como referência a publicação do Programa BIOTA/FAPESP sobre áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade do estado de São Paulo (FAPESP, 2008). Considerou-se inclusive a conectividade entre fragmentos de vegetação e a criação de corredores ecológicos entre os fragmentos – o que é um ponto bastante positivo. Porém, não se considerou a quantidade de cobertura vegetal existente e sua geografia no território estadual paulista, a qual seria de grande importância em uma região que já não guarda grandes áreas de vegetação primária.

Os fatores diversidade de espécies e unidades de conservação (UCs), relacionados às questões de biodiversidade, foram incluídos também a partir dos trabalhos do Programa BIOTA/FAPESP (FAPESP, 2008). Para isso, foram delimitadas as UCs de proteção integral e áreas de proteção ambiental (APAs), incluindo as respectivas áreas de amortecimento onde a atividade canavieira não é considerada inadequada e onde não ficou claro se o zoneamento expressa restrições ao cultivo de cana-de-açúcar. Destaca-se também que não foram incluídos outros tipos UCs de uso sustentável e das modalidades de âmbito municipal.

As reservas legais e as áreas de preservação permanentes não foram devidamente consideradas no ZAA, o que contribuiria para garantir o cumprimento do Código Florestal. As reservas legais foram consideradas como áreas prioritárias para conectividade, mas faltou tratar da baixa porcentagem destas áreas averbadas em relação às áreas rurais dos municípios.

Por exemplo, um melhor tratamento quantitativo deste indicador, a partir da consideração dos déficits de reserva legal por bacia hidrográfica poderia apontar onde se é prioritária a recuperação destas com a consequente regularização ambiental.

As áreas de preservação permanente não foram de nenhuma forma consideradas no zoneamento, inclusive sem que houvesse um tratamento quantitativo que poderia revelar informações importantes para se delimitar o espaço de avanço do cultivo de cana-de-açúcar. Este é um grande problema nas sete grandes bacias hidrográficas de São Paulo com presença de agricultura, visto que somente 25% do que deveria ser área de preservação permanente nas margens de rios apresentam alguma vegetação

natural. Os 75% restantes estão cobertos com culturas agrícolas e pastagem (SILVA *et al.*, 2007).

O ZAA poderia ainda ter inovado ao trazer o cálculo do percentual de área de preservação permanente existente por bacia hidrográfica, indicando onde há prioridade para a recuperação das mesmas e, por consequência, a indisponibilidade do espaço para o cultivo agrícola em questão

Os outros usos agrícolas diversos que competem ou podem competir espacialmente com a cana-de-açúcar, como a soja, o milho e a laranja, também não foram considerados, ainda que a existência de diversificadas culturas agrícolas no território possa ser estratégica para a dinamização das economias regionais e para a heterogeneidade da paisagem.

A situação da pressão sobre outras culturas é preocupante. Mesmo que a maior parte dos novos cultivos de cana-de-açúcar seja em áreas degradadas de pastagens que se tornaram mais eficientes (GOLDEMBERG *et al.*, 2008), é possível que esteja havendo também a substituição de outras culturas para a monocultura canavieira, causando um deslocamento espacial que pode levar a desmatamento de áreas nativas e diminuição da produção de alimentos. Nesse sentido, é necessário um controle para que a cana não empurre as atividades de soja, milho e até a pecuária sobre o Cerrado e a Amazônia (COELHO *et al.*, 2007).

Vale destacar ainda que nos mapas de aptidão agrícola e no mapa final do zoneamento (Figura 2), a maior parte da área considerada como inadequada para expansão da cana-de-açúcar são as áreas sem aptidão edafoclimática localizadas ao sul de São Paulo. As restantes são as unidades de conservação de proteção integral, onde é proibida a atividade agrícola.

Assim, mesmo considerando de alguma forma os fatores de sensibilidade da vulnerabilidade ambiental do território, o critério preponderante é o da aptidão agrícola, revelando que as potencialidades para produção de cana-de-açúcar são melhor consideradas do que os fatores relacionados às vulnerabilidades ambientais do território.

Considerações Finais

No caso da monocultura de cana-de-açúcar é indispensável que os diversos problemas socioambientais associados sejam considerados de forma efetiva por todos os atores interessados: proprietários, formuladores e aplicadores de políticas públicas, pesquisadores e sociedade civil.

O estado de São Paulo apresenta um conjunto de políticas e instrumentos voltados para essa atividade, visto que é de grande importância para a economia estadual e brasileira. É possível destacar o Zoneamento Agroambiental do Setor Sucroalcooleiro do estado de São Paulo como um instrumento de planejamento territorial que considera de alguma forma a variável ambiental, visto que abrange mapeamentos temáticos relacionados a águas subterrâneas, águas superficiais, unidades de conservação, biodiversidade e qualidade do ar.

Porém, muitos desses mapeamentos não tratam de modo satisfatório os fatores de vulnerabilidade ambiental, não considerando adequadamente informações relaciona-

das à qualidade do solo, qualidade da água, vazão dos cursos d'água, cobertura vegetal natural, diversidade de espécies, unidades de conservação e reserva legal; ou ainda não considerando nenhuma informação sobre áreas de preservação permanente e outros usos agrícolas.

Portanto, ao não considerar plenamente tais fatores de vulnerabilidade ambiental dos territórios, o uso do Zoneamento Agroambiental do Setor Sucroalcooleiro apresenta grande potencial de indução do aumento da vulnerabilidade ambiental nos territórios do estado de São Paulo, constituindo-se ao final em um mapeamento das potencialidades agrícolas e das restrições legais para a expansão territorial do cultivo de cana-de-açúcar no estado de São Paulo.

Referências Bibliográficas

- BRADLEY, M. P.; SMITH E. R. Using science to assess environmental vulnerabilities. **Environmental Monitoring and Assessment**. v. 94, p. 1-7, 2004.
- CAMARGO, A. M. P.; CASER, D. V.; CAMARGO, F. P.; OLIVETTE, M. P. A.; SACHS, R. C. C.; TORQUATO, S. A. Dinâmica e tendência de expansão da cana-de-açúcar sobre as demais atividades agropecuárias, estado de São Paulo, 2001-2006. **Informações Econômicas**. Vol. 38, n° 3, 2008.
- CIIAGRO, CENTRO INTEGRADO DE INFORMAÇÕES AGROMETEOROLÓGICAS. **Aptidão edafoclimática da cultura de cana-de-açúcar**. Agência Paulista de Tecnologia e Agronegócios, Instituto Agrônomo, 2008
- COELHO, S. T.; GUARDABASSI, P. M.; LORA, B. A.; MONTEIRO, M. B. C. A.; GORREN, R. A sustentabilidade de expansão da cultura canavieira. **Cadernos Técnicos da Associação Nacional de Transportes Públicos**. São Paulo, v. 6, 2007.
- EAKIN, H.; LUERS, A. L. Assessing the vulnerability of social-environmental systems. **Annual Review of Environmental Resources**. v. 31, p. 364-394, 2006.
- FAPESP, FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Diretrizes para a conservação e restauração da biodiversidade no estado de São Paulo**. São Paulo: Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo, Instituto de Botânica, FAPESP, 2008
- GOLDEMBERG, J.; COELHO, S. T.; GUARDABASSI, P. The sustainability of ethanol production from sugarcane. **Energy policy**. v. 36, 2008.
- IEA – INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA. **Banco de dados**. São Paulo: IEA, 2010. Disponível em: <http://ciagri.iea.sp.gov.br/bancoiea/indices_new.aspx>. Acesso em: 05 Abr. 2011.
- INPE – INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Uso de imagens de satélite de sensoriamento remoto para mapear a área cultivada com cana-de-açúcar no estado de São Paulo – Safra 2009/10**. 2010. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/mtc-m19@80/2010/02.09.18.47>>. Acesso em: 05 Abr. 2011.

KASPERSON, R. E.; DOW, K.; ARCHER, E. R. M.; CÁCERES, D.; DOWNING, T. E.; ELMQVIST, T.; ERIKSEN, S.; FOLKE, C.; HAN, G.; IYENGAR, K. VOGEL, C.; WILSON, K. A.; ZIERVOGEL, G. Vulnerable Peoples and Places. In: HASSAN, R.; SCHOLLES, R.; ASH, N. 9 (ed.). *Ecosystems and human well-being: current state and trends. Millennium Ecosystem Assessment*. Washington, DC: Island Press, 2005.

LUERS, A. L. The surface of vulnerability: An analytical framework for examining environmental change. *Global Environmental Change*. N° 15, p. 214–223, 2005.

MANZATTO, C. V. ASSAD, E. D.; BACCA, J. F. M.; ZARONI, M. J.; PEREIRA, S. E. M. (org.). *Zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009.

MARTINELLI, L. A.; FILOSO, S. Expansion of sugarcane ethanol production in Brazil: Environmental and social challenges. *Ecological Applications*. v. 18, p. 885–898, 2008.

MILLIKAN, B. H. & DEL PRETTE, M. E. **Documento base para discussão sobre metodologia de zoneamento ecológico-econômico na Amazônia**. In: Seminário de Avaliação da metodologia de Zoneamento Ecológico-Econômico para a Amazônia Legal. Programa Piloto de Proteção das Florestas Tropicais Brasileiras. Manaus, AM. 2000. CD-ROM.

MIRANDA NETO, M. J. *A crise do planejamento*. Rio de Janeiro: Nórdica, 1981.

NOEL, F. L. Etanol: o desafio do combustível verde. *Problemas Brasileiros*. São Paulo, n. 382, jul./ago. 2007.

REPÓRTE BRASIL. **O zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar: análise dos avanços e das lacunas do projeto oficial**. 2009. Disponível em: <http://www.reporterbrasil.org.br/documentos/zoneamento_cana_reporterbrasil_out09.pdf>. Acesso em 8 Fev. 2011.

ROSS, J. L. S. *Ecogeografia do Brasil: subsídios para o planejamento ambiental*. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

SANTOS, L. Doce e amargo açúcar: Concentração de renda e relações de trabalho na produção agroindustrial canavieira do Brasil. *Revista Crase.edu*. n. 1, v. 1, 2010.

SANTOS, R. F. (org). *Vulnerabilidade ambiental*. Brasília: MMA, 2007.

SANTOS, R. F.; CALDEYRO, V. S. Paisagem, condicionantes e mudanças. In: SANTOS, R. F. (org). *Vulnerabilidade ambiental*. Brasília: MMA, 2007

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

SÃO PAULO, SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE. **Resolução SMA 88 – Define as diretrizes técnicas para o licenciamento de empreendimentos do setor sucroalcooleiro no estado de São Paulo**. 2008. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/licenciamentoo/legislacao/estadual/resolucoes/2008_Res_SMA_88.pdf>. Acesso em 19 Mai. 2011.

SÃO PAULO, SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE. **Relatório Etanol Verde**. 2009a. Disponível em: <http://homologa.ambiente.sp.gov.br/etanolverde/relatorio_etanol_verde_2009A.pdf>. Acesso em 19 Mai. 2011.

SÃO PAULO, SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE. COORDENADORIA DE RECURSOS HÍDRICOS. **Relatório de Situação dos Recursos Hídricos do estado de São Paulo**. São Paulo: SMA/CRH, 2009b.

SÃO PAULO, SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE. COORDENADORIA DE PLANEJAMENTO AMBIENTAL. **Meio Ambiente Paulista: Relatório de Qualidade Ambiental 2010**. São Paulo: SMA/CPLA, 2010

SÃO PAULO, SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE. **Etanol Verde**. 2011. Disponível em: <<http://homologa.ambiente.sp.gov.br/etanolverde/portugues.asp>>. Acesso em 19 Mai. 2011.

SILVA, A. M.; NALON, M. A.; KRONKA F. J. N.; ALVARES C. A.; CAMARGO, P. B.; MARTINELLI, L. A. Historical land-cover/use in different slope and riparian buffer zones in watersheds of the state of São Paulo, Brazil. **Scientia Agricola**. Vol. 64, 325–335, 2007.

SOPAC. COMISSÃO DE GEOCIÊNCIA APLICADA DO PACÍFICO SUL. **Building Resilience in SIDS. The Environmental Vulnerability Index**. 2005. Disponível em <www.sopac.org>. Acesso em: 15 Abr. 2009.

SZMRECSÁNYI, T. & MOREIRA, E. P. O desenvolvimento da agroindústria canavieira do Brasil desde a Segunda Guerra Mundial. **Estudos Avançados**, n. 5, v. 11, 1991.

TOBIN, G.A.; MONTZ, B.E. **Natural Hazards, Explanation and Integration**. New York, London: The Guildford Press, 1997.

TURNER, B. L. Vulnerability and resilience: Coalescing or paralleling approaches for sustainability science?. **Global Environmental Change**. 2010.

TURNER, B. L.; KASPERSON, R. E.; MATSONE, P. A.; MCCARTHY, J. J.; CORELLI, R. W.; CHRISTENSEN, L.; ECKLEY, N. KASPERSON, J. X.; LUERSE, A.; MARTELLO, M. L.; POLSKY, C.; PULSIPHER, A.; SCHILLER, A. A framework for vulnerability analysis in sustainability science. **Proceedings of the National Academy of Sciences**. n. 14, v. 100, p. 8074–8079, 2003.

UNICA – UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR. **Setor Sucoenergético – Histórico**. 2009. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/content/default.asp?cchCode={C2B8C535-736F-406B-BEB2-5D12B834EF59}>>. Acesso em: 16 Mai. 2009.

WILLIAMS, L. R. R., e KAPUTSKA, L. A. Ecosystem vulnerability: a complex interface with technical components. **Environmental Toxicology and Chemistry**. v. 19, p.1055–1058. 2000.

WWF – WORLD WILDLIFE FOUNDATION BRASIL. **Análise da expansão do complexo agroindustrial canavieiro no Brasil**. Brasília: WWF, 2008.

Submetido em: 09/05/2013.

Aceito em: 03/09/2014.

<http://dx.doi.org/10.1590/1809-4422ASOC675V1812015>

A VULNERABILIDADE AMBIENTAL E O PLANEJAMENTO TERRITORIAL DO CULTIVO DE CANA-DE-AÇÚCAR

CAROLINA DE OLIVEIRA JORDÃO
EVANDRO MATEUS MORETTO

Resumo: A vulnerabilidade ambiental de um território é fundamental para a compreensão da sustentabilidade e da viabilidade de atividades humanas. Nesse contexto, um problema emergente no Brasil, e especificamente no estado de São Paulo, refere-se à expansão da atividade agrícola da monocultura de cana-de-açúcar devido aos impactos negativos e à diminuição da resiliência sistêmica dos territórios afetados. Neste sentido, o presente trabalho analisa como a vulnerabilidade ambiental foi considerada no planejamento territorial da expansão desta atividade baseado no zoneamento agroambiental do setor sucroalcooleiro de São Paulo. Com as análises realizadas foi possível concluir que o referido zoneamento preconiza, de forma geral, as potencialidades agrícolas para o planejamento da expansão do cultivo da cana-de-açúcar, desconsiderando as restrições relacionadas à vulnerabilidade ambiental existentes, podendo o seu uso induzir o aumento da vulnerabilidade ambiental no território do estado de São Paulo.

Palavras-chave: Vulnerabilidade ambiental; Planejamento territorial; Zoneamento agroambiental; cultivo de cana-de-açúcar.

Abstract: Environmental vulnerability is crucial to understand the sustainability and viability of the existence of human activities. In this context, a problem now emerging in Brazil, refers to the expansion of the monoculture farming of sugarcane, because the negative impacts and changes in the territory toward a decrease in systemic resilience. Accordingly, this research aimed to analyze how issues related to environmental vulnerability were included in the territorial planning of this activity expansion. Focusing on the agro-environmental zoning of São Paulo's sugarcane sector, as the currently main public policy for the sector in the State. The analysis shows that this zoning, in general, considers only the agriculture potentials for planning the expansion of the sugar cane crop, disregarding the restrictions related to environmental vulnerability exist. Thus, the use of agro-environmental zoning may increase territorial environmental vulnerability in the State of São Paulo.

Key words: Environmental vulnerability; Territorial planning; Agro-environmental zoning; Sugar cane crop.

Resumen: La vulnerabilidad ambiental de un territorio es fundamental para entender la sostenibilidad y viabilidad de la existencia de las actividades humanas. En este contexto, un problema que está emergiendo actualmente en Brasil, se refiere a la expansión del monocultivo agrícola de la caña de azúcar debido a los impactos negativos y la disminución en la resistencia sistémica. Así, este estudio tuvo como objetivo examinar cómo se inserta la vulnerabilidad ambiental en la planificación territorial de la expansión de esta actividad, se centrando en la zonificación agro-ambiental de este sector de São Paulo. Para nuestro análisis concluimos que esta zonificación, en general, sólo considera el potencial agrícola para la planificación de la expansión del cultivo de caña de azúcar, sin tener en cuenta las restricciones relacionadas con la vulnerabilidad ambiental que existe, ya que su uso aislado aumenta la vulnerabilidad del medio ambiente en el estado de São Paulo.

Palabras-clave: Vulnerabilidad ambiental; Planificación ambiental; Zonificación agro-ambiental; Cultivo de la caña de azúcar.
