

AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS DE TECNOLOGIAS NA AGRICULTURA: O CASO DO PROGRAMA DE MELHORAMENTO GENÉTICO DA CANA-DE-AÇÚCAR DO IAC¹

Sônia Regina Paulino

Pesquisadora Associada do Grupo de Estudos sobre Organização da Pesquisa e da Inovação (GEOPI/DPCT/IG/Unicamp)/ Professora Colaboradora do Departamento de Política Científica e Tecnológica (DPCT/IG/Unicamp)/ Professora Colaboradora do Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente / Uniara

Adriana Bin

Mestranda do DPCT/IG/Unicamp/ Pesquisadora Associada do GEOPI/DPCT/IG/Unicamp

Sérgio Luis Monteiro Salles-Filho

Professor do DPCT/IG/Unicamp/ Pesquisador Associado do GEOPI/DPCT/IG/Unicamp

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO
2. AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS DE TECNOLOGIAS
3. A METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO ESCA
4. AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS DO PROCANA
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

RESUMO

A partir da segunda metade do século XX, o debate sobre a consolidação do padrão tecnológico da agricultura moderna passa a englobar necessariamente uma discussão sobre impactos ambientais, direcionando o desenvolvimento de tecnologias e de ferramentas de gestão ambiental no setor. O presente trabalho discute as iniciativas de avaliação de impactos ambientais de tecnologias no setor agrícola como forma de incrementar o planejamento e as estratégias para alocação de recursos voltados à pesquisa. Apresenta-se uma metodologia de avaliação de impactos de programas tecnológicos na agricultura, que integra quatro dimensões: econômica, social, ambiental e de criação de capacitação. Os resultados obtidos a partir da avaliação do Programa de Melhoramento Genético da Cana-de-Açúcar (Procana), do Instituto Agrônomo (IAC) são apresentados e discutidos com foco na dimensão ambiental. Verifica-se notadamente uma tendência de melhoria ambiental no setor decorrente de alterações ligadas à mecanização, ao plantio direto e à utilização de novas variedades.

PALAVRAS-CHAVE

Avaliação de impactos, programas tecnológicos, meio ambiente, agricultura, cana-de-açúcar

¹ Os autores agradecem aos pesquisadores que participaram do projeto de Políticas Públicas para a Inovação Tecnológica na Agricultura no Estado de São Paulo: Métodos para Avaliação de Impactos da Pesquisa. Em particular a André T. Furtado, José Maria da Silveira, Maria Beatriz Bonacelli, Mauro Zackiewicz, Mirian Hasegawa e Maria Ester dal Poz (GEOPI/DPCT/Unicamp) e Geraldo Stachetti Rodrigues (Embrapa Meio Ambiente). Todos os citados são isentos de responsabilidade pelos eventuais erros e imprecisões, de responsabilidade exclusiva dos autores.

1. INTRODUÇÃO: ALGUMAS CONSIDERAÇÕES SOBRE A RELAÇÃO ENTRE AGRICULTURA E MEIO AMBIENTE

Nas últimas décadas do século XX, começaram a se tornar públicas as evidências sobre os impactos da ação humana sobre o meio ambiente. Conseqüentemente, os debates sobre degradação ambiental foram intensificados, ganhando cada vez maior projeção em âmbito internacional. Questionamentos sobre o modo de execução da atividade agrícola logo se inseriram nesse debate, dado que as primeiras evidências públicas de degradação do meio ambiente estavam relacionadas com os impactos do padrão tecnológico vigente no setor agrícola. A publicação de “*Silent Spring*” por Rachel Carson, em 1962, evidenciou esse fenômeno, questionando os efeitos decorrentes do uso intensivo de agroquímicos (pesticidas e fertilizantes) na agricultura.

No entanto, os impactos ambientais decorrentes da atividade agrícola não se resumem ao uso intensivo de agroquímicos e seus efeitos sobre os alimentos, o ambiente e o homem. Destaca-se, entre outros problemas, a acelerada degradação e erosão do solo pelo seu uso inadequado, destruição da fauna e da flora, poluição e eutrofização dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos pelos nitratos e herbicidas, desequilíbrios biológicos e agravamento dos problemas fito e zoonosológicos pela expansão das monoculturas e uso indiscriminado dos agroquímicos.

Deve-se destacar que a partir da década de 80, o debate ambiental passou a ser fortemente influenciado pelo conceito de *desenvolvimento sustentável*. O desenvolvimento sustentável propõe a idéia de um crescimento diferenciado, qualificado, que assegure as necessidades das gerações presentes sem comprometer a possibilidade das gerações futuras satisfazer suas próprias necessidades. O Relatório Brundtland, documento formulado pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento e publicado em 1987 sob o título de “Nosso Futuro Comum”, afirma que, como as necessidades são determinadas social e culturalmente, não há um único esquema para o desenvolvimento sustentável, sendo necessário para cada nação avaliar as implicações concretas das políticas adotadas. Dentre os objetivos das políticas ambientais e desenvolvimentistas que derivam do conceito de desenvolvimento sustentável destaca-se a reorientação da tecnologia e a urgência na administração dos riscos inerentes à mesma.

No âmbito do setor agrícola, o reflexo mais claro do conceito de desenvolvimento sustentável se dá através da proposição de uma *agricultura sustentável*. São várias as passagens do Relatório Brundtland que propõem um novo modelo para a agricultura. De modo geral, alerta-se para as conseqüências negativas do aumento da produtividade agrícola para o meio ambiente, como “... a perda de diversidade genética dos cultivos permanentes, a salinização e a alcalinização das terras irrigadas, a poluição por nitrato das águas subterrâneas e os resíduos de praguicidas nos alimentos” e para a existência de opções mais benignas do ponto de vista ecológico, baseadas em um “... uso mais bem controlado de água e agroquímicos, e também no uso mais extensivo de adubos orgânicos e praguicidas não-químicos” (Comissão Mundial sobre Desenvolvimento e Meio Ambiente, 1987: 62).

De acordo com a Declaração de Den Bosch (FAO, 1992, apud Veiga, 1994) “*Agricultura sustentável é o manejo e conservação dos recursos naturais e a orientação de mudanças tecnológicas e institucionais de tal maneira a assegurar a satisfação das necessidades humanas de forma continuada para o presente e futuras gerações. Tal desenvolvimento sustentável conserva o solo, a água e recursos genéticos animais e vegetais; não degrada o meio ambiente; é tecnicamente apropriado, economicamente viável e socialmente aceitável*”.

De acordo com Salles-Filho (1993) a agricultura sustentável aponta para uma nova direção do padrão tecnológico da agricultura e pode ser entendida como uma forma de aliar a eficiência

econômica à eficiência social e ambiental, implicando em uma inflexão na trajetória tecnológica produtivista do setor.

Isso significa que a agricultura sustentável não está atrelada apenas a um padrão tecnológico que amenize ou elimine o impacto ambiental, mas a uma série de modificações que dizem respeito à organização produtiva e social da área rural. Assim, se por um lado pode-se listar um conjunto de práticas de manejo na agricultura compatíveis com o desenvolvimento sustentável, por outro, existe um conjunto extenso e indefinido de transformações sociais associadas ao conceito. No que se refere às práticas de manejo “sustentáveis”, podemos citar uma série de técnicas relacionadas à agroecologia (agricultura orgânica, biodinâmica, permacultura) e de outras técnicas tais como o plantio direto e o controle biológico. No entanto, é nítido que as transformações no modelo vigente exigem mudanças no comportamento dos atores envolvidos na cadeia produtiva e inovativa do setor agrícola. Ou seja, a preocupação ambiental aparece como uma nova demanda induzindo também transformações na forma de organização e gestão da pesquisa e da inovação. E certamente, uma das necessidades que se impõe com urgência é o desenvolvimento de ferramentas que permitam a avaliação dos impactos ambientais das tecnologias no setor agrícola.

2. AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS DE TECNOLOGIAS

Tem sido crescente o interesse em se conhecer e antecipar os desdobramentos do avanço científico e tecnológico, o que revela a também crescente necessidade de instrumentos de avaliação. As metodologias de avaliação de impacto ambiental talvez sejam aquelas que mais atenção têm recebido nas últimas décadas, dada a história recente de eventos relacionados a catástrofes e danos ambientais e à saúde humana decorrentes da introdução de tecnologias cujos efeitos nocivos não foram avaliados. Daí a urgência da avaliação dos riscos tecnológicos como uma importante ferramenta da gestão ambiental. No caso do setor agrícola, a administração dos riscos envolvidos com o uso de tecnologias é fundamental, dados os danos ambientais associados ao padrão tecnológico produtivista.

No entanto, não se trata de uma tarefa trivial. A natureza incerta do avanço do conhecimento limita necessariamente a previsão do avanço científico e tecnológico e obviamente também de seus efeitos. Consequentemente, isso limita a efetividade das metodologias de avaliação.

De acordo com Salles-Filho (2000), os métodos mais comuns para a avaliação de impactos ambientais são os (i) métodos de avaliação econômica dos impactos ambientais, (ii) métodos ecoenergéticos e (iii) métodos que mantêm as unidades originais, a partir das quais são formulados índices que servem para classificar as atividades avaliadas ou comparar seus resultados com a situação precedente.

Os métodos de avaliação econômica utilizam a precificação ou monetização dos danos ou benefícios sofridos pelo ambiente em decorrência de determinada atividade ou do uso de determinada tecnologia. A unidade de medida para esse tipo de avaliação é a moeda. Uma primeira forma de proceder à avaliação econômica de impactos ambientais é pela aferição da disposição dos agentes a pagar por um bem ou serviço ambiental (ou receber por se verem dele privados) através da criação de um mercado contingente ou fictício. Trata-se do método de avaliação contingente (MVC). Baseia-se na racionalidade dos agentes, já que além de considerar que os consumidores saibam perfeitamente quais são seus interesses, o método considera a capacidade dos mesmos de ordenar suas preferências.

Uma segunda forma é aferir essa mesma disposição a pagar ou receber através de mercados substitutos (reais). No caso do método dos preços hedônicos (MPH) considera-se como mercado substituto aquele composto por bens e serviços afetados pelos impactos ambientais. Por exemplo, o mercado imobiliário, certamente afetado pela poluição atmosférica. O método das despesas com medidas preventivas (DMP) considera as despesas efetuadas por agentes

econômicos com medidas preventivas contra a degradação ambiental e seus efeitos futuros. O valor dos bens e serviços ambientais decorre dessa predisposição aos gastos com a prevenção de danos.

Uma terceira forma de avaliação econômica utiliza para a medição dos danos ambientais de uma dada atividade ou tecnologia os preços realmente praticados no mercado, ou seja, mede o prejuízo ocorrido através dos custos de reparo dos danos causados (custo de reposição) ou da redução da produção ocasionada por esse impacto (produção sacrificada).

Os métodos ecoenergéticos avaliam os impactos ambientais através da energia, como uma correspondente da unidade monetária na ecologia. Segundo essa abordagem, um sistema eficiente é aquele que possui maior capacidade de reter energia e de maximizar a energia incorporada (denominada eMergia). A avaliação se dá pela medição do conteúdo energético dos recursos empregados por um sistema, inclusive da contribuição daqueles gratuitos (como por exemplo, a energia solar), chamados “externalidades energéticas”.

O método de multiatributos considera os impactos ambientais reais em termos de suas implicações para a sociedade. Para a utilização desse método, deve-se compreender que os impactos não são igualmente distribuídos entre diferentes grupos sociais ou indivíduos, o que significa que a avaliação objetiva das alterações de parâmetros ambientais é também balizada por juízos de valor. O método de ponderação multiatributos baseia-se na teoria da utilidade e na ponderação dos parâmetros indicadores ambientais selecionados de acordo com sua importância. Esses parâmetros indicadores é que serão medidos/estimados a fim de que se obtenha os valores de impacto. A aplicação do método depende de um conhecimento adequado da importância relativa de cada parâmetro e da definição adequada de funções de utilidade, mas oferece um modelo sistematizado que permite comparar as situações e projetos em uma mesma base de consideração, ou a comparação entre uma situação ideal de referência (padrão, conforme definido anteriormente) e aquela em avaliação. Uma vantagem deste método é que ele permite a comparação das alterações, sejam potenciais ou observáveis, resultantes da implementação da inovação tecnológica, frente à situação de referência (ou seja, anterior à implementação tecnológica). Além disso, permite o tratamento da multiplicidade de parâmetros indicadores ambientais passíveis de consideração.

Tem-se que a vantagem do método multiatributo é a consideração dos efeitos ambientais diferenciados para os também diferenciados componentes do ecossistema. Esse método pode ser considerado como um dos mais apropriados para a avaliação dos impactos dos resultados de programas de pesquisa dada a possibilidade de estruturar um conjunto de critérios que podem ser mensurados, por medidas quantitativas ou qualitativas e somados numa estrutura hierárquica a fim de obter índices finais de impacto.

3. A METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO ESAC

O presente item dedica-se notadamente à apresentação da estruturação do conjunto de critérios da dimensão ambiental na metodologia de avaliação ESAC.

3.1. Considerações Gerais

O método de avaliação ESAC foi desenvolvido para a avaliação *ex-post* de impactos de programas tecnológicos/tecnologias no âmbito do projeto de *Políticas Públicas para a Inovação Tecnológica na Agricultura do Estado de São Paulo: Métodos para Avaliação de Impactos da Pesquisa*. Esse projeto, apoiado pela FAPESP e pela Finep/MCT, foi executado pelo Grupo de Estudos sobre Organização da Pesquisa e da Inovação (GEOPI/DPCT/Unicamp) e instituições parceiras entre 2000 e 2003. O método ESAC se baseia na identificação e mensuração de impactos econômicos, sociais, ambientais e de

capacitação (ESAC) decorrentes do desenvolvimento e difusão de um determinado programa tecnológico ou de uma nova tecnologia.

Para cada uma das quatro dimensões ESAC foi construído um quadro de referência, denominado *Estrutura de Impactos*. Trata-se de uma base formal que funciona como uma "rede" cognitiva que indica sobre quais aspectos se deve examinar a extensão dos efeitos de uma determinada tecnologia ou programa tecnológico. A *Estrutura de Impactos* organiza os elementos que permitem a interpretação e o cálculo dos impactos. As propriedades formais de uma *Estrutura de Impactos* são similares às propriedades das hierarquias de critérios dos métodos multicritérios de apoio à decisão. Para sua construção, realiza-se a decomposição dos impactos, obedecendo a uma morfologia hierárquica a exemplo dos métodos de utilidade multiatributos. Nesse sentido, cada uma das dimensões é detalhada, sendo descrita por um número n de componentes, que por sua vez também são descritos por um número m de componentes e assim por diante, formando uma hierarquia ramificada. Os componentes cuja variação é mensurada no campo (*componentes básicos*) representam o nível mais desagregado da hierarquia. A cada um dos componentes básicos é associada uma variável.

A ligação com os aspectos da realidade a que se refere a *Estrutura de Impactos* depende do nível contextual da modelagem – o contexto de avaliação –, de acordo com os objetivos da avaliação. A construção de uma *Estrutura de Impactos* está condicionada à existência de referenciais teórico-conceituais que permitam identificar elementos constituintes que tenham *aderência*² ao contexto de avaliação e explicitem as causalidades, correlações ou contingenciamentos existentes entre tais elementos, de modo que se possa definir fórmulas adequadas para a agregação posterior das medidas de impacto obtidas.

A elaboração dos questionários para a pesquisa de campo foi orientada para a medição da alteração das variáveis associadas aos componentes básicos da *Estrutura* através de medidas categóricas do tipo escalas de Likert considerando a percepção sensorial dos atores selecionados. A escala varia entre grande diminuição e grande aumento, tendo como ponto médio a ausência de alteração. Há também a possibilidade da resposta “não se aplica” no caso de não haver relação entre o componente básico e a dinâmica da lavoura avaliada. Por meio de uma função de transformação, a medida obtida foi projetada para um intervalo contínuo $[-1,1]$, sendo que 1 denota o máximo impacto positivo (desejável), -1 denota o máximo impacto negativo (indesejável) e 0 denota a inexistência de impacto.

Além da alteração da variável, os entrevistados atribuíram uma relação de causalidade entre a introdução da tecnologia e o impacto medido, através de uma escala de Likert de 5 pontos posteriormente projetada sobre o intervalo $[0,1]$, de modo que o valor 0 denota ausência de relação, 1 denota relação total e os valores entre 0 e 1 significam relação parcial. Dessa maneira, foi separada a fração de impacto efetivamente atribuível à tecnologia da fração atribuível a outras causas. Assim, pode-se obter dois tipos de impacto, quais sejam: *impacto do programa/tecnologia*, decorrente das transformações pela adoção de um programa tecnológico/tecnologia e *impacto geral*, decorrente da tecnologia e de outras causas. Por exemplo, a melhoria no perfil toxicológico dos pesticidas (componente básico da *Estrutura de Impactos* da dimensão ambiental) utilizados em determinada cultura pode ser muito grande. No entanto, essa redução pode ser decorrente do uso de uma nova tecnologia (por exemplo, de controle biológico) e também de outras causas, tais como a postura do produtor, as transformações na indústria de pesticidas, a legislação. A vantagem da metodologia está, justamente, na busca da delimitação do impacto decorrente da tecnologia, a fim de não superestimá-lo incluindo causas de outra natureza.

² A noção de aderência de uma estrutura de impactos é definida formalmente como um indicador *ex post* da qualidade da adequação de uma determinada estrutura de impactos a um determinado contexto de avaliação.

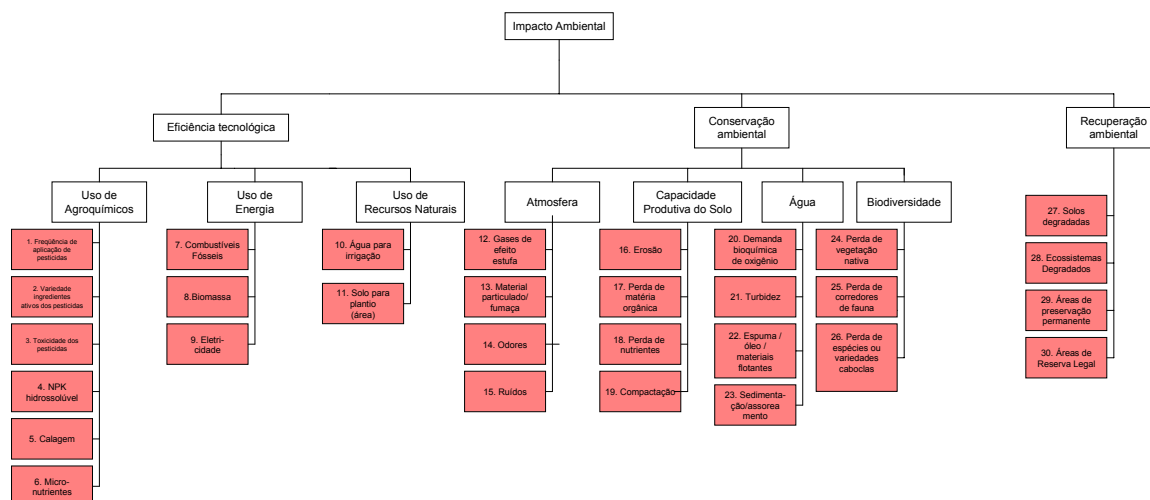
Após a realização das entrevistas foram verificados os diferentes padrões de distribuição de frequências das respostas e calculado um índice de coesão (variando de 0 a 1), indicador de consenso. A partir desse índice, determinou-se o valor representativo das respostas. O impacto da tecnologia para cada um dos componentes básicos foi calculado como o produto entre o valor representativo da variação do componente, o valor representativo da participação da tecnologia e o peso do componente. O impacto geral, por sua vez, foi calculado da mesma forma, sem a inclusão do valor de participação da tecnologia. Os impactos nos níveis superiores da estrutura foram obtidos pela adição ponderada dos componentes dos níveis inferiores, até que se obtivesse o valor final de impacto para uma dada dimensão.

Para o desenvolvimento metodológico, contou-se com o estudo de programas tecnológicos do Instituto Agrônomo (IAC), delimitando-se o universo da agricultura no Estado de São Paulo. Nesse sentido, as estruturas das quatro dimensões foram construídas levando em consideração os aspectos referentes ao universo da agricultura paulista.

3.2. A Dimensão Ambiental

Dada a proposta do artigo de expor a avaliação de impactos ambientais de tecnologias no setor agrícola, efetuou-se um recorte a fim de detalhar a dimensão ambiental na metodologia de avaliação ESAC. Apresenta-se, a seguir (**Figura 1**), a estrutura de impactos da dimensão ambiental.

Figura 1: Estrutura de Impactos da Dimensão Ambiental



A construção da Estrutura de Impactos da dimensão ambiental teve como referência o Sistema de Avaliação de Impacto Ambiental da Inovação Tecnológica Agropecuária (Ambitec-agro), metodologia desenvolvida pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) (Stachetti Rodrigues *et al.*, 2003). Essa Estrutura considera três aspectos de contribuição de uma dada inovação tecnológica para melhoria ambiental na produção agropecuária, quais sejam, **Eficiência**, **Conservação** e **Resiliência**. O aspecto de *Eficiência Tecnológica* refere-se à contribuição da tecnologia para a sustentabilidade da atividade agropecuária a montante do processo produtivo, representado pela redução da dependência do uso de insumos, sejam estes insumos tecnológicos ou naturais. Os indicadores de eficiência tecnológica são uso de agroquímicos (frequência de aplicação dos pesticidas, variedade de ingredientes ativos dos

pesticidas, toxicidade dos pesticidas, uso de NPK, de calagem e de micronutrientes), uso de energia (combustíveis fósseis, biomassa e eletricidade), e uso de recursos naturais (água para irrigação e solo para plantio).

A *Conservação Ambiental* atenta para os impactos da inovação tecnológica a jusante, ou seja, para a contaminação do ambiente pelos resíduos gerados pela atividade produtiva agropecuária e a depauperação dos habitats naturais e da diversidade biológica devido à adoção da tecnologia. Esses impactos são avaliados por indicadores de emissão de poluentes relacionados com comprometimento potencial da qualidade ambiental dos compartimentos atmosfera (emissão de gases de efeito estufa, emissão de material particulado e fumaça, emissão de odores e de ruídos), capacidade produtiva do solo (erosão, perda de matéria orgânica, perda de nutrientes e compactação do solo), água (DBO, turbidez, espuma e materiais flotantes, sedimentação/assoreamento dos corpos d'água) e pela perda de biodiversidade (perda de vegetação nativa e de corredores de fauna e extinção de espécies ou variedades caboclas).

A *Recuperação Ambiental* considera a importância do resgate do passivo ambiental nos processos de inovação tecnológica agropecuária. Este aspecto dedica-se à consideração da resiliência, definida como a capacidade de um material ou sistema em recuperar-se de uma alteração imposta, ou a habilidade de recobrar a forma original após cessada uma pressão deformadora. Assim, avalia-se a contribuição da inovação tecnológica para a efetiva recuperação de solos degradados (física, química e biologicamente), ecossistemas degradados, áreas de preservação permanente e da Reserva Legal.

4. AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS DO PROGRAMA DE MELHORAMENTO GENÉTICO DA CANA-DE-AÇÚCAR

A construção da metodologia de avaliação ESAC se deu paralelamente a avaliação de dois programas tecnológicos do Instituto Agrônomo (IAC). Descreve-se abaixo um dos programas avaliados, o Programa de Melhoramento Genético da Cana-de-Açúcar (Procana), bem como os resultados da avaliação dos impactos ambientais do mesmo.

4.1. O Programa de Melhoramento Genético da Cana-de-açúcar (Procana)

Um dos programas tecnológicos escolhidos para o desenvolvimento da metodologia de avaliação ESAC foi o Programa de Melhoramento Genético da Cana-de-Açúcar (Procana) do IAC. O Instituto conta com uma importante tradição na pesquisa com cana-de-açúcar, iniciada em 1892. O programa em questão surgiu em 1994, como um convênio de cooperação entre o IAC, as empresas da agroindústria do açúcar e do álcool e a Fundação de Apoio à Pesquisa Agrícola (FUNDAG). O objetivo central do programa é o melhoramento genético visando à obtenção de cultivares de cana-de-açúcar mais produtivas. No entanto, são desenvolvidos conjuntamente projetos para a melhora do manejo dos cultivares. O grande diferencial desse programa é sua organização em rede, contando com a participação de pesquisadores das Estações Experimentais de Piracicaba, Ribeirão Preto e Jaú, e da interação com as empresas conveniadas (28 usinas no estado de São Paulo e 4 em outros estados). Os trabalhos de melhoramento genético incluem cerca de 120 experimentos de campo anuais, distribuídos entre as estações experimentais do IAC e as 32 empresas conveniadas. As variedades lançadas pelo Procana possuem um conjunto de características que as diferenciam entre si e de outras variedades. Essas características se referem principalmente a % de Pol, tempo de maturação, produtividade agrícola, quantidade de fibra, porte, soqueira e resistência a doenças. Tais características influenciam a decisão das usinas sobre as variedades que serão cultivadas a cada renovação das plantas.

Embora o Procana tenha gerado alguns *spinoffs* (resultados inesperados que surgiram em decorrência da transferência de conhecimentos criados pelo programa para outras aplicações), o objeto de análise da avaliação se restringiu aos resultados criados pelo programa, que incluem o lançamento e disponibilização de novas variedades, estudos para viabilidade do uso de resíduo industrial como fonte de nutrientes, caracterização de ambientes de produção da cana em São Paulo e recomendações fitotécnicas e de adubação para a cana em São Paulo. Todos esses resultados constituem o que pode ser denominado pacote tecnológico do Procana.

4.2. A Avaliação de Impactos Ambientais do Procana

A amostra

Os atores mais diretamente impactados pelo programa, até o momento da avaliação, eram as usinas conveniadas e os pesquisadores do Procana os quais definiram, por isso, as categorias de atores entrevistados. Constituiu-se, assim, uma amostra intencional e representativa no universo de adotantes da tecnologia. A determinação da amostra foi realizada de acordo com as recomendações da rede de participantes da equipe do projeto.

A amostra foi escolhida segundo as regiões canavieiras mais importantes do estado de São Paulo, que são: Ribeirão Preto e Piracicaba. Além disso, como a região de Ribeirão Preto agrupa a maior concentração de usinas do estado e também cerca de 50% das usinas conveniadas ao Procana, decidiu-se concentrar a amostra nesta localidade. Embora a região de Jaú não seja tão expressiva na cultura de cana-de-açúcar, foi escolhida uma usina deste local para servir de contraponto às usinas das duas principais regiões. Dessa maneira, os dados poderiam ser confrontados possibilitando um enriquecimento da avaliação. Para a dimensão ambiental foram entrevistadas 10 usinas (36% do número de usinas conveniadas ao Procana em São Paulo), sendo 6 da região de Ribeirão Preto, 3 da região de Piracicaba e 1 da região de Jaú.

É importante ressaltar que o ano de adoção do Procana variou de 1994 a 2000 entre os entrevistados e que a participação das novas variedades do programa na área total plantada em cada usina variou entre 0,5 e 6%. Esses dados sugerem que outras informações além da região de localização das usinas interferem nos resultados obtidos. A pesquisa de campo foi realizada entre março de 2002 e março de 2003, tendo se colocado a necessidade de retorno aos entrevistados de maneira a obter informações complementares referentes aos ajustes metodológicos.

Resultados da avaliação

Conforme antecipado na descrição da metodologia de avaliação ESAC, além do impacto do programa tecnológico em questão obteve-se também o impacto geral, revelando as tendências na lavoura de cana no que se refere aos componentes básicos contidos na Estrutura de Impactos.

Apresenta-se, a seguir, o **Quadro 1** com a avaliação de impactos ambientais do Procana para os componentes dos diferentes níveis da Estrutura de Impactos (Furtado, 2003). A primeira coluna refere-se ao *Impacto Geral* (I_{GERAL}) obtido na avaliação, a segunda refere-se ao *Impacto do programa* (I_{PROG}) e a terceira refere-se ao *Impacto decorrente de outras causas* (I_{OUTRAS}), que é a diferença entre os valores de Impacto geral e Impacto do programa. Vale ressaltar que os valores variam entre -1 e 1 , sendo os valores entre 0 e -1 referentes a impactos ambientais negativos e os valores entre 0 e 1 referentes a impactos ambientais positivos.

Quadro 1: Impactos Ambientais - Procana

AMBIENTAL - CANA	GERAL	PROG.	OUTRAS	Uso de Agroquímicos			Eficiência Tecnológica			Impacto Ambiental					
Frequencia	0,20	0,00	0,20	0,22	0,00	0,22	-0,13	0,00	-0,13	0,12	0,00	0,12			
Variedade de Ingredientes ativos	-0,22	0,00	-0,22												
Toxidade	0,73	0,00	0,73												
NPK Solúvel	0,13	0,02	0,11												
Calagem	0,02	0,00	0,02												
Micro-Nutrientes	-0,10	0,00	-0,10	Uso de Energia											
Combustíveis Fósseis	-0,67	0,00	-0,67	-0,28	0,00	-0,28									
Biomassa	0,00	0,00	0,00												
Eletricidade	-0,03	0,00	-0,03	Uso de Rec.Naturais											
Água para Irrigação	0,00	0,00	0,00	-0,33	0,00	-0,33	Conservação Ambiental								
Solo para plantio	-0,67	0,00	-0,67	Atmosfera											
Gases de efeito estufa	0,25	0,00	0,25	0,39	0,00	0,39	0,25	0,00	0,25						
Material particulado/fumaça	0,73	0,00	0,73												
Odores	0,00	0,00	0,00												
Ruídos	0,00	0,00	0,00							Cap.Productiva do Solo					
Erosão	0,67	0,00	0,67							0,28	0,00	0,27			
Perda de matéria orgânica	0,18	0,02	0,16												
Perda de nutrientes	0,40	0,00	0,40												
Compactação	-0,13	0,00	-0,13										Água		
DBO	0,00	0,00	0,00										0,11	0,00	0,11
Turbidez	-0,02	0,00	-0,02												
Espuma/óleo/materiais flutuantes	0,00	0,00	0,00												
Sedimento/assoreamento	0,47	0,00	0,47										Biodiversidade		
Perda de vegetação nativa	0,33	0,00	0,33										0,21	0,00	0,21
Perda de corredores de fauna	0,10	0,00	0,10				Recuperação Ambiental								
Perda de espécies ameaçadas	0,17	0,00	0,17												
Recuperação de solos degradados	0,63	0,00	0,63										0,36	0,00	0,36
Recuperação de ecossistemas degradados	0,17	0,00	0,17												
Áreas de preservação permanente	0,67	0,00	0,67												
Reserva Legal	0,17	0,00	0,17												

A tecnologia avaliada teve impacto ambiental nulo, refletindo a equivalência das variedades IAC com os padrões obtidos pelas outras alternativas tecnológicas disponíveis para o produtor, em termos das características requeridas pelo setor produtivo para sua adoção no campo em escala comercial. Isso significa que a adoção do programa não altera o *status* de eficiência tecnológica, não altera a qualidade do meio e não induz medidas de recuperação ambiental. O impacto ambiental geral é positivo (0,12) e totalmente explicado por outras causas que não o programa avaliado. Ou seja, há uma correlação fraca existente entre o programa e o impacto observado, sendo que a grande maioria das medidas de participação apontou para a ausência de relação entre o impacto e o programa. No entanto, foi observada uma boa adequação da Estrutura de Impactos da dimensão ambiental para a avaliação de impactos na lavoura de cana.

O coeficiente de *coesão das respostas* (0,68) apontou a existência de ambigüidades nas respostas para alguns componentes básicos. O componente *Variedade de Ingredientes Ativos dos Pesticidas* exemplifica esse caso, já que existem respostas indicando “moderada diminuição”, “não houve alteração”, “pequeno aumento”, “moderado aumento” e “grande aumento” para a variação do número total de produtos utilizados.

A fim de se buscar a melhor medida de impacto através da indicação da *coesão das respostas*, optou-se por analisar os resultados considerando as três categorias do ator produtor/usina de cana, quais sejam: produtores/usinas da região de Ribeirão Preto, da região de Piracicaba e da região de Jaú. Para os três casos, a *coesão das respostas* apresentou valores maiores ou iguais a 0,75 (0,84 para Piracicaba e 0,75 para Ribeirão Preto). No caso de Jaú, a coesão foi máxima (1,00), já que foi entrevistado apenas um produtor/usina da região. Seguem os **Quadros 2, 3 e 4** com a avaliação de impactos ambientais do Procana para as três regiões visitadas:

Quadro 2: Impactos Ambientais – Procana – produtores/usinas Ribeirão Preto

AMBIENTAL - CANA - produtores/usinas Ribeirão Preto	GERAL	PROG.	OUTRAS	Uso de Agroquímicos	Eficiência Tecnológica	Impacto Ambiental
Frequência	0,03	0,01	0,02	0,26 0,01 0,26	-0,13 0,00 -0,13	0,15 0,02 0,13
Variedade de Ingredientes ativos	0,03	0,00	0,03			
Toxicidade	0,83	0,00	0,83			
NPK Solúvel	0,10	0,03	0,08			
Calagem	0,04	0,01	0,03			
Micro-Nutrientes	-0,17	-0,01	-0,16	Uso de Energia		
Combustíveis Fósseis	-0,72	0,00	-0,72	-0,31 0,00 -0,31		
Biomassa	0,00	0,00	0,00			
Elettricidade	-0,06	0,00	-0,06	Uso de Rec. Naturais		
Água para Irrigação	0,00	0,00	0,00	-0,33 0,00 -0,33		
Solo para plantio	-0,67	0,00	-0,67		Conservação Ambiental	
Gases de efeito estufa	0,08	0,00	0,08	0,38 0,00 0,38	0,28 0,02 0,25	
Material particulado/fumaça	0,83	0,00	0,83			
Odores	0,17	0,00	0,17			
Ruídos	0,00	0,00	0,00	Cap.Produtiva do Solo		
Erosão	0,83	0,10	0,73	0,31 0,05 0,26		
Perda de matéria orgânica	0,25	0,06	0,19			
Perda de nutrientes	0,50	0,06	0,44			
Compactação	-0,33	-0,01	-0,32	Água		
DBO	0,00	0,00	0,00	0,16 0,04 0,11		
Turbidez	-0,04	0,00	-0,04			
Espuma/óleo/materiais flutuantes	0,00	0,00	0,00			
Sedimento/assoreamento	0,67	0,17	0,50	Biodiversidade		
Perda de vegetação nativa	0,33	0,00	0,33	0,25 0,00 0,25		
Perda de corredores de fauna	0,06	0,00	0,06			
Perda de espécies ameaçadas	0,33	0,00	0,33		Recuperação Ambiental	
Recuperação de solos degradados	0,61	0,23	0,38		0,49 0,05 0,44	
Recuperação de ecossistemas degradados	0,39	0,00	0,39			
Áreas de preservação permanente	0,78	0,00	0,78			
Reserva Legal	0,33	0,00	0,33			

Quadro 3: Impactos Ambientais – Procana – produtores/usinas Piracicaba

AMBIENTAL - CANA - produtores/usinas Piracicaba	GERAL	PROG.	OUTRAS	Uso de Agroquímicos	Eficiência Tecnológica	Impacto Ambiental
Frequência	-0,11	0,00	-0,11	0,22 0,00 0,22	-0,13 0,00 -0,13	0,08 0,00 0,08
Variedade de Ingredientes ativos	-0,33	0,00	-0,33			
Toxicidade	1,00	0,00	1,00			
NPK Solúvel	0,08	0,00	0,08			
Calagem	0,00	0,00	0,00			
Micro-Nutrientes	0,00	0,00	0,00	Uso de Energia		
Combustíveis Fósseis	-0,67	0,00	-0,67	-0,27 0,00 -0,27		
Biomassa	0,00	0,00	0,00			
Elettricidade	0,00	0,00	0,00	Uso de Rec. Naturais		
Água para Irrigação	0,00	0,00	0,00	-0,33 0,00 -0,33		
Solo para plantio	-0,67	0,00	-0,67		Conservação Ambiental	
Gases de efeito estufa	0,67	0,00	0,67	0,58 0,00 0,58	0,18 0,00 0,18	
Material particulado/fumaça	0,78	0,00	0,78			
Odores	0,00	0,00	0,00			
Ruídos	0,00	0,00	0,00	Cap.Produtiva do Solo		
Erosão	0,00	0,00	0,00	0,08 0,00 0,08		
Perda de matéria orgânica	0,17	0,00	0,17			
Perda de nutrientes	0,33	0,00	0,33			
Compactação	-0,17	0,00	-0,17	Água		
DBO	0,00	0,00	0,00	0,06 0,00 0,06		
Turbidez	0,00	0,00	0,00			
Espuma/óleo/materiais flutuantes	0,00	0,00	0,00			
Sedimento/assoreamento	0,22	0,00	0,22	Biodiversidade		
Perda de vegetação nativa	0,00	0,00	0,00	0,00 0,00 0,00		
Perda de corredores de fauna	0,00	0,00	0,00			
Perda de espécies ameaçadas	0,00	0,00	0,00		Recuperação Ambiental	
Recuperação de solos degradados	0,67	0,00	0,67		0,33 0,00 0,33	
Recuperação de ecossistemas degradados	0,00	0,00	0,00			
Áreas de preservação permanente	0,33	0,00	0,33			
Reserva Legal	0,33	0,00	0,33			

Quadro 4: Impactos Ambientais – Procana – produtores/usinas Jaú

AMBIENTAL - CANA - produtores/usinas Jaú	GERAL	PROG.	OUTRAS	Uso de Agroquímicos			Eficiência Tecnológica			Impacto Ambiental		
Frequencia	-0,33	0,00	-0,33	0,03	0,00	0,03	-0,09	0,00	-0,09	0,19	0,00	0,19
Variedade de Ingredientes ativos	0,00	0,00	0,00									
Toxicidade	0,33	0,00	0,33									
NPK Solúvel	0,00	0,00	0,00									
Calagem	0,00	0,00	0,00									
Micro-Nutrientes	0,00	0,00	0,00	Uso de Energia								
Combustíveis Fósseis	-0,33	0,00	-0,33	-0,13	0,00	-0,13						
Biomassa	0,00	0,00	0,00									
Eletricidade	0,00	0,00	0,00	Uso de Rec. Naturais								
Água para Irrigação	0,00	0,00	0,00	-0,17	0,00	-0,17						
Solo para plantio	-0,33	0,00	-0,33	Atmosfera			Conservação Ambiental					
Gases de efeito estufa	0,67	0,00	0,67	0,53	0,00	0,53	0,32	0,00	0,32			
Material particulado/fumaça	0,67	0,00	0,67									
Odores	0,00	0,00	0,00									
Ruídos	0,00	0,00	0,00	Cap.Produtiva do Solo								
Erosão	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,08						
Perda de matéria orgânica	0,33	0,00	0,33									
Perda de nutrientes	0,00	0,00	0,00									
Compactação	0,00	0,00	0,00	Água								
DBO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00						
Turbidez	0,00	0,00	0,00									
Espuma/óleo/materiais flutuantes	0,00	0,00	0,00									
Sedimento/assoreamento	0,00	0,00	0,00	Biodiversidade								
Perda de vegetação nativa	0,67	0,00	0,67	0,67	0,00	0,67						
Perda de corredores de fauna	0,67	0,00	0,67									
Perda de espécies ameaçadas	0,67	0,00	0,67				Recuperação Ambiental					
Recuperação de solos degradados	0,67	0,00	0,67				0,47	0,00	0,47			
Recuperação de ecossistemas degradados	1,00	0,00	1,00									
Áreas de preservação permanente	0,67	0,00	0,67									
Reserva Legal	0,00	0,00	0,00									

Impacto do Programa

A observação das medidas de impacto por categorias sugere algumas considerações. Para o impacto ambiental decorrente do programa, as medidas continuam nulas, tanto para os produtores/usinas da região de Piracicaba quanto de Jaú. O impacto ambiental não se manifesta para nenhum dos 30 componentes básicos da estrutura de impactos da dimensão ambiental. Verificou-se correlação quase nula entre o impacto medido e o programa avaliado. Nesse sentido, serão observados os resultados obtidos apenas para as usinas de Ribeirão Preto.

Para esse grupo verifica-se que, a despeito da identificação de aumento na compactação do solo (-0,01) e na quantidade aplicada de micronutrientes (-0,01), há um pequeno impacto ambiental positivo decorrente do programa (0,02). Possivelmente, a explicação está na maior assimilação das recomendações do pacote tecnológico pelos mesmos. Observando o nível mais desagregado da estrutura de impactos (já que apenas nesse nível o impacto da tecnologia se manifestou) nota-se:

- aumento de iniciativas para recuperação de solos degradados (0,23);
- diminuição na sedimentação/assoreamento de corpos d'água (0,17);
- diminuição na ocorrência de erosão (0,10);
- diminuição na perda de matéria orgânica (0,06) e de nutrientes (0,06);
- diminuição na quantidade aplicada de NPK hidrossolúvel (0,03);
- diminuição na frequência de aplicação de pesticidas (0,01);

Nesse caso, os impactos ambientais positivos mais significativos relacionam-se com os componentes de *Capacidade Produtiva do Solo* (*Erosão*, *Perda de Matéria Orgânica*, *Perda de Nutrientes*, *Sedimentação/Assoreamento*) e com a *Recuperação de Solos Degradados*. Essas melhorias estão relacionadas com o uso de resíduos industriais para fins de adubação (vinhaça, cinzas e torta de filtro), com o plantio direto (presença de palha na cobertura do solo

e redução/eliminação do preparo do solo), com a adubação verde (plantio de leguminosas no intervalo de reforma do canavial) e com as exigências diferenciadas das variedades de cana em termos de adubação. No que se refere à *Perda de Matéria Orgânica*, ressalta-se que a própria lavoura de cana é responsável pela reposição de matéria orgânica no solo.

A relação de atribuição entre as medidas de impacto e o programa tecnológico avaliado se manifesta através das recomendações de manejo presentes no pacote tecnológico no qual estão inseridas as novas variedades. Destacam-se as recomendações acerca da viabilidade do uso de resíduo industrial como fonte de nutrientes, a caracterização dos ambientes de produção de cana em São Paulo (Ambicana) e as recomendações fitotécnicas e de adubação.

Como impacto propriamente atribuído ao uso de novas variedades, identifica-se uma relação sutil (e não verificada por muitos dos entrevistados) entre as novas variedades IAC e a intensificação da mecanização, uma vez que as características de colheabilidade dessas variedades podem facilitar o corte mecanizado.

Impacto Geral

As medidas de impacto ambiental geral, também observadas para as três categorias de produtores/usinas de cana, revelam uma tendência de melhoria ambiental. No caso de Jaú, o impacto ambiental geral é 0,19, para Ribeirão Preto é 0,15 e para Piracicaba é 0,08. No entanto, quando verificamos os componentes no segundo nível da estrutura de impactos, para as três categorias, notamos diferenças importantes, já que para *Eficiência Tecnológica* nota-se um impacto ambiental geral negativo enquanto para *Conservação e Recuperação Ambiental* o impacto é positivo.

O Impacto Ambiental negativo na *Eficiência Tecnológica* decorre de um impacto ambiental negativo no *Uso de Energia* e no *Uso de Recursos Naturais* e positivo para o *Uso de Agroquímicos*. O aumento do consumo de diesel é evidente em função da colheita mecânica e do aumento da área plantada (apesar da diminuição no uso de tratores em função do emprego do plantio direto). O aumento da área plantada, por sua vez, explica o impacto negativo no *Uso de Recursos Naturais*, e está atrelado à expansão do mercado para a cana. Não há impacto relativo ao uso de água para a irrigação, já que na grande maioria dos casos, a irrigação é feita via fertirrigação, utilizando a água e a vinhaça resultante do processamento da cana de açúcar.

Nota-se que as regiões de Ribeirão Preto e de Piracicaba mostram-se mais à frente no processo de mecanização quando em comparação com a região de Jaú, e que a pressão pela expansão da lavoura também é maior nas duas primeiras regiões (mais consolidadas em relação ao cultivo de cana). Disso decorre o impacto ambiental negativo no *Uso de Energia* e no *Uso de Recursos Naturais* mais intenso para Ribeirão (-0,31; -0,33) e Piracicaba (-0,27; -0,33) quando em comparação com Jaú (-0,13; -0,17).

O impacto positivo para o *Uso de Agroquímicos* se dá notadamente pela diminuição da toxicidade dos pesticidas utilizados (com ênfase para o abandono no uso de produtos clorados). Os argumentos para essa diminuição advêm da postura das empresas visando melhorar a qualidade de seus produtos, diminuir possibilidades de contaminação de funcionários e atender às exigências do mercado e da legislação. Além disso, a tendência é de mudança do perfil toxicológico de produtos por parte das indústrias produtoras de pesticidas. Nesse caso, também os produtores da região de Ribeirão (0,26) e de Piracicaba (0,22) se diferenciam do produtor da região de Jaú (0,03), com menor percepção sobre as mudanças referentes ao uso de pesticidas.

A tendência de melhoria da *Conservação Ambiental*, considerando impacto ambiental geral, é nítida. Para a *Atmosfera*, o impacto ambiental positivo está associado à diminuição das queimadas, reduzindo a emissão de *Gases de Efeito Estufa* e de *Material Particulado e Fumaça*, apesar do aumento no uso de colheitadeiras mecânicas. Para a *Capacidade*

Produtiva do Solo, os resultados são evidentemente relacionados com os fatores já descritos anteriormente. Ressalta-se apenas o aumento da *Compactação* do solo, dado o aumento no uso de maquinário pesado. Quanto à *Água*, o impacto positivo é fortemente relacionado com a diminuição na *Sedimentação e Assoreamento* de corpos d'água, resultante da diminuição da erosão.

Para esses componentes, também se verificam diferenciações entre as categorias. Para a *Atmosfera*, os impactos em Ribeirão (0,38) são menores que para Piracicaba (0,58) e Jaú (0,53), dado que o aumento da emissão de gases de efeito estufa resultantes de um processo mais intenso de mecanização ocorre como contrapartida da redução na emissão desses mesmos gases resultantes da diminuição das queimadas. Para *Capacidade Produtiva do Solo*, os produtores da região de Ribeirão apresentam a maior medida de impacto (0,31 frente a 0,08 de Piracicaba e Jaú). Mesmo tendo o maior impacto negativo para *Compactação* do solo (resultante da adoção da colheita mecanizada em maior escala), os demais componentes (*Erosão, Perda de Matéria Orgânica e Perda de Nutrientes*) revelam impactos positivos.

Por fim, o impacto positivo na conservação da *Biodiversidade* e na *Recuperação Ambiental* está atrelado particularmente à legislação relativa ao estabelecimento de Áreas de Preservação Permanente e Reserva Legal. Os produtores/usinas (das três regiões avaliadas) têm procurado se adequar nesse sentido, não apenas através da conscientização sobre a necessidade da recuperação, mas também através de iniciativas como a não expansão das propriedades em áreas virgens (e somente em pastagens ou em áreas que já foram ocupadas por outras culturas), o plantio de espécies nativas e a implantação de programas de adequação ambiental.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dada a dinâmica da lavoura de cana-de-açúcar, o Procana pode ser considerado um programa recente. Sugere-se, nesse sentido, que as conseqüências do desenvolvimento de novas variedades surtirá possíveis efeitos em um prazo mais longo do que o que está compreendido no intervalo analisado. Além disso, a área ocupada com as novas variedades IAC nos produtores/usinas avaliados é de, em média, 1%, revelando as dificuldades na expressão de transformações perceptíveis decorrentes desse uso. Entretanto, muitas são as possibilidades que se insinuam através do desenvolvimento de novas variedades, dentre as quais destaca-se o controle varietal de pragas (resistência das variedades), exigências diferenciadas em termos de adubação, características de colheitabilidade que facilitam a mecanização/colheita de cana crua, aumento de produtividade e uma maior adequação ao plantio direto e ao controle biológico.

Verifica-se ainda que os impactos gerais observados revelam que a trajetória tecnológica na lavoura de cana-de-açúcar é fortemente marcada pela mecanização (e redução das queimadas), o que afeta sensivelmente a qualidade da atmosfera. No entanto, essa tendência gera um aumento do uso de combustíveis fósseis, reforçada ainda mais pela expansão da lavoura de cana nos últimos anos. Outros fatores, tais como a adoção do plantio direto e o uso de controle biológico direcionam impactos ambientais positivos.

Ressalta-se a adequação da ferramenta desenvolvida para a avaliação de impactos ambientais de tecnologias no setor agrícola, possibilitando a integração com as demais dimensões (econômica, social e de criação de capacitação) e ao mesmo tempo a manutenção das especificidades de cada uma delas. Além disso, trata-se de um método flexível, podendo ser adaptado para diferentes setores a partir da ampliação e revisão das *Estruturas de Impactos*.

O desenvolvimento e validação de metodologias de avaliação de impactos da pesquisa contribuem para o aprimoramento dos mecanismos de política institucional dos órgãos formuladores e executores de política de ciência, tecnologia e inovação do estado de São

Paulo. Além disso, os rebatimentos podem ser ampliados a partir da internalização, pelas instituições de pesquisa e fomento participantes do projeto, da referida metodologia.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. *Nosso futuro comum*. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas, 1988.

FURTADO, A. T. (coord.) *Políticas Públicas para a Inovação Tecnológica na Agricultura do Estado de São Paulo: Métodos para Avaliação de Impactos de Pesquisa*. Relatório Final, Departamento de Política Científica e Tecnológica/Unicamp. Campinas, 2003.

SALLES-FILHO, S. L. M. *A dinâmica tecnológica da agricultura: perspectivas da biotecnologia*. Tese de Doutorado em Economia, Instituto de Economia/ Unicamp. Campinas, 1993.

SALLES-FILHO, S. L. M. (coord.) *Políticas Públicas para a Inovação Tecnológica na Agricultura do Estado de São Paulo: Métodos para Avaliação de Impactos de Pesquisa*. Projeto de Pesquisa apresentado à Fapesp, Departamento de Política Científica e Tecnológica/Unicamp. Campinas, 2000.

STACHETTI RODRIGUES, G.S., CAMPANHOLA, C., KITAMURA, P.J. An environmental impact assesment system for agricultural R&D, *Environmental Impact Assesment Review*, v. 23, n. 2, p. 219-244, 2003.

VEIGA, J.E. Problemas da transição à agricultura sustentável. *Est.econ.*, São Paulo, v. 24, n.especial, p. 9-29, 1994.