



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Secretaria de Administração Estratégica - SEA
Coordenadoria de Acompanhamento e Avaliação - CAA

AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS ECONÔMICOS, SOCIAIS E AMBIENTAIS DA PESQUISA DA EMBRAPA: Metodologia de Referência

Organização: Antonio Flavio Dias Avila, SEA

Brasília, Dezembro 2001



SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	3
1.- ANTECEDENTES	4
2.- AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS ECONÔMICOS DOS PRODUTOS GERADOS PELAS UNIDADES DE PESQUISA DA EMBRAPA	7
2.1.- INTRODUÇÃO	7
2.2.- ASPECTOS CONCEITUAIS	9
2.3.- ASPECTOS OPERACIONAIS	11
2.4.- ESTRATÉGIA DE AÇÃO	18
3 - IMPACTO SOCIAL DE TECNOLOGIA AGROPECUÁRIA: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA PARA O CASO DA EMBRAPA	22
4.- AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DA PESQUISA AGROPECUÁRIA NA EMBRAPA	26
4.1.- INTRODUÇÃO	26
4.2.- ARCABOUÇO CONCEITUAL-METODOLÓGICO	Erro! Indicador não definido.
5.- AVALIAÇÃO INTEGRADA DOS IMPACTOS ECONÔMICOS, SOCIAIS E AMBIENTAIS NA CADEIA PRODUTIVA	29
5.1.- INTRODUÇÃO	30
5.2.- PRODUÇÃO E AGROINDUSTRIALIZAÇÃO DO COCO	30
5.3.- MÁQUINA EXTRATORA	32
5.4.- METODOLOGIA DE ANÁLISE DOS IMPACTOS NA CADEIA PRODUTIVA	32
5.5.- ANÁLISE DOS IMPACTOS NA CADEIA – UM EXEMPLO	34
6.- ESTRATÉGIA DE AÇÃO	38
ANEXOS	39
ANEXO 1 - ESTIMATIVA DOS IMPACTOS ECONÔMICOS DAS TECNOLOGIAS EMBRAPA	40
ANEXO 2 - COLETA DE DADOS SOBRE IMPACTOS ECONÔMICOS, SOCIAIS E AMBIENTAIS DE TECNOLOGIAS EMBRAPA VIA INFORMANTES QUALIFICADOS: ORIENTAÇÕES GERAIS	44
ANEXO 3 - AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS ECONÔMICOS, SOCIAIS E AMBIENTAIS DAS TECNOLOGIAS GERADAS POR CENTROS DE PRODUTO E ECORREGIONAIS: MODELO DE RELATÓRIO	46
ANEXO 4 - AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS ECONÔMICOS, SOCIAIS E AMBIENTAIS DOS RESULTADOS GERADOS POR CENTROS TEMÁTICOS: MODELO DE RELATÓRIO	51
ANEXO 5 - AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS SOCIAIS DA PESQUISA AGROPECUÁRIA: PROPOSTA DE INDICADORES	54
ANEXO 6 - MENSURAÇÃO DE IMPACTO SOCIAL DA PESQUISA AGROPECUÁRIA DA EMBRAPA: PONTOS PARA REFLEXÃO	63
ANEXO 7 - METODOLOGIA PARA A AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS SOCIAIS DA PESQUISA NA EMBRAPA: ROTEIRO PARA ENTREVISTAS	66
ANEXO 8 - METODOLOGIA PARA A AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL DA INVOCAÇÃO TECNOLÓGICA AGROPECUÁRIA	71

APRESENTAÇÃO

Este documento, organizado pela Coordenação de Acompanhamento e Avaliação, desta Secretaria, junto com técnicos de unidades descentralizadas, apresenta a proposta de metodologia a ser usada como referência na avaliação dos impactos econômicos, sociais e ambientais dos produtos Embrapa. Este esforço, diretamente vinculado ao processo de implantação do MGE na Empresa, atende a uma demanda do Conselho de Administração e da Diretoria Executiva da Embrapa, e deverá envolver todos os centros de pesquisa no período 2001/2004. A avaliação será de caráter “ex post”, ou seja, os impactos serão avaliados em um conjunto de tecnologias selecionadas e já adotadas pelos produtores ou agroindústria.

O documento apresenta três propostas metodológicas, uma para cada tipo de avaliação – econômica, social e ambiental. Tais propostas, embora elaboradas em separado, dadas as características dos indicadores usados em cada uma delas, serão implantados em conjunto, conforme explicitado na Seção 5 deste documento, uma vez que os impactos serão avaliados no contexto da cadeia de produção. Na última seção é apresentada a estratégia de ação proposta pela SEA para a implementação dos estudos previstos.

Este documento deve ser considerado como de referência metodológica, podendo cada unidade ampliar o escopo da avaliação, caso tenha disponibilidade de recursos humanos e financeiros. Recomenda-se, entretanto, que uma eventual ampliação, tanto do número de tecnologias como de sua abrangência, seja feita gradualmente.

É importante destacar que esta metodologia de avaliação de impacto, elaborada em parceria com a equipe de socioeconomia da Empresa, poderá também ser usada na avaliação *ex-ante* (impactos esperados) de projetos de P&D

Mariza Marilena T. L. Barbosa
Chefe da SEA

AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS ECONÔMICOS, SOCIAIS E AMBIENTAIS DA PESQUISA DA EMBRAPA: METODOLOGIA DE REFERÊNCIA

1.- ANTECEDENTES

A Coordenação de Acompanhamento e Avaliação, da Secretaria de Administração Estratégica (SEA), trabalhou durante o ano 2000, em conjunto com as unidades descentralizadas, na elaboração de uma proposta para avaliar os impactos econômicos, sociais e ambientais dos produtos da Embrapa. Este esforço, diretamente vinculado ao processo de implantação do MGE na Empresa, significa uma retomada dos estudos de avaliação de impacto, uma vez que o último trabalho integrado de avaliação foi realizado em 1988, com estudos regionalizados. Alguns outros estudos de avaliação de impacto econômico foram feitos na década de 90, mas foram experiências isoladas, sem uma coordenação nacional como se fez no passado.

A primeira etapa desta retomada na avaliação de impacto foi a realização, em fevereiro de 2000, de um workshop sobre metodologias, e que contou com a participação de técnicos das UD e das UCs representando as três áreas (econômica, social e ambiental). Na oportunidade, discutiu-se e elaborou-se três propostas metodológicas preliminares, cobrindo cada um dos temas. Esta separação em três temas foi feita por razões operacionais, ficando claro para todos, desde o início, que ao final do processo (dezembro 2000) teríamos uma só proposta metodológica.

Na reunião de socioeconomia da Embrapa, realizada por ocasião do congresso da SOBER, no Rio de Janeiro, no final do mês de julho do ano 2000, os três grupos se reuniram novamente, e foram acertados novos detalhes metodológicos, o que resultou em refinamento das propostas iniciais. Ficaram acertados no Rio os seguintes pontos:

- a) fazer a avaliação no contexto da cadeia produtiva e não apenas ao nível do produtor, como nas avaliações realizadas no passado;
- b) realizar estudos de caso na área de impacto social visando melhor ajustar a proposta metodológica inicial;
- c) especificar melhor a metodologia de avaliação de impacto ambiental, tomando por base a experiência da Embrapa Meio Ambiente em avaliação de impacto *ex-ante* de projetos e na valoração econômica ambiental;
- d) concentrar os esforços de avaliação de impacto das unidades em poucas tecnologias e naquelas que estão tendo impacto recente (a partir da safra 1999/2000); e,
- e) fazer um exercício de avaliação de impactos no contexto da cadeia produtiva, em pelo menos uma das unidades, para servir como exemplo.

No decorrer do segundo semestre foram desenvolvidas várias atividades na área de avaliação de impacto, com destaque para os esforços nas áreas social e ambiental. Além disso, paralelamente a SEA continuou a dar apoio ao IFPRI – International Food Policy Research Institute, no estudo piloto para avaliação de impacto econômico comparativo e que é baseado

no método do excedente econômico, já usado na Empresa e que deverá também subsidiar este esforço.

Fim dezembro de 2000 foi realizada uma nova reunião com representantes das três áreas de avaliação de impacto com o objetivo de refinar aspectos metodológicos e de discutir e revisar a versão do projeto que foi submetido à CTP do Programa 16. Na reunião foram acertados ainda os seguintes pontos metodológicos:

- a) a análise dos impactos dos produtos Embrapa será agregada (considerando os três tipos de impacto juntos), e deverá tomar como referência o estudo que está sendo feito na Embrapa Agroindústria Tropical, onde estão sendo avaliados os impactos na cadeia produtiva do coco como consequência da adoção da máquina extratora de água, desenvolvida pelo centro e já em processo de industrialização pelo setor privado;
- b) as unidades deverão escolher de uma a três tecnologias para iniciar os trabalhos em 2001, podendo ampliar no futuro, se houver disponibilidade de recursos humanos e financeiros;
- c) a negociação da tecnologia a ser usada para iniciar os estudos deverá ser feita em conjunto com a chefia da Unidade e deve usar como referência os trabalhos de impacto feitos recentemente para a reunião de chefias realizada em fins de 2000 (Pirenópolis, GO), assim como as tecnologias de impacto incluídas no Balanço Social 2000;
- d) a fase de refinamento das metodologias de avaliação de impacto econômico, ambiental e social deverá ser concluída no primeiro semestre de 2001, de forma que os trabalhos a serem iniciados no segundo semestre de 2001 tenham uma orientação comum, mesmo que detalhes metodológicos tenham que ser ajustados em função das características dos produtos gerados por cada unidade;
- e) uma descrição sucinta dos procedimentos metodológicos usados pela equipe da Embrapa Agroindústria tropical na descrição da cadeia e na identificação e avaliação dos impactos da máquina de extração de água-de-coco deverá ser incorporada a esta proposta metodológica (ver capítulo 5 deste documento);
- f) todas as equipes a serem envolvidas em cada região (de 1 a 3 pessoas, por unidade) deverão ser reunidas, no contexto do projeto, para fins de treinamento e definição de plano de trabalho, durante o segundo trimestre de 2001; e,
- g) Incluir os pontos acima na proposta metodológica em elaboração e submeter a mesma a apreciação da Diretoria Executiva da Empresa.

A proposta metodológica para avaliação dos impactos econômicos, sociais e ambientais das tecnologias geradas pela Empresa, detalhada neste documento, foi apresentada e discutida com a Diretoria Executiva da Empresa. A decisão final da DE sobre a proposta submetida pela SEA foi tomada na reunião de julho de 2001, quando ficou acertado o seguinte:

- a) a avaliação de impacto será “ex-post” e atenderá tanto o sistema de avaliação de unidades (SAU0, quanto o MGE e o Balanço Social;
- b) a avaliação de impacto das unidades descentralizadas, para fins do SAU, será feita comparando-se os impactos de cada uma delas com elas mesmas, de acordo com os resultados obtidos nas avaliações anuais;
- c) deverão ser selecionadas, em cada centro de pesquisa, um conjunto de 3 a 5 tecnologias para fins de avaliação e comparação anual;

- d) a SEA deverá organizar e realizar treinamentos regionais em área de avaliação de impacto (econômico, social e ambiental) para os técnicos que serão envolvidos no processo, em setembro/outubro, tendo por base a metodologia de referência constante neste documento;
- e) cada Unidade realizará, até 15/03/02, um exercício de avaliação dos impactos econômicos, sociais e ambientais de 2001, mas sem coleta de dados em nível de campo, visando testar e ajustar a metodologia, bem como atender a demanda do Balanço Social deste ano;
- f) a SEA deverá criar no aplicativo PAT, na Intranet, um módulo específico para que as unidades cadastrem as tecnologias de impacto selecionadas e façam o exercício de auto-avaliação de 2001, o que inclui a disponibilização desta metodologia de referência; e,
- g) para as avaliações de impacto do período 2002/2004, a SEA deverá implantar, em articulação com o SNT e o DTI, um processo para coleta de dados de impactos das tecnologias selecionadas, utilizando ouvidores ou informantes qualificados, a serem selecionados com base nos dados do projeto “Quem é Quem na Transferência”, em andamento do SNT.

A seguir, são apresentados os procedimentos metodológicos que devem servir de referência para que, nos próximos três anos, sejam realizados os estudos de impacto econômico, social e ambiental visando atender as demandas da Diretoria Executiva e Conselho de Administração da Empresa. A proposta metodológica será apresentada separando-se as três áreas – econômica, social e ambiental (capítulos 2, 3 e 4), por questões didáticas. A metodologia integral, envolvendo os três enfoques de avaliação e já estruturada no contexto de cadeia produtiva é mostrada no capítulo 5. Neste último caso, vale destacar que a avaliação dos impactos ao longo da cadeia produtiva é um enfoque inteiramente inovador e, certamente, os procedimentos ora propostos deverão ser melhorados no decorrer do desenvolvimento dos estudos previstos.

No processo de avaliação de impacto os centros temáticos deverão ter um tratamento especial, dadas as características de seus produtos. Num primeiro momento, as avaliações serão mais qualitativas e os impactos avaliados indiretamente (impactos derivados, dado o uso dos resultados de um centro temático em uma tecnologia de um outro centro, por exemplo). Entretanto, na medida em que o processo avançar, espera-se que se possa ter condições de, em conjunto com as equipes destes centros, desenvolver metodologias específicas para avaliar seus impactos e assim cumprir, em 2004, com a determinação do Conselho de Administração e da Diretoria Executiva.

Finalmente, nesta introdução, cabe ressaltar a importância e a inovação da estratégia que está sendo montada para a realização deste esforço de avaliação, durante os próximos quatro anos, através de trabalho em forma de rede, dos usos da Internet e Intranet e, sobretudo, pelo seu estreito vínculo com o MGE e o SAPRE. Espera-se com isso gerar produtos inovadores, confiáveis e de qualidade, fortalecendo a posição da Embrapa como líder mundial no desenvolvimento de estudos de avaliação de impactos, agora ampliados com a introdução das dimensões social e ambiental e analisados no contexto das cadeias produtivas.

2.- AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS ECONÔMICOS DOS PRODUTOS GERADOS PELAS UNIDADES DE PESQUISA DA EMBRAPA¹

2.1.- INTRODUÇÃO

O recente desenvolvimento e implantação de um Modelo de Gestão Estratégica (MGE) corporativo para a Embrapa e os trabalhos em andamento visando a implantação de tal modelo em todas as unidades descentralizadas, estão inaugurando uma nova era na Empresa, caracterizada por uma estreita vinculação dos planos estratégicos (PDE e PDUs) com as figuras programáticas operacionais - projetos e planos anuais de trabalho - PAT.

Neste contexto assume especial relevância as ações que se destinam a estabelecer procedimentos, normas e metodologias que permitam avaliar o cumprimento dos planos e programas, em termos dos impactos causados no âmbito da sociedade pelas tecnologias e serviços gerados pelos centros de pesquisa da Embrapa. Com isto espera-se estabelecer as bases para que se possa, de uma maneira sistemática e duradoura, avaliar os impactos econômicos, sociais e ambientais da pesquisa desenvolvida pela Empresa.

Nas avaliações de impactos econômicos até agora realizadas na Embrapa foram usados os mais diversos enfoques metodológicos, com ênfase no uso do conceito de excedente econômico (Cruz et al., 1982; Ambrosi & Cruz, 1985; Roessing, 1984; e Barbosa et al., 1988). Entretanto, também foram utilizados modelos econométricos baseados na função de produtividade (Evenson, 1982; Cruz & Avila, 1989), no modelo de decomposição, baseado no uso do Índice de Produtividade Total (Avila & Evenson, 1995) e em sistema de equações (Evenson & Avila, 1995).

Esta experiência inclui estudos agregados, desenvolvidos com vistas a avaliação dos retornos dos investimentos da Empresa como um todo, de projetos internacionais – BID e Banco Mundial e de programas como o treinamento de pessoal em cursos de pós-graduação, bem como vários estudos específicos realizados por iniciativa dos economistas dentro dos centros de pesquisa (Embrapa Soja, Embrapa Trigo e Embrapa Algodão, por exemplo). A Tabela I apresenta os principais estudos desenvolvidos.

As avaliações de impacto econômico agregada e regionais, feitas em 1988, merecem um destaque especial, pois envolveram, de uma só vez, todos os economistas agrícolas da Empresa, no último e mais importante esforço conjunto de avaliação dos retornos dos investimentos em pesquisa agropecuária desenvolvido no Brasil. Nesta nova etapa do processo de avaliação de impacto ex-post na Empresa será usada esta mesma estratégia adotada em 1988, com a diferença de que os estudos de impacto serão agregados (PDE) e por centro de pesquisa (PDU) e não por região, como foi naquela época.

Deve-se ressaltar que esta metodologia do excedente econômico a ser usada para avaliar os impactos econômicos das tecnologias Embrapa atende basicamente a avaliação dos impactos que podem ser medidos através de aumentos de incrementos de renda nos vários

¹ - Proposta por Antonio Flavio Dias Avila (Embrapa/SEA) e aprimorada com base nas sugestões recebidas dos técnicos participantes das reuniões técnicas mantidas em 2000 sobre avaliação de Impactos econômicos (Marcos Mattoso - Embrapa Milho e Sorgo, Roberto Pimentel - Embrapa Agroindústria Tropical, Nirlene Junqueira - Embrapa Hortaliças, Honorino Rodighieri - Embrapa Florestas, Antonio Carlos Roessing - Embrapa Soja e Elizabeth Brandão - Embrapa Agroindústria de Alimentos, em especial).

Tabela 1 - Experiência da Embrapa em Avaliação de Impacto Econômico

Autores	Área	Período	TIR (%)
Cruz, Palma & Avila (1982)	Embrapa: Investimentos Totais e Capital Físico	1974/92	22-43
Cruz & Avila (1985)	Embrapa/Banco Mundial: Projeto BIRD I	1977/82 1977/91	20 38
Avila, Borges-Andrade, Irias & Quirino (1983)	Embrapa: Capital Humano	1974/96	22-30
Roessing (1984)	Embrapa Sopa. Investimento Total	1975/82	45-62
Ambrosi & Cruz (1984)	Embrapa Trigo: Investimento Total	1974/82	59-74
Avila, Irias & Veloso (1984)	Embrapa/BID Projeto I: Pesquisa Embrapa Pesquisa SNPA Sul	1977/96 1974/96	27 38
Barbosa, Avila & Cruz (1988)	Embrapa - Reavaliação: Investimento Total	1974/96	34-41
Kitamura et al. (1989)	Pesquisa Embrapa: Região Norte	1974/96	24
Santos et al. (1989)	Pesquisa Embrapa: Região Nordeste	1974/96	25
Teixeira et al. (1990)	Pesquisa Embrapa: Região Centro-Oeste	1974/96	43
Lanzer et al. (1989)	Pesquisa Embrapa: Região Sul	1974/96	45
Barbosa, Avila & Motta (1988)	Embrapa/Banco Mundial Projeto II	1982/87	43
Santos & Barros (1989)	Embrapa Algodão: algodão	1975/86	24-37
Kahn & Souza (1991)	Embrapa Mandioca: mandioca	1974/90	29-46
Dossa & Contini (1994)	Embrapa Soja: Reavaliação	1987/93	65
Avila & Evenson (1995)	Pesquisa Embrapa (TFP): Agregada - Prog. Nac. P&D Agregada - Centros Regionais	1970/85	56 46
Evenson & Avila (1995)	Pesquisa Embrapa: Soja Milho Arroz Trigo	1978/92	40 58 37 40
Oliveira & Santos (1997)	Embrapa Caprinos: caprinos	1984/93	24
Pereira & Santos (1998)	Embrapa Algodão: algodão	1975/96	15
Almeida, Wetzel & Avila (1999)	Embrapa: melhoramento soja	1980/97	69
Ambrosi (2000)	Embrapa Trigo	1986/97	88-143
Almeida & Yokoyama (2000)	Embrapa: melhoramento arroz de sequeiro	1977/95	93-115

Fonte: Avila et al. (1994) e Embrapa/SEA/CAA.

segmentos da cadeia decorrentes de aumentos de produtividade, redução de custos, expansão de áreas e agregação de valor. Excepcionalmente, nos casos de tecnologias que não possam ser medidas através de tais indicadores será necessário buscar outras opções metodológicas mais adequadas, a partir dos conceitos aqui apresentados.

2.2.- ASPECTOS CONCEITUAIS

O método do excedente econômico apresenta vantagens sobre os métodos econométricos usados por Cruz & Evenson (1989), Avila & Evenson (1995) e Evenson & Avila (1995), porque permite uma mensuração mais evidente do excedente econômico gerado pela pesquisa e pelo fato de que os economistas dos centros da Embrapa já o conhecem. Propõe-se, portanto, a sua adoção neste novo e integrado esforço de avaliação de impacto.

O enfoque do excedente econômico permite que se estime o benefício econômico gerado pela adoção de inovações tecnológicas, comparativamente a uma situação anterior em que a oferta do produto era dependente da tecnologia tradicional. O cálculo da produção excedente é ilustrado na Figura 1, representado pela área em azul. A estimativa utiliza os coeficientes de elasticidade preço da oferta e da demanda do produto avaliado, a taxa de deslocamento da curva de oferta resultante da adoção de inovações tecnológicas, e os preços e as quantidades oferecidas.

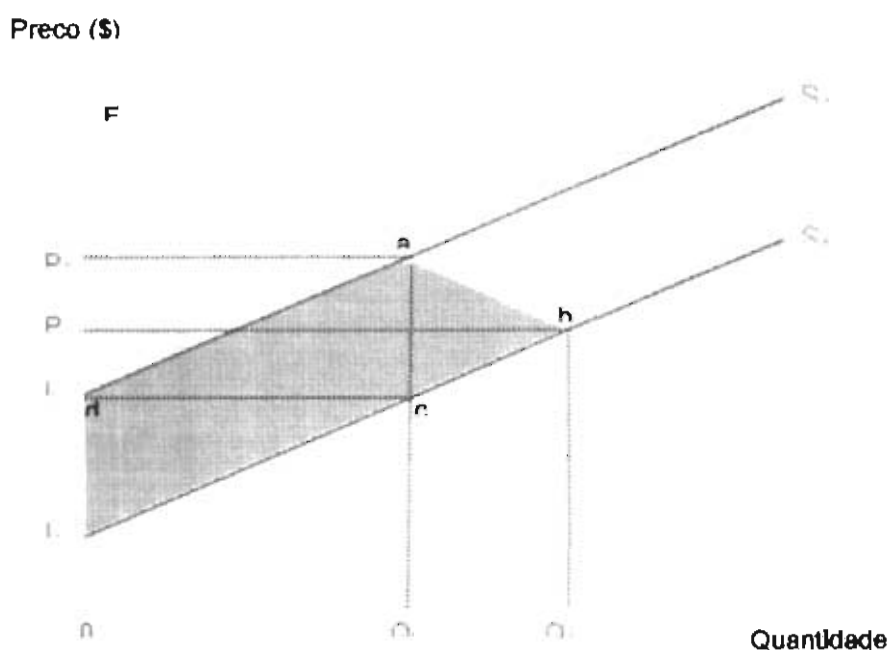


Figura 1 – Excedente econômico gerado pela adoção de inovações tecnológicas.

Para calcular a área correspondente ao excedente econômico gerado pela pesquisa agropecuária têm-se usado diversas fórmulas, dependendo das hipóteses relativas às curvas de oferta e demanda. Hayami & Akino (1977), por exemplo, utilizaram a fórmula abaixo especificada, a qual foi também usada por Avila (1981) na avaliação do impacto econômico da pesquisa com arroz irrigado no Rio Grande do Sul.

$$\frac{K P_m Q_m + P_m Q_m K (1 + \beta)^2}{2 (\beta + \eta)}$$

onde:

K = taxa de deslocamento da curva de oferta; $P_m \times Q_m$ = valor anual da produção; β = elasticidade da demanda; e η = elasticidade da oferta²

Nos estudos de avaliação de impacto, a taxa de deslocamento (k) da curva de oferta tem sido calculada utilizando-se as diferenças de rendimento entre as tecnologias em uso e as tecnologias melhoradas criadas pela pesquisa e as respectivas taxas de adoção.

Com base em dados anuais da taxa "k", dos preços e quantidades dos produtos envolvidos e da taxa de adoção são estimados os benefícios ou excedente econômico anuais gerados pela pesquisa no período de análise. Na medida em que o fluxo de benefícios é relacionado com os custos da pesquisa, pode-se avaliar a rentabilidade dos investimentos via taxa interna de retorno (TIR), relação benefício/custo (B/C) ou valor presente líquido (VPL)

Nas avaliações de impacto econômico feitas na EMBRAPA foi utilizada uma variante do conceito de excedente econômico para o cálculo dos benefícios, adotando-se hipóteses sobre as elasticidades da oferta e da demanda diferentes daquelas usadas na maioria dos demais estudos realizados com base em tal método. Esta hipótese, que foi adotada inicialmente por Tosterud et al. (1973) e depois por Kislev & Hoffmam (1978), apresenta duas variantes quanto às elasticidades de oferta dependendo do tipo de impacto da inovação tecnológica: a) aumento de produção (rendimentos ou expansão de área) - curva de demanda (D) perfeitamente elástica e uma curva de oferta (S) vertical, e b) redução de custos - curvas de oferta horizontal e demanda vertical (Figuras 2 e 3)

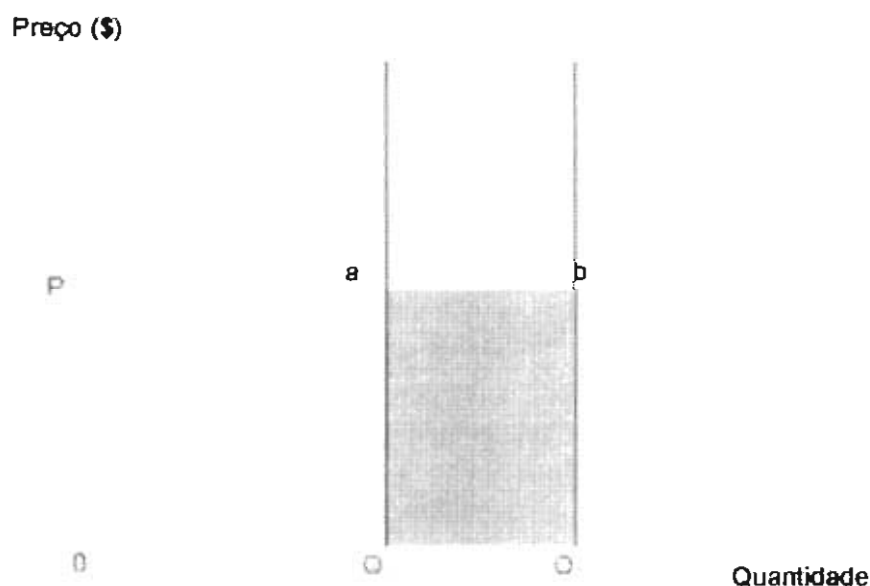


Figura 2 – Excedente gerado pela adoção de inovações que aumentam a produção.

No caso de aumentos de produção (Figura 2), o deslocamento da curva de oferta para a direita (S_m), como consequência da adoção de resultados da pesquisa, não afeta o preço do produto (P_t - P_m). Neste caso o deslocamento é feito ao longo de uma curva de demanda horizontal. Por outro lado, na outra hipótese (Figura 3), insumos são poupados (redução de custos) e isto implica que a curva de oferta se desloca horizontalmente para baixo contra uma curva de demanda vertical (Alston, Norton & Pardey, 1995).

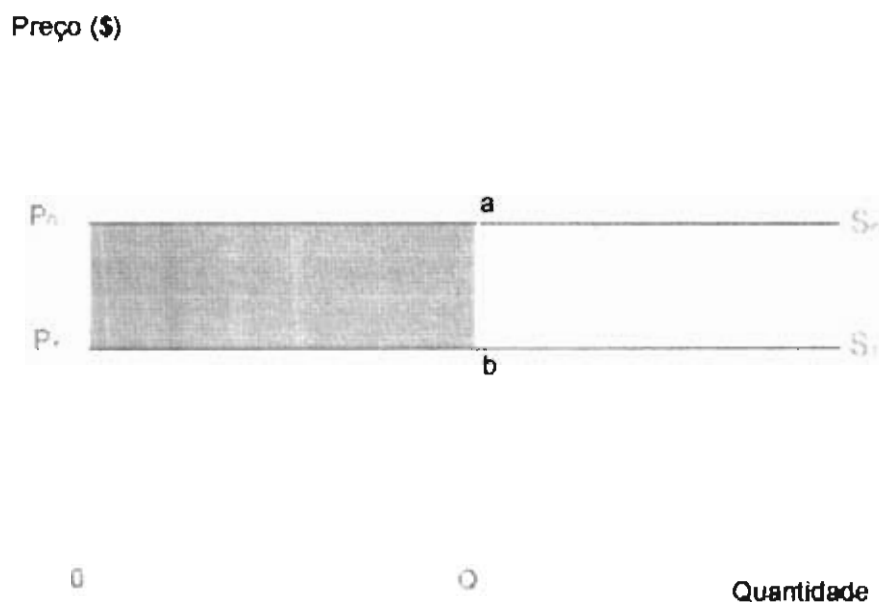


Figura 3 – Excedente gerado pela adoção de inovações que reduzem custos de produção.

Os excedentes econômicos gerados nas duas hipóteses mostradas nas Figuras 2 e 3 correspondem ao seguinte: aumento de produção – abQ_0Q_1 e redução de custos – P_0aP_1b . A seguir serão mostrados os procedimentos operacionais que serão usados para calcular tanto este excedente econômico quanto os custos, taxa de retorno, etc.

2.3.- ASPECTOS OPERACIONAIS

A seguir são apresentados, com base em Avila et al. (1984), as principais etapas que devem ser realizadas para avaliar os impactos econômicos usando o enfoque do excedente econômico, conforme proposto por Tosterud et al. (1973) e Kislev & Hoffmam (1978), e adotado na maioria das avaliações anteriores da Embrapa. Estas etapas são resumidas no esquema metodológico apresentado na Figura 4.

Vale ressaltar, mais uma vez, que os procedimentos operacionais a seguir apresentados são, perfeitamente, válidos para os casos de tecnologias e produtos gerados pelos centros nacionais de produtos e ecorregionais. Para os casos de resultados gerados pelo centros temáticos, tais procedimentos devem ser adaptados e até modificados.

Entretanto, mesmo que seja de forma diferenciada ou indireta, todos os centros devem

2 - Para maiores detalhes e uso de diferentes opções de cálculo do excedente econômico, consultar o capítulo 4 do livro de Alston, Norton & Pardey (1995).

avaliar os impactos econômicos de seus resultados e buscar identificar evidências de que, no período 2000/2004, tais resultados causaram melhorias para o agronegócio brasileiro.

2.3.1.- Inventário e Seleção de Tecnologias

Considerando que o impacto econômico do centro de pesquisa será avaliado a partir da quantificação dos benefícios das tecnologias ou “produtos” por ele gerados deve-se, para tanto, levar em consideração os benefícios econômicos derivados do incremento dos rendimentos, da redução de custos de produção, da expansão da produção ou da agregação de valor.

A utilização desses indicadores de impacto exige a identificação das tecnologias desenvolvidas e, sobretudo, dos sistemas de produção gerados e recomendados aos produtores ou industriais. O inventário das principais tecnologias e sistemas de produção já disponíveis deverá ser feito especificando as distintas regiões do País em que estão sendo adotadas.

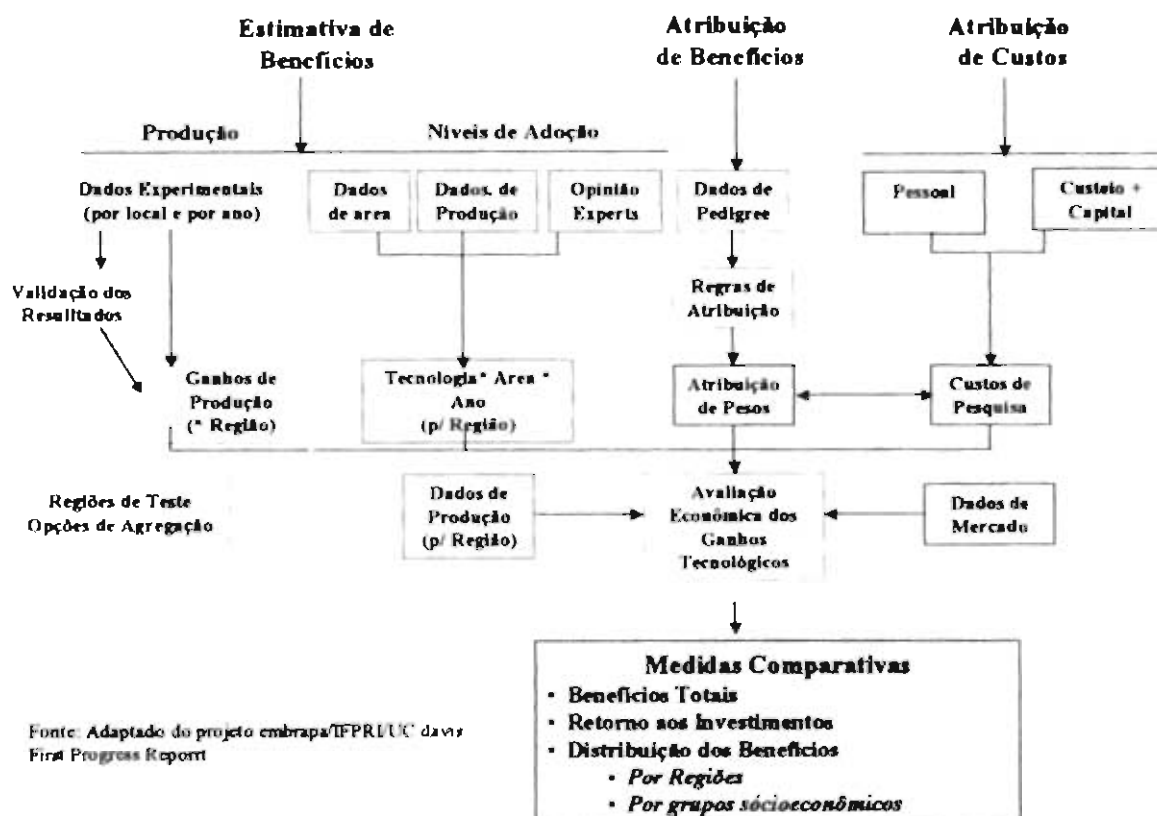


Figura 4 - Excedente Econômico - Esquema Metodológico

Conforme estabelecido previamente, as tecnologias que serão selecionadas a partir do inventário devem se caracterizar pela geração de impactos em toda a cadeia de impacto, não se limitando ao nível do produtor rural ou da indústria. Em outras palavras, deve ser dada preferência a tecnologias que tenham impactos distribuídos ao longo da cadeia e diversificados. A diversificação é exigida dado que também os impactos sociais e ambientais serão avaliados.

Os centros de pesquisa deverão selecionar de 3 a 5 tecnologias geradas e que já foram transferidas. Deve ser dada preferência às tecnologias lançadas mais recentes (meados da década de 90) e que estarão causando impacto no período 2001/2004, uma vez que o objetivo é estimar os impactos e a rentabilidade dos investimentos feitos nos últimos anos, com ênfase no período de execução de PDU.

No caso em que determinada tecnologia gerada seja recomendada para uso conjunto com outra(s) tecnologia(s) do centro ou de outra instituição, ou ainda quando se verifique que não tem sentido ou forma da mesma de ser avaliada separadamente, deve ser selecionado todo o conjunto ou “pacote tecnológico” para fins de avaliação de impacto. Vale ressaltar que no caso de um pacote que envolva tecnologias de outra instituição, na mensuração dos impactos econômicos deve ser feita uma estimativa percentual dos benefícios que devem ser atribuídas a tal instituição (ver seção 2.3.3).

2.3.2.- Estimativa dos Benefícios Econômicos Totais

Adotando-se a hipótese de que a oferta agregada do produto agrícola é perfeitamente inelástica e a demanda perfeitamente elástica, os benefícios econômicos resultantes da pesquisa desenvolvida pelo centro de pesquisa serão medidos em termos dos benefícios econômicos adicionais médios, obtidos pelos produtores que adotaram cada uma das tecnologias selecionadas. Os benefícios são estimados comparando-se a nova tecnologia com a tecnologia em uso anteriormente ou “tradicional”, nos diversos segmentos da cadeia produtiva.

Os benefícios econômicos líquidos obtidos pelos produtores ou industriais serão calculados, a partir de dados coletados a nível de campo, isto é, os benefícios reais, e não os potenciais. Os resultados experimentais ou resultantes de ensaios regionais ou nacionais de competição de cultivares, de unidades demonstrativas, etc. deverão ser usados apenas como referência para se evitar eventuais superestimações ou subestimações de benefícios.

Os benefícios serão estimados, anualmente, para cada uma das tecnologias selecionadas e expressos em termos monetários por unidade de área (hectare, em geral). Nos casos de tecnologias geradas para a área animal (métodos de controle, vacinas etc), os benefícios econômicos devem ser calculados tomando-se como unidade de medida o número de cabeças de animais beneficiadas com a inovação.

Neste cálculo deve-se atentar para o fato de que o impacto econômico real de qualquer tecnologia ou pacote tecnológico gerado por uma instituição de pesquisa e transferida aos produtores é, em geral, menor que o obtido utilizando-se os resultados da própria pesquisa. O produtor, além de apresentar em sua unidade de produção uma disponibilidade de recursos bastante limitada, e diferente da existente nas estações experimentais, adota a nova tecnologia adaptando-a em função de sua experiência anterior, de sua taxa de aversão ao risco, dos recursos disponíveis, e até da própria orientação recebida dos extensionistas de sua região, que nem sempre é a mesma da pesquisa.

O valor dos benefícios econômicos da pesquisa estimado para o período de avaliação pode ser calculado tanto em termos privados como sociais. No primeiro caso, os preços considerados são os de mercado, e no segundo, os custos e benefícios são tomados levando

em consideração os preços de referência ou "shadow prices" (preços de mercado, descontados os impostos, subsídios etc.).

Cabe ressaltar que os impactos econômicos serão estimados e analisados ao longo da cadeia produtiva do produto que está usando a tecnologia gerada pelo centro da Embrapa e juntamente com os demais impactos (ambientais e sociais). Isto significa que os impactos devem ser identificados e medidos "antes", "dentro" e "depois" da porteira, portanto, os impactos deverão ser avaliados, tendo por base o fluxograma da cadeia produtiva do produto em questão (ver exemplo no capítulo 5 deste documento).

Os economistas dos centros de pesquisa, de posse dessas informações sobre os impactos econômicos do uso das tecnologias selecionadas, comparativamente à tecnologia tradicional, poderão fazer análises tanto agregadas, quanto por região, estado, etc. Entretanto, em tais análises deve ser considerado que os benefícios estimados até esta etapa são totais e não se descontou os benefícios atribuídos a parceiros. A próxima seção trata deste assunto.

2.3.3.- Estimativa da Participação Embrapa e dos Parceiros

No processo de quantificação dos impactos econômicos reais é fundamental a estimativa da participação da instituição e de seus parceiros nos benefícios. Esta estimativa deve ser feita para cada tecnologia ou sistema selecionado para fins de avaliação, mas que tenham tido a participação de outras instituições de pesquisa, ensino e transferência nos processos de geração, adaptação e transferência. Com isto evita-se atribuir à pesquisa benefícios que, na realidade, deveriam ser atribuídos a outras instituições.

É recomendável que tal estimativa seja feita com base em informações dos pesquisadores que geraram as diversas tecnologias (da própria instituição e de parceiros). Eles podem estimar, em termos percentuais, o papel de todas as instituições que participaram na geração ou adaptação de cada uma das tecnologias, desta forma, estabelecer a participação líquida da instituição sob avaliação. Neste processo deve-se também considerar a participação da assistência técnica e extensão rural quando esta for expressiva, especialmente na validação e transferência das tecnologias.

Apesar da relativa subjetividade deste procedimento, dado que ele pode introduzir vieses na referida estimativa de benefícios, deve-se descontar do montante de benefícios obtido, o correspondente a essas instituições, especialmente quando existe alto um grau de intercâmbio durante o período sob avaliação como, por exemplo, o envolvimento de organismos nacionais (Universidades, OEPAs, ONGs, etc.) e centros internacionais de pesquisa agrícola (CIAT, IRRJ, CIMMYT, etc.).

No caso do estudo piloto de avaliação de impacto econômico no contexto comparativo, que está sendo feito junto com o IFPRI (Embrapa/IFPRI, 1998), envolvendo três centros de pesquisa, a distribuição de benefícios do programa de melhoramento usa também uma estimativa subjetiva baseada na participação de parceiros no desenvolvimento de cultivares, de acordo com o descrito acima. Entretanto, os autores refinaram tal procedimento de distribuição dos ganhos entre parceiros ao usarem adicionalmente o procedimento proposto por Pardey, Alston, Christian & Fan (1996), que é baseado no pedigree de cada uma das cultivares em estudo (origem). No estudo citado os autores usaram o pedigree de cultivares de

trigo e arroz cultivadas nos Estados Unidos para estimar os impactos econômicos (benefícios) da pesquisa em melhoramento dos centros internacionais de pesquisa de arroz (IRRI) e de trigo (CIMMYT), vinculados ao CGIAR, em tal país.

Este procedimento metodológico para rateio dos benefícios proposto por Pardey et al (1996) poderá ser usado no contexto desta proposta nos casos em que a tecnologia selecionada pela Unidade para fins de avaliação de impacto for uma cultivar.

Entretanto, vale ressaltar que o uso do pedigree deverá ser feito de forma combinada com o outro procedimento que estima subjetivamente (consulta a pesquisadores da Embrapa e parceiros) a participação das instituições, uma vez que nem o todo trabalho dos parceiros no desenvolvimento de uma determinada tecnologia, mesmo em programas de melhoramento, aparece no pedigree. É o caso, por exemplo, dos trabalhos de desenvolvimento de cultivares na Embrapa em que as organizações estaduais de pesquisa (OEPAs) participam do programa, mas, geralmente, não tem nenhuma cultivar como ancestral daquelas cultivares. Se em uma avaliação de impacto usássemos, como critério de distribuição, apenas o pedigree, as OEPAs, na maioria dos casos, não receberiam nenhum benefício na distribuição dos mesmos.

2.3.4.- Estimativa das Taxas de Adoção

A adoção de uma nova tecnologia pelo produtor ou industrial é um processo bastante complexo, onde atuam diversos fatores que afetam tanto o grau de adoção (uso integral ou parcial da tecnologia ou sistema), quanto a taxa de adoção (uso total ou parcial da superfície cultivada potencial, no caso de produtores rurais). Além disso, determinados fatores podem mudar de um ano para outro, favorecendo ou dificultando a adoção de uma dada inovação.

No processo de adoção tecnológica deve-se considerar que, em qualquer região agrícola, existem produtores líderes, que exercem grande influência sobre os demais e que, portanto, podem acelerar ou impedir o processo de transferência de uma nova tecnologia.

Para medir os impactos econômicos reais de cada uma das tecnologias selecionadas já adotadas pelos produtores ou industriais, serão utilizados informantes qualificados (extensionistas, assessores técnicos privados, industriais, por exemplo), num trabalho integrado entre o SNT, a SEA e os centros de pesquisa. Neste caso, está prevista a montagem de uma estratégia nacional onde serão selecionados e contratados ouvidores ou informantes qualificados em todas as regiões produtoras do Brasil e que se responsabilizarão pela realização dos levantamentos de dados a nível de campo ou de indústria, conforme instrumento a ser previamente desenvolvido e testado pela Embrapa. Tal centralização do processo de coleta de dados evitará problemas de duplicação de esforços e conflitos na coleta de dados, além de assegurar isenção na obtenção dos dados reais de impactos.

Os ouvidores poderão atender a mais de um centro de pesquisa e os levantamentos serão feitos e registrados usando-se a Internet. Todos os informantes terão acesso a um banco de dados sobre cada uma das tecnologias selecionadas e, periodicamente (pelo menos, uma vez por ano), informarão os reais impactos econômicos de tais tecnologias, além de informarem sobre indicadores selecionados de impacto social e ambiental.

Na medida em que os impactos devem ser levantado ao longo da cadeia isto implica

que o informante qualificado deverá ser subsidiado por cada um dos centros envolvidos em sua área de atuação com uma descrição da cadeia produtiva do produto, identificando os segmentos afetados pela inovação tecnológica, como mostrado neste documento no caso da máquina extratora de água de coco (Capítulo 5).

As taxas de adoção deverão ser estimadas por informantes qualificados, conforme já tratado no item 2.3.2 desta seção. Este levantamento será ao nível do produtor (“dentro da porteira”), no caso de tecnologias de produção agrícola ou animal, em termos de hectares cultivados com a tecnologia ou cabeças beneficiadas. No caso de novos insumos, tecnologias de pós-colheita e de processamento industrial, por exemplo, que tenha impacto em outros segmentos (“antes ou depois da porteira”), o informante buscará levantar informações diretamente nos segmentos onde está havendo impacto (indústrias e supermercados, por exemplo). Neste caso a unidade de medida pode ser, por exemplo, rendimento industrial.

As estimativas de taxa de adoção de cada uma das tecnologias selecionadas deverão ser feitas para cada ano do período de análise (2001/2004). No caso do exercício de avaliação as estimativas de taxa de adoção serão feitas com base em informações disponíveis na própria unidades, sem o uso dos informantes qualificados acima referidos.

2.3.5.- Estimativa dos Benefícios da Embrapa

De posse dos dados fornecidos pelos informantes qualificados (impactos econômicos reais e taxas de adoção) e depois de deduzidos os benefícios atribuídos a parceiros, poderão ser estimados o total de benefícios econômicos gerados pela Embrapa, tanto ao nível de cada uma das tecnologias selecionadas, quanto para o conjunto delas.

Os valores dos benefícios econômicos gerados na primeira etapa (safra 2001/2002) deverão servir de referência para uma comparação da unidade com ela mesma, nos anos seguintes (2003 e 2004) visando atender ao SAU. Para fins de comparação, os benefícios anuais estimados serão corrigidos a preços do ano base, de acordo com o índice de preços correspondente (IGP-DI, em princípio). O exercício de avaliação dos impactos, a ser realizado em 2001, não será usado para fins de comparação, mas apenas para teste da metodologia e para subsidiar a elaboração do Balanço Social.

Ao final do período de comparação, espera-se que a unidade possa apresentar benefícios econômicos superiores aqueles apresentados no início do processo de avaliação. Ocorrendo tal crescimento ela estará melhorando o seu Índice de Desempenho Institucional (IDI) no SAU, bem como cumprindo com o objetivo do MGE que é “incrementar os impactos econômicos, sociais e ambientais de seus produtos e serviços”.

2.3.6.- Custos da Pesquisa

Os custos dos investimentos em pesquisa estão disponíveis nos setores de orçamento e finanças dos centros de pesquisa e no Departamento de Administração Financeira (DAF), na sede da Empresa. Vale esclarecer que os custos atualmente disponíveis são agregados (todo o centro, desde a sua criação), não existindo os custos desagregados por projeto, atividade ou tecnologia. Somente a partir da implantação do sistema de custos em andamento na Embrapa é que os custos desagregados estarão disponíveis.

A situação de custos se complica na Embrapa quando existe a necessidade de desagregação, no caso, por exemplo, de uma avaliação de retorno dos investimentos de um programa de melhoramento.

Embora no caso da avaliação proposta neste documento seja prevista basicamente uma avaliação incremental do montante de benefícios no período 2000/2004, será possível realizar, a critério do centro, uma avaliação de retorno dos investimentos nas tecnologias selecionadas se forem estimados os custos no desenvolvimento das mesmas.

No processo de estimativa do fluxo total de custos da pesquisa deve-se ter especial cuidado quanto à participação de outras instituições no processo de geração tecnológica. Os custos desta participação "externa" devem ser incluídos no fluxo de custos quando esta é realmente efetiva, a menos que dos benefícios esteja sendo excluída tal participação.

No caso de uma avaliação desagregada, uma avaliação parcial de um dado programa de pesquisa, como seria o caso de uma avaliação da área de melhoramento genético de um centro ou quando se busca avaliar o impacto econômico de um dado projeto de financiamento externo a quantificação é difícil, pois existe uma série de gastos gerais da pesquisa onde nem sempre é possível determinar a participação de determinada área de pesquisa, programa ou fonte de financiamento que permita fazer o seu rateio.

Em recente estudo de avaliação de impacto do programa de melhoramento de soja, desenvolvido por Almeida et al. (1999), este rateio foi feito com base na distribuição do tempo dos pesquisadores aos trabalhos de melhoramento genético. O estudo piloto de avaliação de impacto econômico no contexto comparativo, que está sendo feito junto com o IFPRI (Embrapa/IFPRI, 1998), envolvendo três centros de pesquisa, o rateio baseia-se também no tempo dedicado pela equipe envolvida em melhoramento, mais inclui também um rateio nos custos da sede da Empresa e do centro de recursos genéticos e biotecnologia (Alston et al., 2001).

Finalmente, cabe reiterar que, tanto no SAU, quanto no MGE e no Balanço Social, não está previsto o uso de uma avaliação comparativa de rentabilidade de investimentos entre unidades, mas sim a comparação da unidade com ela mesma (ano atual x ano anterior) pelo montante de benefícios econômicos gerados. Entretanto, sugere-se que a equipe de avaliação de cada unidade faça um esforço adicional no sentido de levantar os custos desagregados para cada uma das tecnologias selecionadas, uma vez que isto permite a realização de estudos de rentabilidade dos investimentos e que são também de interesse da unidade e da Empresa, especialmente quando se quer justificar investimentos para a sociedade ou captar mais recursos. Neste caso, recomenda-se a consulta a seção 2.3.8 deste documento, a seguir, que trata dos principais instrumentos de medição de taxa de retorno de investimentos em pesquisa agropecuária.

2.3.7.- Estimativa dos Benefícios Econômicos Líquidos

Na elaboração do fluxo de benefícios líquidos (benefícios menos custos) um ponto crítico é a determinação do espaço de tempo que deve ser estabelecido entre a inversão inicial e a obtenção dos primeiros resultados desta inversão. A literatura recomenda um retardamento mínimo de 3 (três) anos, significando que o fluxo de benefícios líquidos será negativo nos

primeiros anos. Em geral, os benefícios no longo prazo superam as inversões realizadas em pesquisa, fazendo com que o fluxo seja positivo no período de avaliação.

É importante ressaltar que qualquer erro na quantificação do fluxo de benefícios líquidos pode subestimar ou superestimar a taxa de retorno das inversões realizadas. As diferentes estimativas de taxas de retorno de inversões em pesquisa agropecuária têm usado o fluxo de benefícios líquidos da pesquisa durante o período de avaliação, o qual é, em geral, projetado por mais de 10 a 15 anos.

2.3.8.- Estimativa da Rentabilidade dos Investimentos

A avaliação da rentabilidade dos investimentos em cada unidade poderá ser feita ao final do período (2004), caso tenham sido levantados todos os custos e benefícios das tecnologias selecionadas. De posse de tais dados, a avaliação de rentabilidade dos investimentos realizados poderá ser feita usando-se a taxa interna de retorno (TIR), a relação benefício/custo (B/C) e o valor presente líquido (VPL). A seguir são apresentadas as fórmulas para o cálculo de tais indicadores de rentabilidade.

a) Taxa Interna de Retorno (TIR)

A taxa interna de retorno é um dos métodos mais utilizados para estimar as taxas de retorno das inversões em pesquisa. A taxa interna de retorno (TIR) é aquela taxa r que, quando aplicada a um dado fluxo de benefícios ($B_t - C_t$, neste caso), se tornará igual a zero. A taxa interna de retorno deverá ser superior ou igual ao custo de oportunidade de outros gastos na economia para que a inversão em pesquisa seja considerada rentável.

b) Valor Presente Líquido (VPL)

O Valor Presente Líquido (VPL), Benefício Líquido Atualizado ou Valor Atual Líquido é definido como benefício econômico gerado pela instituição, estação ou programa (B_t) menos o custo do programa (C_t), atualizados a taxa de desconto usada no mercado. Em geral, nas avaliações se calcula o VPL para várias taxas de juros, de acordo com as taxas praticadas pelo mercado financeiro, que normalmente, se situam entre 6%, 8%, 10% e 12%.

c) Relação Benefício/Custo (B/C)

A Relação Benefício/Custo (B/C) é calculada dividindo-se o Benefício Econômico ou Social Total (B_t) pelo Custo (C_t), atualizados a uma mesma taxa de desconto.

2.4.- ESTRATÉGIA DE AÇÃO

Para operacionalizar as estimativas dos impactos econômicos das tecnologias Embrapa e selecionadas para fins de atendimento do SAU, MGE e Balanço Social, conforme proposto na seção anterior, apresenta-se no Anexo I um conjunto de tabelas visando sistematizar o processo de coleta de dados e de cálculo de tais impactos, segundo os diferentes tipos incrementos de produtividade, redução de custos, expansão de área e agregação de valor.

Por outro lado, visando facilitar o processo de entendimento e discussão da sistemática nacional de coleta de dados via informantes qualificados, apresenta-se no Anexo 2 uma proposta de operacionalização de tal processo, que servirá também para as áreas social e ambiental. Tal processo será somente usado a partir da avaliação de 2002.

Visando facilitar o processo de coleta, organização, análise e preparação dos relatórios anuais de avaliação de impacto, será criado um módulo no SISPAT, via Intranet, onde estão ordenados os diversos componentes de tal relatório – caracterização da tecnologia, descrição sucinta da cadeia, estimativa e análise dos impactos (econômicos, sociais e ambientais), avaliação agregada na cadeia e conclusões.

Uma proposta preliminar deste instrumento, a ser usado para os casos de tecnologias aplicadas geradas por centros nacionais de produtos e ecorregionais, é apresentada no Anexo 3 deste documento. Neste caso estão as tecnologias ou produtos como, por exemplo, cultivares, processos, insumos, máquinas, etc. Vale aqui ressaltar que os impactos econômicos dos resultados gerados pelos centros temáticos serão avaliados de uma forma diferenciada, dadas as características dos resultados gerados por tais centros (métodos, metodologias, normas técnicas, etc.). Face ao exposto, o roteiro a ser usado para a elaboração do relatório de impacto terá um outro formato, com ênfase nos impactos sobre o avanço do conhecimento, conforme proposto preliminar apresentada no Anexo 4

BIBLIOGRAFIA

- ALMEIDA, F. A., WETZEL, C., AVILA, A. F. D. Impacto das cultivares de soja da Embrapa e rentabilidade dos investimentos em melhoramento. Embrapa/SEA, Brasília, **Texto para Discussão 3**: 5-54, 1999.
- ALSTON, J. M.; NORTON, G. W. 7 PARDEY, P.G. **Science under Scarcity: principles and practice for agricultural research evaluation and priority setting**. Cornell University Press & ISNAR. 1995, 585p
- AMBROSI, I. & CRUZ, E.R.da **Taxas de retorno dos recursos aplicados em pesquisa no Centro Nacional Pesquisa de Trigo**. Passo Fundo, EMBRAPA/CNPT, 1984, 27p
- AMBROSI, I. Avaliação socioeconômica dos recursos aplicados na Embrapa Trigo no período 1986-99. Passo Fundo, Embrapa Trigo, 2000. (Embrapa Trigo. Documentos, 21).
- AVILA A.F.D. Evaluation de la recherche agronomique au Bresil: le cas de la recherche rizicole de l'IRGA au Rio Grande do Sul. Montpellier. Fact. de Droit et des Sci. Econ 1981. Thesis de Doctorat.
- AVILA, A.F.D.; BORGES-ANDRADE, J.E.; IRIAS, L.J.M. & QUIRINO, T.R. Formação do capital humano e retorno dos investimentos em treinamento na EMBRAPA. Brasília, EMBRAPA/DID, 1983, 70p. (EMBRAPA-DDM. Documentos, 4 e EMBRAPA-DRH. Documentos, 17).
- AVILA, A.F.D.; IRIAS, L.J.M. & VELOSO, R.F. Avaliação dos impactos socioeconomicos do Projeto PROCENSUL I - EMBRAPA/BID. Brasília, EMBRAPA/DEP, 1984, 58 p (EMBRAPA-DEP. Documentos, 17).
- AVILA, A.F.D.; CRUZ, E.R. & VIEIRA, J.L. **AVALPESQ - Programa de Computador para Avaliação Benefício/Custo da Pesquisa Agropecuária: Manual do Usuário**. Brasília, EMBRAPA/SEA. Junho 1994. 46 p

- AVILA, A.F.D. & EVENSON, R.E. Total Factor Productivity Growth in Brazilian Agriculture and the Role of Agricultural Research. **Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural**. Curitiba, 1995, **Anais ...** Curitiba, SOBER Vol. I pp. 631-657, 1995
- AYRES, C.H.S. The contribution of agricultural research to soybean productivity in Brazil. St. Paul, Minnesota Univ., 1985. Tese Doutorado.
- BARBOSA, M.M.T.L.; AVILA, A.F.D. & CRUZ, E.R.da Benefícios sociais e econômicos da pesquisa da EMBRAPA: Uma reavaliação. In: YEGANIANITZ, L. (org.). **Pesquisa Agropecuária: questionamentos, consolidação e perspectivas**. Brasília, EMBRAPA-DEP, 1988, pp.339-52. (EMBRAPA - DEP. Documentos,35)
- CRUZ, E. R. da, PALMA, V. & AVILA, A.F.D. Taxas de retorno dos investimentos da EMBRAPA: investimentos totais e capital físico. Brasília, 1982, 48 p. (EMBRAPA/DDM. Documentos,19).
- CRUZ, E.R.da & AVILA, A.F.D. Retorno dos investimentos em pesquisa agropecuária na área de abrangência do Projeto I - EMBRAPA/BIRD. Brasília, 1985, 19 p.
- CRUZ, E. R., AVILA, A. F. D. Technology Spillover in the IICA/PROCISUR Region: The case of Brazil. In: XI Encontro Brasileiro de Econometria, 1989, Fortaleza. **Anais do XI Encontro Brasileiro de Econometria**. São Paulo: SBE, 1989. p.127 - 156
- DOSSA, D. & CONTINI, E. Avaliação sócio-econômica de algumas tecnologias geradas pelo CNPSoja, de 1987 a 1993. In: **Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural**, 32. Brasília, 1994. **Anais ...** Brasília, SOBER, Vol. III 186-202 p.
- EMBRAPA. Departamento de Diretrizes e Métodos de Planejamento. Programa de avaliação socioeconômica da pesquisa agropecuária do Projeto II - EMBRAPA/BIRD: Modelo de análise. EMBRAPA. Brasília, 1982. 144 p. (EMBRAPA - DDM. Documentos,2).
- EMBRAPA. Departamento de Estudos e Pesquisas. Avaliação socioeconômica do Projeto PROCENSUL II: Documento orientador. EMBRAPA, Brasília. 1987, 46 p. (EMBRAPA - DEP. Documentos,27).
- EVENSON, R.E. Observations of Brazilian agricultural research and productivity. **R.Econ.Rural**.20(3):367-401, 1982.
- EVENSON, R.E. & CRUZ, E.R.da The impacts of technology PROCISUR Program: An International Study. New Haven (USA), IICA/BID/PROCISUR, June 1989,70p.
- EVENSON, R.E. & AVILA, A.F.D. Productivity Change in the Brazilian Grain Sector and Agricultural Research Role. In: **R. Econ. Rural**, SOBER, Brasília. 1995
- HAYAMI Y.; AKINO M. Organization and productivity of agricultural research system in Japan. In: Arndt, T.M.; Dalrymple, D.G.; Ruttan, V.M. (eds). **Resource allocation and productivity in national and international agricultural research**. Minneapolis, University of Minnesota. Press., 1977. p. 29-59.
- IFPRI. Embrapa. Economic Evaluation of Embrapa's Research in International and Global Context: An Institutional and Programmatic Technology Assessment Approach - Joint Proposal. Washington, DC. Embrapa/IFPRI, June 1998.
- IFPRI. Embrapa. Secretaria de Administração Estratégica (SEA) Economic Evaluation of Embrapa's Research in International and Global Context: An Institutional and Programmatic Technology Assessment Approach - First Progress Report. Brasília, DF. Embrapa/IFPRI, 1999a.
- KAHN, A.S. & SOUZA, J. da S. Taxa de retorno social de investimentos em pesquisa na cultura da mandioca no Nordeste. **R.Econ.Rural**.29(4):411-26, 1991
- KISLEV, Y. & HOFFMAN, M. Research and productivity in wheat in Israel. **Develop. Studies**. 14:166-81, 1978.
- KITAMURA, P.C.; SOUZA, A.; CONTO, A.; RODRIGUES, F.M.; OLIVEIRA, J.;

- REZENDE, J.C.; VILELA, N.; TINOCO, P.; ALVES, P.M.; BRAGA, R. & CARVALHO, R.A. Avaliação regional dos impactos sociais e econômicos da pesquisa da EMBRAPA: Região amazônica. Brasília, EMBRAPA - DPU, 1989, 57p. (EMBRAPA-SEP, Documentos,38).
- I.ANZER, E.A.; AMBROSI, I.; DOSSA, D.; FREIRE, L.M.; GIROTTO, A.; HOEFLICH, V.; REIS, P.; OSÓRIO, V.F.; PORTO, V.H.F.; SOUZA, S.X. & TRINDADE, A.M. Avaliação regional dos impactos sociais e econômicos da pesquisa da EMBRAPA: Região Sul. Brasília, EMBRAPA/DPU, 1989, 40p. (EMBRAPA-SEP, Documentos,45).
- OLIVEIRA, J. A. M.; SANTOS, R. F. dos **Retorno econômico de tecnologias geradas e adaptadas pelo Centro Nacional de Pesquisa de Caprinos** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 35, 1997, Natal. O público e o privado na agricultura brasileira, Brasília, Hexa, 1997, v.1, p.1252-1270.
- PARDEY, P.G.; ALSTON, J.; CHRISTIAN, J.E. & FAN, S. Hidden Harvest: US Benefits from International Research Aid. IFPRI: Washington. September 1996. 15p.
- PARDEY, P.G.; ALSTON, J. M.; CHAN-KANG, C.; MAGALHÃES, E. C.; & VOSTI, S. **Assessing and Attributing The Benefits from Varietal Improvement Research: Evidence form Embrapa, Brazil**. Washington, IFPRI/University of California, Davis. March 2002, 132p.
- PIREIRA, R. M. P. G.; SANTOS, R. F. dos **Análise dos benefícios econômicos das tecnologias da Embrapa Algodão-1976-1996** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 36, 1998, Poços de Caldas, Agronegócio- Quo Vadis?, Viçosa, Agromídia Software, 1998, v. 1, p. 1-8
- ROESSING, A.C. Taxa interna de retorno dos investimentos em pesquisa de soja. EMBRAPA, Londrina, 1984. 37 p. (EMBRAPA/CNPS. Documentos, 6).
- SANTOS, R. F.; CALEGAR, G.; SILVA, V.; BARROS, M.A.; LIMA, J.O.; MOTTA, J. & Líquido, J.S. Avaliação socio-econômica das pesquisas da EMBRAPA na região nordeste. Brasília, EMBRAPA/SEP, 1989, 45p. (EMBRAPA- SEP. Documentos,37).
- SANTOS, R. F. dos; BARROS, M. A. L. **Retorno econômico de tecnologias geradas e adaptadas pelo Centro Nacional de Pesquisa de Algodão**. Campina Grande Embrapa-CNPA, 1989, 20p.(Embrapa-CNPA.Documentos,37).
- TEIXEIRA, S. M.; GOMES, G.C.; COSTA, F.P.; SANTANA, E. P.; MACHADO, A.M.; SANTOS, N. A. KRUKER, J. M.; CORADIN, L. & VIEIRA, R.C. Avaliação socioeconômica das pesquisas da EMBRAPA na Região Centro-oeste. Brasília, EMBRAPA - DPL, 1990, 96p. (EMBRAPA-DPL, Documentos,09).
- TOSTERUD, R.J.; GILSON, J.C. HANNAH, A.E. & STEFANSSON, B.R. Benefit cost evaluation of research relating to the development of selkirk wheat and target rapeseed .In: SYMPOSIUM ON AGRICULTURAL Research, Proceedings, 1, s.l University of Manitoba, 1973, v 1, p 149-99 (Occas. Serv.).
- YOKOYAMA, L.P. & ALMEIDA, F.A. **Impacto das Cultivares de Arroz de Terras Altas da Embrapa e Rentabilidade dos Investimentos em Melhoramento de Plantas**. Embrapa Arroz e Feijão. 2001 (no prelo)

3.- IMPACTO SOCIAL DE TECNOLOGIA AGROPECUÁRIA: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA PARA O CASO DA EMBRAPA³

Tarcízio Rego Quirino⁴
Manoel Moacir Costa Macêdo⁵

As mudanças de paradigma em curso na sociedade (Castells, 1999) promovem profundas alterações nos papéis das organizações. Dentre as alterações, destaca-se a importância do impacto social dos seus produtos, principalmente no contexto das organizações públicas. Com esta surge o problema da visibilidade. Além de ser importante que a organização pública consiga impactos sociais como resultado de seus produtos, deve ainda ter a possibilidade de identificar, medir e comunicar a existência dos impactos, de modo a preencher a exigência de responsividade que sobre ela recai.

No caso da Embrapa, a adoção do planejamento estratégico consagrou o caminho de responsabilidade social da empresa, que se dirige pelo relacionamento entre as demandas dos clientes e usuários, e se revela pelos produtos por ela entregues à sociedade como resultado da sua missão. Saber se efetivamente os produtos da pesquisa redundam em impacto e benefício social é a evidência necessária para verificar a efetividade do processo do planejamento estratégico, a realização da missão organizacional e a garantia da sustentabilidade institucional que, se espera, daí resulte.

É importante ressaltar que, conforme afirma Sales Filho (1998), tem sido pouco expressiva a importância dos mecanismos de avaliação dos impactos da pesquisa agropecuária, embora atualmente, a organização dos investimentos em pesquisa e inovação exige o uso de metodologias de avaliação de impactos, uma vez que estes mecanismos avaliativos são também orientadores dos investimentos no processo de geração de novas tecnologias.

Nesse sentido, realçam as considerações de natureza ética, ecológica, social e de competência, como fatores de estratégia empresarial, no contexto da responsabilidade social das empresas. Para que se verifique se a pesquisa agropecuária causa impacto social, é necessário esclarecer, de modo apropriado ao objetivo, o conceito de impacto social. Certamente que tal conceito deve ser utilizado de maneira distinta daquele usado para avaliações macro-sociais e consagrado pelo senso comum, o qual se aproxima dos tradicionais estudos microeconômicos identificados como de custo e benefício.

O real significado da mensuração de impactos sociais, exige que inicialmente se busque identificar os antecedentes do processo de geração, difusão e adoção dos produtos da pesquisa da Embrapa causadores de impactos no contexto espacial, temporal e histórico. Ademais é importante identificar como e onde os produtos da pesquisa agropecuária interferem no processo de produção da cadeia produtiva e, a partir daí, onde e como provocam modificações em diferentes aspectos da organização social, seus grupos e normas, seus ganhadores e perdedores. Em outras palavras, é necessário examinar a interferência das

3 - Os autores são gratos às contribuições dos pesquisadores da Embrapa Alfredo Homma, Cyro Mascarenhas, José Pereira, Levon Yeghiantz, José Lincoln Araújo, Mariza Barbosa, Nirlene Vilela e Robério F. dos Santos, participantes do Workshop sobre Metodologias de Avaliação de Impacto Econômico, Social e Ambiental, Brasília, 22 a 24 de fevereiro de 2000. O presente artigo foi publicado na Seção de Debates da Revista Cadernos de Ciência & Tecnologia, v. 17, n. 1, jan/abr, 2000.

4 - Pesquisador, PhD – Embrapa Meio Ambiente, Campinas, São Paulo. E-mail: tquirino@cnpma.embrapa.br

5 - Pesquisador, PhD – Embrapa, Secretaria de Administração Estratégica, Brasília, DF. E-mail: mmacedo@sede.embrapa.br

organizações, por meio de seus produtos, no funcionamento do processo de produção, distribuição e consumo de mercadorias e, a partir daí, nos demais elos da cadeia de relações sociais que se espalham a partir da cadeia de produção agropecuária. Nessa perspectiva, Souza e Busch (1998: 367), estudando as redes de desenvolvimento agrícola da produção e do consumo de soja no Brasil, identificaram a existência de “uma rede de soja formada por uma série de atores humanos e não-humanos [a exemplo de], indústrias de insumos, agricultores, indústrias de processamento, instituições de pesquisa, comerciantes e consumidores, assim como estradas, silos e facilidades portuárias [relacionadas aos interesses da produção de soja]”. Para Callon et al, citado por Coombs et al (1992), isso significa o uso da abordagem da “teoria de redes de atores” (actor – network theory), onde as escolhas são feitas para criar e difundir tecnologia e consolidar os seus resultados.

Essa perspectiva toma como base os objetivos globais do III Plano Diretor da Embrapa: Realinhamento Estratégico 1999 – 2003 (Embrapa, 1999), e carrega em si as consequências dos princípios da competitividade, da sustentabilidade, da equidade, e da saúde e nutrição humana, nele consagrados como diretrizes. Em decorrência destes, espera-se que se possam viabilizar as soluções tecnológicas advindas da prática científica no interior da organização de pesquisa, para o processo de produção, e que delas decorram impactos sociais. Para que as organizações sejam capazes de corrigir e calibrar seus rumos, os impactos sociais devem ser no primeiro momento identificados e a seguir devidamente mensurados. Assim, como um meio de orientação metodológica, se propõe como relevante para este estudo, obter respostas à seguinte questão: Quais os impactos sociais oriundos dos produtos da pesquisa gerados pela Embrapa? Em que instâncias da cadeia produtiva e em que circunstâncias da estrutura social eles se revelam?

Para auxiliar na resolução das citadas questões, argui-se como uma possível solução a seguinte suposição: Os produtos da pesquisa gerados pela Embrapa promovem mudanças sociais, a começar pelos vários elos da cadeia do processo de produção, da distribuição e do consumo de produtos agropecuários (o agronegócio) e, a seguir, nos aspectos da rede social ligados imediatamente aos elos da cadeia de produção, e assim por diante.

Propõe-se que o modo de identificar empiricamente os impactos sociais de produtos da pesquisa agropecuária, em seu amplo senso, a exemplo de cultivares, máquinas e equipamentos, manejo animal e vegetal e idéias materializadas em trabalhos científicos, seja a identificação do impacto que a tecnologia provoca no primeiro elo em que incide sobre a cadeia de produção, a resultante interferência no processo produtivo e os resultados que tal interferência desencadeia sobre os aspectos mais próximos da trama social. O comportamento humano, individual e coletivo, principalmente aquele relacionado ao processo de produção, ao emprego, a saúde, a renda e a satisfação, é o aspecto a ser privilegiado.

Com tais evidências empíricas, parte-se para a elaboração de uma cadeia de impacto social. Isto quer dizer que, a partir da cadeia produtiva, serão identificados os diversos impactos sociais nos específicos elos dessa cadeia e nos elos adjacentes da rede social de relações. No Anexo 5 é apresentado um resumo do artigo de Macedo & Yeganiantz, (2000) com diferentes tipos de indicadores de impacto social.

A análise tecnológica dos produtos da pesquisa que estejam sendo enfocados, conduzirá à compreensão de como eles iniciam o impacto. O mapeamento de como esses

impactos se difundem na sociedade, conduzirá à compreensão das áreas da sociedade sobre as quais incidem, de como se dá a influência sobre elas e como esta se espalha.

A abordagem metodológica proposta, é uma combinação de estudo de caso, observações etnográficas, estruturação de organizações e de grupos, análise de redes de difusão e de papéis, principalmente ocupacionais. Começa por identificar os atores envolvidos no processo produtivo e o modo como a introdução da nova tecnologia modifica o desempenho de seus papéis. Segue por identificar os efeitos dessas modificações sobre os grupos adjacentes, principalmente os que se beneficiam dos impactos, os que são por eles prejudicados, e outros indivíduos, grupos e organizações que modificam os seus comportamentos e participação em virtude desses mesmos impactos. A cadeia de impacto social a partir da cadeia produtiva, deve examinar as mudanças sociais na esfera da produção, da distribuição (comercialização) e do consumo - assume-se que os impactos sociais não são neutros.

Com tais evidências, se constrói uma “cadeia de impactos sociais”, que será o primeiro produto da pesquisa e servirá para, por comparação com outras cadeias, identificar constâncias e idiossincrasias entre elas, fornecendo subsídios à definição de variáveis e indicadores para a desejada construção da metodologia de identificação e mensuração dos impactos sociais da pesquisa agropecuária. Uma primeira aproximação ao problema supõe que as cadeias de impacto social vão gerar conhecimentos que se prestam a ser medidos e sistematizados, sendo que os resultados serão os insumos necessários para construí-las. Assim, o conjunto de casos deve explorar as constâncias dos impactos sociais no contexto de expressiva variância, entre os produtos da pesquisa selecionados, inclusive em diferentes regiões e em outras assimetrias sociais, políticas, econômicas e geográficas. Em regra, o estudo do impacto social conduz à identificação de diferenças e não de semelhanças. O estudo do conjunto de cadeias de impactos sociais, em um segundo momento, levará à identificação das semelhanças, a partir das quais será possível sintetizar os impactos pelas semelhanças e distinguir as causas das diferenças.

No estágio empírico da formulação da cadeia de impacto social, é crucial a identificação de produtos da pesquisa gerados pela Embrapa, de ampla heterogeneidade e que tenham efetivamente causado impactos sociais perceptíveis na cadeia produtiva. Outrossim, deve ser identificado cada elo da cadeia produtiva sobre a qual o impacto social incide, assim como os elos seguintes, sobre os quais os efeitos se propagam, talvez reduzindo-se, ampliando-se ou modificado o padrão de influência.

Nos Anexos 6 e 7 deste documento são apresentados documentos elaborados por Macêdo & Quirino com maiores detalhes metodológicos para a execução de estudos de avaliação de impacto social na forma proposta. Entretanto é importante destacar que embora para se fazer avaliação de impacto social da tecnologia se possa usar entrevistas e uma ampla gama de indicadores, num primeiro momento, os centros de pesquisa deverão centrar seus esforços na medição dos impactos em termos de geração de emprego, podendo incluir também impactos sobre saúde e nutrição e a educação, se houver possibilidade. Na medida em que, no futuro, a equipe da Embrapa ganhar mais experiência e existirem melhores condições, especialmente recursos humanos, as análises ora previstas poderão ser aprofundadas, assim como outros indicadores sociais poderão ser incluídos, ampliando-se assim o escopo da avaliação.

Finalmente, é preciso registrar que a avaliação de impacto social de tecnologias é um assunto complexo, de poucas inserções no estado-da-arte, mas é de rara importância para o aperfeiçoamento do processo de geração, transferência, difusão e adoção da tecnologia agropecuária, ou seja, para o conhecimento do arcabouço teórico das relações sociais, e para o aprimoramento dos resultados que permeiam as esferas da produção, da distribuição e do consumo dos produtos da pesquisa agropecuária da Embrapa.

No Anexo 3, é mostrado o modelo preliminar do relatório de avaliação de impacto a ser elaborado para cada uma das tecnologias selecionadas e objeto de avaliação, considerando os três tipos de impacto (econômico, social e ambiental) tratados nesta proposta

BIBLIOGRAFIA

- CASTELLS, Manuel, 1999. **A sociedade em rede**. São Paulo: Paz e Terra.
- COOMBS, R.; P. Saviotti & V. Walsh (1992). Technology and the firm: the convergence of economic and sociological approaches? In: **Technological Change and Company Strategies**. London: Academic Press. In. 1 – 25 p.
- EMBRAPA (1999). **III Plano Diretor da Embrapa: Realinhamento Estratégico 1999 – 2003**. Brasília: Embrapa – SPI. 40p.
- MACEDO, M.M.C. & YEGANIANITZ, L. **Avaliação de Impacto Social de Pesquisa Agropecuária: A Busca de uma Metodologia Baseada em Indicadores**. Brasília, Embrapa/SEA, Dezembro 2000.
- MACEDO, M.M.C. & QUIRINO, T.Q. **Mensuração de Impacto Social da Pesquisa agropecuária da Embrapa: Pontos para Reflexão**. Brasília, Embrapa/SEA, 2000.
- MACEDO, M.M.C. & QUIRINO, T.Q. **Metodologia para a Avaliação dos Impactos Sociais da Pesquisa na Embrapa: Proposta de Roteiro para Entrevistas**. Brasília, Embrapa/SEA, 2000.
- SALLES-FILHO, S. L. M. (1998). **Políticas Públicas para a Inovação Tecnológica na Agricultura do Estado de São Paulo: métodos para a avaliação de impactos da pesquisa**. Campinas, Departamento de Geociências, Unicamp. 29 p. (Projeto para o Programa de Pesquisa da FAPESP – Políticas Públicas – N. 98/14283 - 2)
- SOUZA, I. S. F. de & Lawrence Busch (1998). Networks and Agricultural Development: The Case of Soybean Production and Consumption in Brazil. *Rural Sociology* 63 (3), pp.349-71.

4.- AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DA PESQUISA AGROPECUÁRIA NA EMBRAPA

4.1.- INTRODUÇÃO

Para avaliar os impactos ambientais das tecnologias geradas pelos centros de pesquisa da Embrapa será usado o **Sistema de Avaliação de Impacto Ambiental da Inovação Tecnológica Agropecuária - AMBITEC-BIO** (Stacchetti, Campagnola & Kitamura, 2001)⁶, desenvolvido pela equipe da Embrapa Meio Ambiente⁷. Tal sistema compõe-se de quatro aspectos de caracterização do impacto ambiental de uma inovação tecnológica agropecuária, expressos por oito indicadores e trinta e cinco componentes. Cada componente é avaliado em uma entrevista/vistoria aplicada pelo usuário do sistema ao proprietário/responsável, que expressa seu conhecimento sobre o *coeficiente de alteração do componente*, que é então ponderado segundo a escala da ocorrência e o peso do componente para formação do indicador de impacto ambiental. Finalmente, os resultados das avaliações dos indicadores são expressos graficamente, compondo a avaliação de impacto ambiental da inovação tecnológica agropecuária.

4.2.- ASPECTOS GERAIS DO SISTEMA

O SISTEMA DE AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL DA INOVAÇÃO TECNOLÓGICA AGROPECUÁRIA (AMBITEC – AGRO) compõe-se de um conjunto de planilhas eletrônicas (plataforma MS-Excel[®]) construídas para permitir a consideração de quatro aspectos de contribuição de uma dada inovação tecnológica para melhoria ambiental na produção agropecuária, quais sejam, **Alcance, Eficiência, Conservação e Recuperação ambiental** (Rodrigues et al., 2000, Figura 1). Cada um destes aspectos é composto por um conjunto de *indicadores* organizados em matrizes de ponderação automatizadas, nas quais os *componentes* dos indicadores são valorados com *coeficientes de alteração*, conforme conhecimento pessoal do produtor adotante da tecnologia. O produtor adotante deverá indicar um *coeficiente de alteração do componente*, em razão específica da aplicação da tecnologia ao produto e nas condições de manejo particulares a sua situação, compondo assim cada produtor uma unidade amostral de impacto ambiental da tecnologia. Este *coeficiente de alteração do componente* é definido conforme a Tabela 1.

Tabela 1. Efeitos da inovação tecnológica e *coeficientes de alteração* a serem inseridos nas células das matrizes de avaliação de impacto ambiental da tecnologia.

Efeito da tecnologia no produto sob as condições de manejo específicas	Coeficiente de alteração do componente
Grande aumento no componente	+3
Moderado aumento no componente	+1
Componente inalterado	0
Moderada diminuição no componente	-1
Grande diminuição no componente	-3

⁶ - A versão completa do AMBITEC - AGRO é apresentada no Anexo 8.

⁷ - Proposta elaborada sob a liderança de Geraldo Stacchetti Rodrigues, com a participação de Clayton Campagnola e Paulo Choji Kitamura, pesquisadores da Embrapa Meio Ambiente.

4.3.- FATORES DE PONDERAÇÃO

Estes *coeficientes de alteração do componente* representam a variável explicativa do efeito da tecnologia, conforme o conhecimento do produtor adotante, da situação particular de sua propriedade. As matrizes automáticas incluem ainda dois *fatores de ponderação* que referem-se à **escala da ocorrência**, e ao **peso do componente** para a formação do indicador. A **escala da ocorrência** explicita o espaço no qual ocorre o efeito, conforme a situação específica de aplicação da tecnologia, e pode ser

- i. *pontual* quando o efeito da tecnologia no componente restringe-se ao *recinto* no qual esteja ocorrendo a alteração no componente;
- ii. *local* quando o efeito faça-se sentir externamente a esse recinto, porém confinado aos limites da propriedade;
- iii. *entorno* quando o efeito abranja além dos limites da propriedade;
- iv. *regional* quando o efeito englobe área superior ao entorno da propriedade

Devido à característica de alguns dos componentes dos indicadores, algumas matrizes limitam a **escala da ocorrência** ao âmbito pontual. O fator de ponderação da **escala da ocorrência** implica a multiplicação do *coeficiente de alteração do componente* por um valor predeterminado, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 Fator de ponderação multiplicativa relativo à **escala da ocorrência** do efeito da tecnologia sobre o componente de impacto ambiental.

ESCALA DA OCORRÊNCIA	Fator de ponderação
Pontual	1
Local	2
Entorno	5
Regional	10

O segundo *fator de ponderação* incluído nas matrizes de avaliação do efeito da tecnologia é o **peso do componente** para a formação do indicador de impacto ambiental. Os valores dos pesos dos componentes expressos nas matrizes podem ser alterados pelo usuário do sistema, para melhor refletir situações específicas de avaliação, nas quais pretenda-se enfatizar alguns dos componentes, desde que o **peso total** dos componentes para um dado indicador seja igual 1

O procedimento para avaliação de impacto ambiental de uma **inovação tecnológica** envolve uma entrevista/vistoria conduzida pelo usuário do sistema e aplicada ao produtor/responsável pela propriedade rural. A entrevista deve dirigir-se à obtenção do *coeficiente de alteração do componente*, para cada um dos indicadores de impacto, conforme avaliação do proprietário/responsável, especificamente em consequência da aplicação da tecnologia ao produto, na situação vigente na propriedade.

A inserção desses *coeficientes de alteração do componente* diretamente nas matrizes e sequencialmente nas planilhas de **eficiência tecnológica**, **conservação ambiental**, e **recuperação ambiental** resultam na expressão automática do efeito da tecnologia, ponderada pelos *fatores de ponderação* devido à **escala da ocorrência** e ao **peso do componente**, e os

resultados finais da avaliação de impacto são expressos graficamente na planilha **AIA da Tecnologia**.

4.4.- INDICADORES E COMPONENTES AVALIAÇÃO DE IMPACTO

4.4.1.- Alcance da Tecnologia

O **alcance da tecnologia** expressa a escala na qual esta influencia o produto, e é definido pela *abrangência* (a área total cultivada com o produto - em hectares) e a *influência* (porcentagem desta área à qual a tecnologia se aplica). Este é um aspecto geral da tecnologia, independente do seu uso local, portanto não está incluído nas matrizes de avaliação, e deve ser obtido a partir das informações do projeto de desenvolvimento tecnológico. Todos os outros aspectos considerados para a avaliação do impacto ambiental da inovação tecnológica (**eficiência, conservação e recuperação ambiental**) são representativos do efeito do uso local da tecnologia, e devem ser obtidos junto ao produtor adotante, com respeito ao produto e as condições de manejo nas quais a tecnologia esteja efetivamente sendo aplicada.

4.4.2.- Eficiência Tecnológica

A **eficiência tecnológica** refere-se à contribuição da tecnologia para a redução da dependência do uso de insumos, sejam estes insumos tecnológicos ou naturais. Os indicadores de eficiência tecnológica são: uso de agroquímicos, uso de energia, e uso de recursos naturais.

O **(1) uso de agroquímicos** é composto pelo a) uso de pesticidas, avaliado conforme a alteração (devido à aplicação da tecnologia) na i) frequência, ii) variedade de ingredientes ativos, e iii) toxicidade dos produtos; e pelo b) uso de fertilizantes, avaliado conforme alteração na iv) quantidade de adubos hidrossolúveis, v) calagem, e vi) micronutrientes aplicados em consequência da tecnologia em avaliação. O **(2) uso de energia** compõem-se de alteração no consumo de a) combustíveis fósseis [expressos como vii) óleo combustível, viii) gasolina, ix) diesel e x) carvão mineral], b) biomassa [expressa como xi) álcool, xii) lenha, xiii) bagaço-de-cana e xiv) restos vegetais] e xv) eletricidade; e **(3) o uso de recursos naturais** avalia-se em termos da necessidade, imposta pela tecnologia, de xvi) água para irrigação, xvii) água para processamento, e xviii) solo para plantio

4.4.3.- Conservação Ambiental

A contribuição da tecnologia para a **conservação ambiental** é avaliada segundo seu efeito na qualidade dos compartimentos do ambiente, ou seja, **atmosfera, capacidade produtiva do solo, água e biodiversidade**. O efeito da tecnologia na **(4) qualidade da atmosfera** é avaliada segundo alteração na xix) emissão de gases de efeito estufa, xx) material particulado e fumaça, xxi) odores e xxii) ruídos. Os efeitos da tecnologia sobre a **(5) capacidade produtiva do solo** são medidos pela alteração na xxiii) erosão, xxiv) perda de matéria orgânica, xxv) perda de nutrientes e xxvi) compactação. Os componentes de efeito na **(6) água** são a xxvii) alteração na demanda bioquímica de oxigênio (DBO₅, que refere-se ao conteúdo orgânico das águas), na xxviii) turbidez, e no despejo de xxix) espuma/óleo/materiais flotantes. Em relação ao compartimento **(7) biodiversidade**, considera-se o efeito resultante da aplicação da tecnologia para a xxx) perda de vegetação ciliar, de xxxi) corredores de fauna, e de xxxii) espécies ameaçadas de extinção na propriedade.

4.4.4.- Recuperação Ambiental

A **recuperação ambiental** inclui-se no sistema de avaliação de impacto ambiental devido ao estado de degradação presentemente observado praticamente na totalidade das regiões agrícolas do país, impondo que o resgate desse passivo ambiental deva ser uma prioridade de todos os processos de inovação tecnológica agropecuária. Este aspecto da avaliação refere-se à efetiva contribuição da inovação tecnológica para a recuperação, na propriedade, das xxxiii) áreas degradadas, das xxxiv) áreas de preservação permanente, das xxxv) áreas de mananciais. Como estes componentes referem-se à contribuição da inovação tecnológica, antes que seu efeito, os valores dos *coeficientes de alteração do componente* são invertidos na análise dos resultados.

BIBLIOGRAFIA

- RODRIGUES, G. S. Avaliação de Impactos Ambientais de projetos de Desenvolvimento Tecnológico Agropecuário. In: Programa Cooperativo para el Desarrollo Tecnológico Agropecuario del Cono Sur. **Valoración Económica en el uso de los Recursos Naturales y el Medio Ambiente**. Montevideo: PROCISUR, 1998. P.37-46, (Diálogo - IICA/PROCISUR; 51)
- RODRIGUES, G. S. **Avaliação de Impactos Ambientais em Projetos de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico Agropecuário: fundamentos, princípios e introdução à metodologia**. Jaguariúna: Embrapa-CNPMA, 1998a. 66p. (EMBRAPA-CNPMA. Documentos 14)
- RODRIGUES, G. S.; BUSCHINELLI, C. de A.; IRIAS, L. J. M. & LIGO, M.A.V. **Avaliação de Impactos Ambientais em Projetos de Desenvolvimento Tecnológico Agropecuário II: avaliação da formulação de projetos - versão 1.0**. Jaguariúna: Embrapa- CNPMA, 2000. 28 p.
- RODRIGUES, G.S.; CAMPAGNOLA, C.; KITAMURA, P.C.; **Avaliação de Impacto Ambiental da Inovação Tecnológica Agropecuária**. Embrapa Meio Ambiente Jaguariúna, Dezembro 2001. 93p

5.- AVALIAÇÃO INTEGRADA DOS IMPACTOS ECONÔMICOS, SOCIAIS E AMBIENTAIS NA CADEIA PRODUTIVA⁸

5.1.- INTRODUÇÃO

Cadeia produtiva é um agrupamento de empresas e/ou uma sequência de setores econômicos ou atividades fortemente conectadas, unidos entre si por relações significativas que envolvem fluxos correntes de consumo/fornecimento. A análise de uma cadeia produtiva possibilita uma visão integrada de setores que trabalham de forma interrelacionada, dando especial relevância às diferentes formas de interdependência entre os mesmos. (HAGUENAUER & PROCHNIK, 2000)

KARLSSON & WESTIN, citados por JOHANSSON *et al.* (1994), descrevem que a análise da evolução das cadeias deve considerar (i) fatores relacionados à macroestrutura em que a cadeia está inserida, os condicionamentos impostos por esta macroestrutura e o acesso dos agentes da cadeia aos seus elementos; (ii) diversos tipos de processos que ocorrem no interior das cadeias (compras e vendas, troca de informação, estabelecimento e repactuação de acordos e normas de conduta etc.) e (iii) comportamentos dos agentes formadores da cadeia, assim como de organizações estreitamente associadas.

A metodologia de delimitação de cadeias produtivas baseia-se na identificação de conjunto de setores fortemente interligados por relações de compra e venda e com ligações relativamente mais fracas com setores de outros conjuntos. A delimitação é realizada pelo método de associação dos setores em cadeias, formando uma matriz de transações.

A dinâmica da cadeia produtiva da água-de-coco envasada, tal como as demais cadeias, é marcada por um conjunto de atores que desempenham funções específicas. A Figura 5 esquematiza os setores e elos interrelacionados de maior importância. Nas seções, a seguir, apresenta-se um exemplo de análise de impactos econômicos, ambientais e sociais de produtos gerados pela pesquisa agropecuária, tomando-se por base a cadeia produtiva da água-de-coco envasada e a tecnologia desenvolvida pela Embrapa Agroindústria Tropical, denominada “máquina extratora de água-de-coco”.

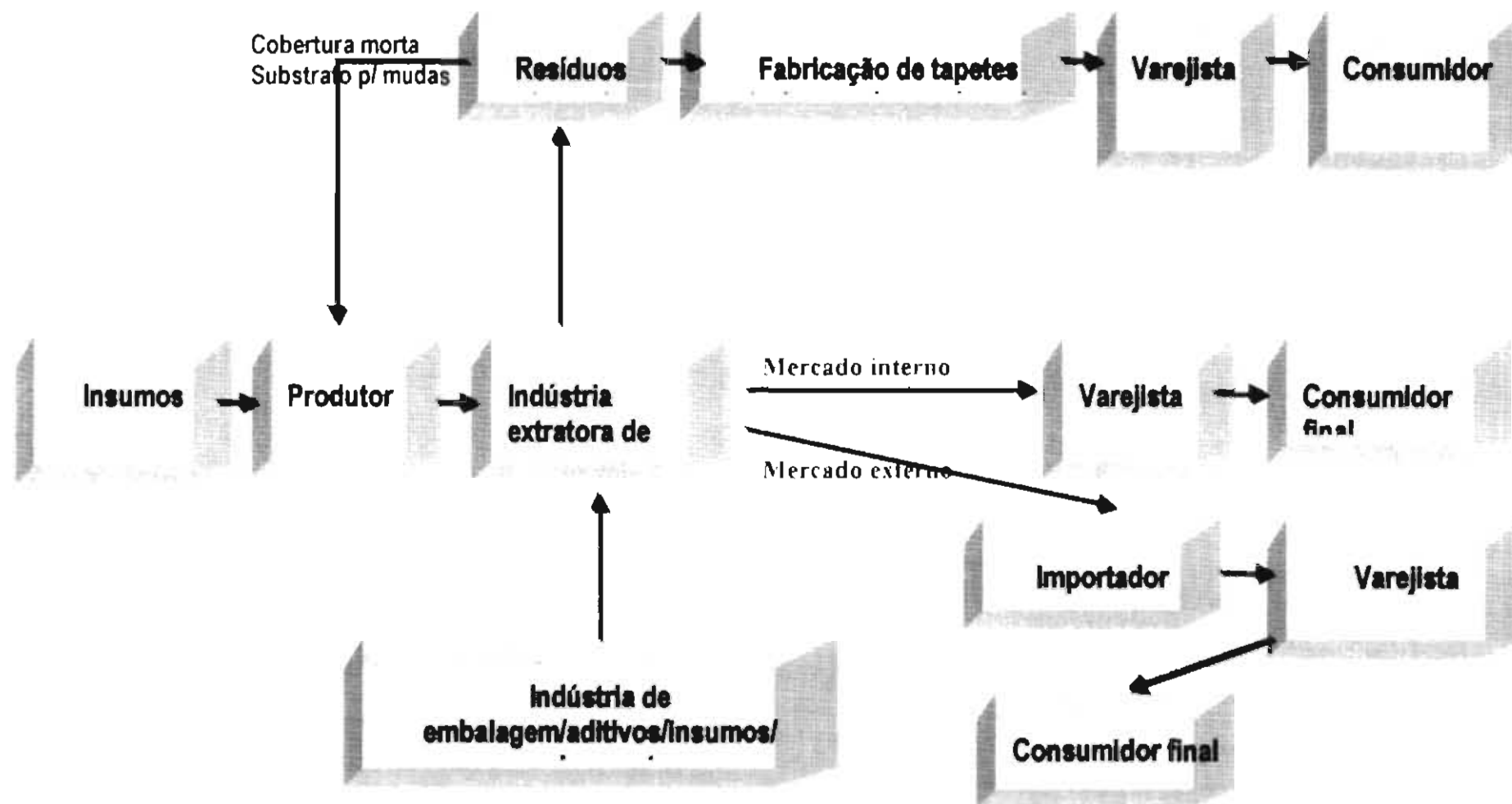
5.2.- PRODUÇÃO E AGROINDUSTRIALIZAÇÃO DO COCO

O consumo de água de coco representa hoje um mercado crescente que estimula novas plantações não só no Nordeste, como também em toda a região litorânea e até nos estados mais centrais do Brasil. A aceleração e o aumento da escala produtiva da água de coco envasada passou a ser uma tendência natural do produto.

A análise do comportamento histórico da oferta de coco verde no mercado demonstra crescimento significativo. Com referência à área plantada, informações do Grupo de Coco do Vale, entidade representativa de cerca de setenta produtores de coco do Vale do São

⁸ - Material preparado por Roberto Pimentel e Morsyleide de Freitas Rosa com base na experiência da equipe da Embrapa Agroindústria Tropical (proposta preliminar, em fase de preparação).

Figura 5 – Cadeia Produtiva do Coco e a Tecnologia Máquina Extratora de Água de Coco (Embrapa Agroindústria Tropical, 2000).



Francisco, dão conta do expressivo crescimento dos plantios nos últimos cinco anos, elevando a área plantada no país com a variedade Anão (destinada a água de coco), para cerca de 57 mil hectares, dos quais cerca de 33 mil no Nordeste. Segundo levantamento realizado pela Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco CODEVASF, da área total cultivada no Vale, cerca de 58% (5.800 ha) estão em fase de formação, 37% (3.700 ha) em início de produção (baixa produtividade) e somente 5% (500 ha) em plena produção. Este diagnóstico pode ser extrapolado para toda a área de cultivo do país (57 mil ha) o que significa dizer que estão em formação 33 mil ha, em início de produção 21 mil ha e em produção, apenas, 3 mil ha. (FRUTISÉRIES 3, 2000) Isso reflete claramente o consumo crescente de água de coco verde, "in natura" e, principalmente, industrializada.

Em função da demanda do setor de água-de-coco verde envasada, a Embrapa Agroindústria Tropical desenvolveu uma máquina extratora de água-de-coco verde capaz de conferir ganhos de escala para essa etapa de operação industrial. A Figura 5 apresenta os componentes da cadeia produtiva da água-de-coco verde elaborada pela equipe do centro.

5.3.- MÁQUINA EXTRATORA

O extrator de água de cocos verdes é um equipamento que foi projetado para suprir as necessidades do setor de engarrafamento de água-de-coco verde, que apresenta como um dos principais entraves na linha de processamento, a operação de abertura.

O equipamento permite uma alta produtividade, com vazão nominal de 600 a 700 litros de água-de-coco por hora, o que equivale em média a abertura de 2 400 frutos/hora. O princípio de funcionamento é baseado no corte transversal do fruto com divisão do coco ao meio, deixando escoar a água sobre um sistema de peneiras que visam eliminar os fragmentos de cascas. A lâmina de corte é em aço inoxidável temperável dotado de quatro faces de corte e o acionamento é eletromecânico por sistema de moto-redutor de alto torque.

5.4.- METODOLOGIA DE ANÁLISE DOS IMPACTOS NA CADEIA PRODUTIVA

Nos últimos anos a globalização tem promovido transformações econômicas e sociais, que estão afetando as formas atuais de concorrências e estruturas produtivas de parte das atividades econômicas. Esta situação tem proporcionado uma reestruturação tecnológica, organizacional e comercial como forma de manter a competitividade. As empresas que compõem a indústria de alimentos, tem sido alvo das maiores transformações no sentido de manter o mercado frente aos novos concorrentes.

No plano do mercado final de alimentos, tem-se observado o fortalecimento de três tendências básicas: menor passividade e maiores graus de conscientização e de exigência dos consumidores frente a diversidade de oferta; fragmentação dos mercados de

produtos alimentares e a crescente importância dos atributos de qualidade, locais de compra, em que se observa a crescente participação dos supermercados na distribuição

Diante das mudanças observadas, as análises de retorno das tecnologias desenvolvidas nas instituições de pesquisas necessitam considerar todos os efeitos ao longo da cadeia produtiva, como forma de conhecer os impactos nos diversos elos existente.

Os referenciais teóricos até então utilizados para estudar as taxas de retorno da pesquisa agropecuária têm utilizado a teoria do excedente econômico. Para tanto, consideravam os impactos apenas a nível de produtor da matéria-prima, sem considerar seus efeitos nos demais elos da cadeia produtiva.

Para a compreensão do processo de articulações das cadeias não se pode deixar de conhecer como as tecnologias são geradas, difundidas e transformadas. Por outro lado, deve-se focalizar como os tomadores de decisões nos institutos de pesquisa preocupam-se com o conceito de “agribusiness” para atuar de modo equilibrado, gerando tecnologias orientadas para o mercado. Neste sentido o pesquisador passa a considerar importante para o produto que está desenvolvendo diversos aspectos tais como: vida de prateleira, resistência ao manuseio, introdução de atributos valorizados por determinados mercados, tecnologias de manejo, desenvolvimento de novas embalagens, sistemas alternativos de transportes etc.

Considerando a importância de conhecer os impactos econômicos em todos os elos do segmento produtivo desde a produção até o consumidor final propõe-se a seguinte metodologia de análise:

Os principais elos que compõem a cadeia produtiva devem serem considerados para efeito de análise, tanto a jusante, quanto a montante. Em outras palavras, ao se considerar, por exemplo, uma tecnologia para o produtor rural tem-se a montante a indústria de insumos, a assistência técnica e a pesquisa e a jusante a indústria de processamento, distribuição (atacadista, varejista) e consumo final.

No estudo de cadeias produtivas deve-se considerar a sequência vertical relativas às etapas de produção, transformação e distribuição e deve-se concentrar na contribuição do que cada etapa participa na formação do produto de consumo final.

As cadeias produtivas devem ser vistas como um encadeamento de ações, o que abre espaço para a teoria dos custos de transações de WILLIAMSON (1985), que permite avaliar cada ação ao longo da cadeia como um contrato entre os agentes envolvidos. Por outro lado, qualquer tecnologia ao ser avaliada no enfoque de cadeias produtivas, tem que estar direcionada para o consumidor final. Se a mesma não tiver este objetivo, os custos envolvidos em sua adaptação serão elevados e talvez impeditivos para uma atuação competitiva.

A nível de produtor o pesquisador deve considerar a situação anterior e posterior da tecnologia. Na situação anterior, o pesquisador poderá utilizar levantamento de campo junto os produtores que não adotaram a tecnologia. Deve considerar também os produtores que utilizam a nova tecnologia. No levantamento a nível de produtor deve procurar verificar os efeitos da tecnologia utilizada no meio ambiente, além dos impactos econômicos e sociais.

A nível de pesquisa deve considerar todos os custos com a pesquisa, identificando a participação percentual de todos os envolvidos. Este item deve mostrar a participação real da pesquisa. Deve-se considerar apenas os custos com a tecnologia e não com a unidade como um todo.

Na parte de processamento deve-se usar o mesmo método de levantamento, procurando identificar os impactos sobre cada um dos segmentos. Neste caso deve-se priorizar os segmentos mais representativos para evitar problemas nas análises.

Com respeito a distribuição e consumo, deve-se procurar levantar dados juntos aos principais segmentos. No caso do consumo, dependendo da tecnologia em estudo, deve-se avaliar os impactos sobre a qualidade do produto e saúde do consumidor, após a adoção tecnológica, comparativamente a situação anterior.

5.5.- ANÁLISE DOS IMPACTOS NA CADEIA – UM EXEMPLO

A análise dos impactos econômicos, sociais e ambientais nos diversos elos da cadeia produtiva poderá ser realizada considerando os aspectos quantitativos e qualitativos. Os aspectos quantitativos devem levar em conta os custos e benefícios do uso da nova tecnologia nos diversos elos da cadeia.

Dada a dificuldade em se distribuir os benefícios nos elos estudados, sugere-se que o mesmo seja realizado apenas no setor de maior impacto. No caso da máquina extratora de água-de-coco, pode-se considerar apenas o segmento de extração de água. Nos demais segmentos, pode-se considerar apenas os aspectos qualitativos. Deve-se procurar explorar os principais impactos qualitativos nos diversos segmentos destacando-se: insumos, nível de emprego, geração de receitas a nível privado e governamental, serviços, infraestrutura etc.

Este tipo de avaliação de impactos no contexto da cadeia foi recentemente desenvolvido por Ávila et al (2001) na avaliação *ex-ante* dos impactos econômicos, sociais e ambientais das pesquisas em biotecnologia da Embrapa nas culturas da soja, algodão, feijão, mamão e batata. Foram identificados os principais impactos nos diversos segmentos das cadeias dos cinco produtos estudados sem, entretanto, uma quantificação mais apurada de tais impactos dado o caráter exploratório do trabalho. Para a análise de cadeias produtivas, recomenda-se a consulta ao livro elaborado por Castro et al., (1998), que apresenta uma série de estudos sobre cadeias produtivas de interesse da pesquisa agropecuária.

No caso de estudos de cadeias, vale ainda destacar o recente livro lançado pela Embrapa sobre competitividade de cadeias produtivas no Brasil, embora o mesmo não trate diretamente da questão da avaliação do impacto de inovações tecnológicas selecionadas, como é o caso da proposta deste documento (Vieira et. al., 2001). Entretanto, como o referido livro trata da competitividade de onze cadeias (algodão, cacau, arroz, café, feijão, leite, mandioca, milho, soja, tomate industrial e trigo) e em três níveis tecnológicos dos sistemas de produção (atual, melhorado e potencial), é importante que este tipo de estudo seja levado em conta na análises dos impactos econômicos das tecnologias selecionadas aqui previstas.

5.5.1.- Impactos Econômicos

a) Custos

Tecnologia atual

Neste item deve-se considerar os custos de produção para extração e conservação da água-de-coco. No que diz respeito a receita deve-se considerar as vendas. Os dados devem ser obtidos junto a indústria processadora de água.

Desenvolvimento da Tecnologia: máquina extratora de água de coco

Nos custos de desenvolvimento da máquina extratora de água-de-coco, considerou-se os itens através da captação de recursos junto a FINEP (50%), SEBRAE (25%) e produtores (25 %). Com relação aos custos de pessoal da pesquisa os mesmos foram determinados com base nos salários, considerando os encargos, e tempo despendido por cada um dos componentes do projeto durante o período da pesquisa. Com relação a máquina, considerou-se o número de empregos diretos em uma unidade processadora com a capacidade diária de 15 mil cocos.

b) Impactos

Na tecnologia proposta, observou-se os impactos sobre o nível de emprego, que no presente caso, houve uma redução de 15 para 2 na extração de água. Esta situação, comprova que, em geral, uma nova tecnologia reduz o nível de emprego, no segmento onde a mesma é adotada. Por outro lado, a inovação tecnológica, geralmente, provoca uma expansão do nível de emprego em outros elos da cadeia (processamento, distribuição).

Com relação ao emprego indireto a relação 1:3 foi mantida, estimando-se, que será observada uma redução de 39 empregos indiretos. Entretanto, considerando-se o aumento do volume de água a ser oferecida no mercado, haverá reflexos na indústria de embalagens, aditivos, insumos e transporte elevando conseqüentemente a oferta de empregos. Ou seja, haverá um deslocamento da oferta de emprego do setor de extração de água para outros setores envolvidos com a nova tecnologia. A determinação dos impactos sob o ponto de vista quantitativo deverá ser realizada considerando a teoria do excedente econômico.

Do ponto de vista do produtor agrícola, o mesmo deverá modificar seu sistema de produção de modo a oferecer um produto de acordo com as exigências do mercado. Neste sentido, deve-se realizar uma consulta a nível de produtor, considerando os produtores que utilizam a tecnologia tradicional e a recomendada. Neste caso, deve-se verificar quais os impactos sobre o uso de insumos, mão-de-obra e renda dos mesmos ao usar a nova tecnologia. Se for conveniente, pode-se determinar os retornos a nível de produtor, considerando os custos entre as duas tecnologias. Neste caso, as taxas de retorno da pesquisa poderão ser de difícil mensuração, uma vez que não é rotina os pesquisadores utilizarem um sistema de produção completo. Nos demais segmentos (varejista e consumidor final), as análises deverão ser consideradas apenas no aspecto qualitativo, uma vez que é difícil uma avaliação quantitativa.

5.5.2.- Impactos Ambientais

Algumas agroindústrias, ao processar a matéria prima geram resíduos que se não forem tratados de modo adequado causam problemas ambientais. No caso da máquina extratora de água de coco, o principal resíduo gerado é a casca que corresponde a 85 % do peso do coco, equivalendo a 26 toneladas de casca por máquina por dia. Este resíduo sólido é constituído basicamente por matéria orgânica cujo tempo estimado para degradação é de, aproximadamente, oito anos. Em alguns centros urbanos, a disposição final deste resíduo tem se tornado um fator condicionante para a redução do consumo de coco in natura, uma vez que se observa um acúmulo excessivo deste material nos aterros sanitários.

Atualmente, pesquisas estão sendo desenvolvidas para aproveitamento da casca, principalmente, como substrato agrícola em função de sua estrutura física que proporciona alta porosidade, alto potencial de retenção de umidade e por ser biodegradável. Os resultados obtidos até o presente momento são animadores. Por outro lado, a casca do coco verde ao ser beneficiada adequadamente poderá ser utilizada na fabricação de tapetes. Estes usos alternativos além de solucionar um problema ambiental irão proporcionar a elevação do nível de emprego e renda para a população rural.

5.5.3.- Impactos Sociais

Na avaliação dos impactos sociais deverão ser enfatizados os aspectos de emprego, podendo ser ampliado o seu escopo para também analisar impactos sobre saúde e nutrição e a educação. A avaliação de outros tipos de impactos sociais com base em indicadores como aqueles mostrados no Anexo 5, ficará a critério de cada Unidade.

BIBLIOGRAFIA

- ABREU, F. P. **Extrator de água de coco verde**. Comunicado Técnico Embrapa Agroindústria Tropical. Nº 34, julho 1999, 5p.
- ABREU, F.P. **Extração mecanizada de água de coco verde**. Simpósio Avanços Tecnológicos da Agroindústria Tropical I., 1998, Fortaleza. Anais... Fortaleza: Embrapa CNPAT, 1998. p237-239.
- ABREU, F.P. **Extrator de água de cocos verdes**. Patente P19802950.

- AVILA, A.F.D.; QUIRINO, T.R.; CONTINI, E. & RECH, E.L. Social And Economic Impact Ex-Ante Evaluation of Embrapa's Biotechnology Research Products. Paper submitted to the **5th International Conference of the International Consortium on Agricultural Biotechnology Research (ICABR)** on "Biotechnology, Science and Modern Agriculture: a New Industry at the Dawn of the Century", Ravello (Italy), June 15-18, 2001.
- CASTRO, A. M.G; LIMA, S.M.V.; GOEDERT, W.; FEITAS FILHO, A. & VASCONCELOS, J.R.P. **Cadeias Produtivas e Sistema Naturais: Prospecção Tecnológica**. Brasília: Embrapa-SPI / Embrapa-DPD, 1998, 564p.
- Embrapa. **Casca de Coco Verde Testada como Substrato Agrícola**. Agroindústria Tropical, Fortaleza, Janeiro 2001 , nº 73
- FARINA, E.M.M.Q.; AZEVEDO, P.F. & SAES, M.S.M. **Competitividade: mercado, estado e organização**. São Paulo, Ed. Singular, 1997, 286p.
- HAGUENAUER, L. & PROCHNIK, V. **Identificação de cadeias produtivas e oportunidades de investimento no Nordeste do Brasil**. Fortaleza: Banco do Nordeste, 2000. 394p.
- KARLSSON, C. & WESTIN, L. Patterns of a network economy - na Introduction. In: JOHANSSON, B., KARLSSON, C., WESTIN, L. (Eds.) **Patterns of a network economy**, Alemanha, Springer-Verlag, 1994.
- PORTE, M.E. **A vantagem competitiva das nações**. São Paulo, Editora. Campus, 1998, 897p. (5ª edição)
- VIEIRA, R.C.M.T.; TEIXEIRA FILHO, A.R.; OLIVEIRA, A.J. & LOPES, M.R. (eds.) **Cadeias Produtivas no Brasil: Análise de Competitividade**. Embrapa. Fundação Getúlio Vargas. Brasília. Embrapa Comunicação para a Transferência / Embrapa Secretaria de Administração Estratégica. 2001, 469 p.
- WILLIAMSON, O. E. **The economic institutions of capitalism: firms, markets. Relational contracting**. New York, The Free Press, 1985, 449p.

6.- ESTRATÉGIA DE AÇÃO

Os trabalhos de avaliação de impacto se iniciarão efetivamente a partir do segundo semestre de 2001, de acordo com o seguinte cronograma de atividades:

Atividade	Responsável	Data
a) Realização de treinamento em avaliação de impacto para todos os gerentes de objetivo estratégicos de impacto das UD's (idem treinamento SAU).	SEA	Até 31/10/01
b) Seleção das tecnologias geradas e já adotadas e preparação para o processo de coleta de dados.	UD's	Até 31/10/01
c) Desenvolvimento e teste de um sistema integrado para coleta de dados sobre os impactos ex-post das tecnologias selecionadas Embrapa em todo o território nacional.	SEA e SNT	Até 31/12/01
c) Coleta de dados (interna) sobre os impactos econômicos, sociais ambientais das tecnologias selecionadas, gerados em 2001	UD's	Até 31/01/02
c) Elaboração do relatório de avaliação dos impactos gerados pelas tecnologias selecionadas, em 2001 (estudo preliminar e teste da metodologia)	UD's	Até 31/03/02
d) Avaliação dos estudos de impacto desenvolvidos pelos centros de pesquisa e informação às unidades dos resultados ("feed-back")	SEA e Embrapa Meio Ambiente	Até 30/06/02
e) Treinamento complementar das equipes envolvidas nos estudos de impacto	SEA e Embrapa Meio Ambiente	Até 30/10/02
f) Coleta de dados, em nível de campo, sobre os impactos anuais das tecnologias selecionadas (anos 2002 a 2004)	Unidades e Informantes qualificados	Anualmente (até 31/12)
g) Avaliação dos impactos econômicos, sociais e ambientais das tecnologias selecionadas, relativa aos anos de 2002 e 2003	UD's e SEA	2002 -- 31/03/03 2003- até 31/03/04
h) Avaliação final e agregada dos impactos econômicos, sociais e ambientais das tecnologias selecionadas, em nível de cada centro e da Embrapa (Período de 2000 a 2004)	UD's e SEA	Avaliação Final: até 31/12/2004

ANEXOS

**ANEXO 1 - ORIENTAÇÕES METODOLÓGICAS PARA ESTIMATIVA
DOS IMPACTOS ECONÔMICOS DAS TECNOLOGIAS EMBRAPA**

**ANEXO 2 - COLETA DE DADOS SOBRE IMPACTOS ECONÔMICOS,
SOCIAIS
E AMBIENTAIS DE TECNOLOGIAS EMBRAPA VIA
INFORMANTES QUALIFICADOS: ORIENTAÇÕES GERAIS**

**ANEXO 3 - AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS ECONÔMICOS, SOCIAIS
E AMBIENTAIS DAS TECNOLOGIAS GERADAS POR CENTROS
DE PRODUTO E ECORREGIONAIS: MODELO DE RELATÓRIO**

**ANEXO 4 - AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS ECONÔMICOS, SOCIAIS
E AMBIENTAIS DAS TECNOLOGIAS GERADAS RESULTADOS
GERADOS POR CENTROS TEMÁTICOS: MODELO DE RELATÓRIO**

**ANEXO 5 - AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS SOCIAIS DA PESQUISA
AGROPECUÁRIA: PROPOSTA DE INDICADORES**

**ANEXO 6 - MENSURAÇÃO DE IMPACTO SOCIAL DA PESQUISA
AGROPECUÁRIA DA EMBRAPA: PONTOS PARA REFLEXÃO**

**ANEXO 7 - METODOLOGIA PARA A AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS
SOCIAIS DA PESQUISA NA EMBRAPA: ENTREVISTAS**

**ANEXO 8 - AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL DA INOVAÇÃO
TECNOLÓGICA AGROPECUÁRIA**

ANEXO 1

ESTIMATIVA DOS IMPACTOS ECONÔMICOS DAS TECNOLOGIAS EMBRAPA

Dada a diferenciação entre os diversos tipos de impactos econômicos (incrementos de produtividade, redução de custos, expansão de área e agregação de valor) são propostas quatro diferentes tabelas para que os dados sejam coletados e os benefícios econômicos estimados.

A equipe de socioeconomia de cada centro de pesquisa envolvido preencherá as referidas tabelas com base em informações disponíveis no próprio centro (participação Embrapa, por exemplo) e naquelas obtidas pelos informantes qualificados (impacto econômico real, taxas de adoção, etc.). No caso do estudo inicial de auto-avaliação de 2001, os dados sobre adoção devem ser estimados com base em informações disponíveis na Unidade.

1.1.- Incrementos de Produtividade

Nas tabelas 3.1.1 e 3.1.2 devem ser incluídos os ganhos decorrentes do uso de tecnologias que geram incrementos de produtividade. É o caso, por exemplo, de novas cultivares. Deve-se atentar para o fato de que tais tecnologias, em geral, vem acompanhadas de aumentos nos custos de produção, comparativamente a tecnologia anteriormente em uso.

Tabela 1.1 – Ganhos Líquidos Unitários

Ano	Unidade de Medida -UM	Rendimento Anterior/UM (A)	Rendimento Atual/UM (B)	Preço Unitário - R\$/UM (C)	Custo Adicional - R\$/UM (D)	Ganho Unitário - R\$/UM $E = \{(B - A) \times C\} - D$
1999						
2000						
2001						
2002						
2003						

Tabela 1.2 – Benefícios Econômicos na Região

Ano	Participação Embrapa - % (F)	Ganho Líquido Embrapa - R\$/UM $G = (E \times F)/100$	Área de adoção: Unidade de Medida - UM	Área de Adoção: Quant. x UM (H)	Benefício Econômico - R\$ $I = (G \times H)$
1999					
2000					
2001					
2002					
2003					

2.- Redução de Custos

Devem ser incluídos nas tabela 2.1 e 2.2 os ganhos decorrentes do uso de tecnologias que geram redução nos custos de produção. As tecnologias de manejo integrado de pragas, controle biológico, etc. são exemplos de produtos Embrapa que devem ter seus impactos econômicos medidos usando-se tais tabelas.

Tabela 2.1 - Ganhos Unitários de Redução de Custos

Ano	Unidade de Medida - UM	Custo Anterior - Kg/UM (A)	Custo Atual - Kg/UM (B)	Economia Obtida - R\$/UM $C = (A - B)$
1999				
2000				
2001				
2002				
2003				

Tabela 2.2 - Benefícios Econômicos na Região

Ano	Participação Embrapa - % (D)	Ganho Líquido Embrapa - R\$/Kg $E = (C \times D)/100$	Área de adoção: Unidade de Medida - UM	Área de Adoção/UM (F)	Benefício Econômico - R\$ $G = (E \times F)$
1999					
2000					
2001					
2002					
2003					

3.- Expansão da Produção em Novas Áreas

Nas tabelas abaixo devem ser incluídos os ganhos resultantes do uso de tecnologias que possibilitaram a produção em áreas anteriormente impróprias ao cultivo por deficiência das tecnologias em uso.

Normalmente, neste caso, existia na área anteriormente usada uma outra cultura que deve ser levada em conta no cálculo da renda adicional líquida gerada. Este adicional ou incremento de renda deve ser calculado comparando-se a situação com a nova cultura ou inovação tecnológica com a atividade agrícola existente na região antes do uso da tecnologia Embrapa

Tabela 3.1 - Ganhos Unitários de Renda

Ano	Unidade de Medida - UM	Renda do Produto Anterior - R\$ (A)	Renda do Produto Atual - R\$ (B)	Renda Adicional Obtida - R\$ $C = (A - B)$
1999				
2000				
2001				
2002				
2003				

Tabela 3.2 - Benefícios Econômicos na Região

Ano	Participação Embrapa - % (D)	Ganho Líquido Embrapa - R\$/ UM $E = (C \times D)/100$	Área Expansão: Unidade de Medida - UM	Área Expansão Quant./UM (F)	Benefício Econômico - R\$ $G = (E \times F)$
1999					
2000					
2001					
2002					
2003					

4 - Agregação de Valor

Inclua nas tabelas 4.1 e 4.2 os ganhos que são obtidos pelo uso de tecnologias que agregam valor a produtos anteriormente produzidos. É o caso, por exemplo, da adoção de tecnologia de processamento (agroindustrialização) de determinado produto (acréscimos de renda não obtidos com o uso da tecnologia anterior - venda do produto "in natura").

Tabela 4.1 - Ganhos Unitários de Renda por Agregação de Valor

Ano	Unidade de Medida - UM	Renda com Produto s/ Agregação - R\$/ UM (A)	Renda com Produto c/ Agregação - R\$/ UM (B)	Renda Adicional Obtida (*) - R\$ $C = (A - B)$
1999				
2000				
2001				
2002				
2003				

(*) - Este incremento deve ser calculado comparando-se a situação da renda do produtor obtida sem o produto processado (situação anterior), por exemplo, com a nova renda obtida com o produto processado (situação atual)

Tabela 4.2 - Benefícios Econômicos na Região

Ano	Participação Embrapa - % (D)	Ganho Líquido Embrapa - R\$/ UM $E = (C \times D)/100$	Unidade de Medida - UM	Área de Expansão/UM (F)	Benefício Econômico - R\$ $G = (E \times F)$
1999					
2000					
2001					
2002					
2003					

Ao final do processo de análise dos dados coletados pelos informantes, ao nível de cada centro de pesquisa, os resultados serão enviados a SEA para fins de consolidação e uso no SAU, MGE e Balanço Social.

ANEXO 2

COLETA DE DADOS SOBRE IMPACTOS ECONÔMICOS, SOCIAIS E AMBIENTAIS DE TECNOLOGIAS EMBRAPA VIA INFORMANTES QUALIFICADOS: ORIENTAÇÕES GERAIS

A larga experiência da Embrapa na realização de estudos de impacto sempre se defrontou com o problema da qualidade dos dados sobre os impactos reais das tecnologias geradas, bem como de suas respectivas taxas de adoção. Os centros de pesquisa da empresa não tem um serviço de “pós-venda” que colete informações sobre os impactos de suas tecnologias e que permita subsidiar as equipes de socioeconomia no desenvolvimento de tais estudos.

Por outro lado, a proposta a ser adotada prevê o levantamento de outros impactos (sociais e ambientais), além dos econômicos, bem como estará vinculada a um processo de avaliação e premiação por resultados que envolve todas as unidades descentralizadas. Além disso, os processos anteriores foram conduzidos diretamente pelas unidades o que provoca vieses na estimação de benefícios nas avaliações.

Face ao exposto, e visando minimizar os problemas de sobre ou subestimação de benefícios econômicos que marcaram os estudos anteriores e que inviabilizariam o seu uso, especialmente num processo de avaliação, foi proposto e aprovado pela Presidência uma sistemática nacional e centralizada de coleta de dados, num trabalho a ser articulado pela SEA, SNT e centros de pesquisa. Tal sistemática visa também evitar que os usuários de tecnologias da Embrapa sejam sobrecarregados por questionários, entrevistas, etc., que certamente ocorreria caso se optasse por um processo descentralizados de coleta de dados. A seguir são apresentadas as linhas gerais que deverão orientar esta nova sistemática de coleta de dados.

Informantes qualificados

O SNT, em articulação com a SEA e os centros de pesquisa, deverá selecionar um grupo de 100 a 200 pessoas, localizadas nas mais distintas regiões de produção e de adoção de tecnologias Embrapa, para que, periodicamente, informem os níveis de adoção e os impactos econômicos, sociais e ambientais de tais tecnologias nas suas respectivas regiões. Para esta seleção o SNT usará informações que estão sendo obtidas de um levantamento em curso sobre “Quem é quem” na transferência de tecnologia no Brasil.

Os informantes qualificados terão um contrato com a Embrapa válido por 3 (três) anos, mas podendo ser cancelado com base no processo de monitoramento a ser instalado, com a colaboração dos centros de pesquisa localizados na região. Os informantes receberão um “pro-labore” da Embrapa, que incluirá uma parcela de recursos para cobrir despesas com visitas e entrevistas nas respectivas regiões de influência.

Questionário

Será elaborado e testado um questionário sintético a ser usado pelo informante qualificado para obter informações sobre os impactos de cada tecnologia. Tal questionário será padrão para todas as tecnologias, mas terá uma parte inicial com a descrição de cada uma delas e de seus impactos potenciais, na visão do centro de pesquisa que a gerou. Da mesma forma, o centro deverá fornecer para inclusão no anexo de tal questionário um fluxograma da cadeia do produto em que a tecnologia sob avaliação está sendo usada, com a indicação dos segmentos onde a tecnologia está impactando.

No tocante a parte do questionário para coleta de dados sobre impactos esta será montada com base na metodologia apresentada neste documento, abrangendo as três áreas de impacto. Procurar-se-á sintetizá-lo de forma a minimizar o número de questões ou tabelas.

Internet

Os questionários, com todas as tecnologias selecionadas (em torno de 100), será disponibilizado na Internet para acesso exclusivo dos informantes. O Departamento de Tecnologia da Informação (DTI) desenvolverá o aplicativo com o questionário de coleta de dados e tomará as demais providências visando a operacionalização desta nova sistemática.

Os informantes qualificados terão uma senha de acesso aos questionários tão logo assinem seus respectivos contratos com a Embrapa

Uso dos Dados

Os informantes qualificados serão responsáveis apenas pela coleta dos dados, assim como a SEA e o SNT coordenarão o processo visando assegurar que todos informem os impactos de acordo com o estabelecido. Portanto, os dados coletados serão analisados pelas próprias unidades envolvidas.

Caberá ainda às unidades analisar os dados e dar “feed-back” à SEA e ao SNT sobre a qualidade dos mesmos, bem como informar sobre eventuais problemas.

ANEXO 3

AValiação dos Impactos Econômicos, Sociais e Ambientais das Tecnologias Geradas por Centros de Produto e Ecorregionais: Modelo de Relatório

O relatório anual de avaliação dos impactos econômicos, sociais e ambientais de cada uma das tecnologias desenvolvidas pelas unidades de pesquisa da Embrapa e selecionadas conforme orientação dada pela SEA (Avila, 2001), será feita anualmente e via Intranet, de acordo com o roteiro abaixo. Tal roteiro se aplica mais diretamente às tecnologias aplicadas, geradas em centros nacionais de produto e ecorregionais. No caso dos centros temáticos, use o roteiro do Anexo 4.

1.- IDENTIFICAÇÃO DA TECNOLOGIA

1.1. - Nome/Título

1.2. - Descrição Sucinta

1.3. - Ano de Lançamento

1.4. - Ano de Início da Adoção (Início)

1.5. - Abrangência

1.6. - Beneficiários

2.- ANÁLISE DA CADEIA E IDENTIFICAÇÃO DOS IMPACTOS

Análise sucinta da cadeia produtiva em que se insere a tecnologia: caracterização do complexo agroindustrial e dos ambientes organizacional e institucional, bem como identificação dos impactos detectados nos principais segmentos ou componentes da cadeia (produtores de insumos, produtores rurais, processamento, distribuição e consumo). No caso de tecnologia não voltada diretamente a uma determinada cadeia produtiva (caso de tecnologias de centros temáticos, por exemplo), esta análise deve se limitar a uma identificação de tais impactos

Use o campo texto abaixo para analisar os impactos econômicos estimados de acordo com o proposto no Anexo I. Faça tal análise no contexto da cadeia produtiva, quando for caso.

4.- AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS SOCIAIS

A avaliação dos impactos sociais de cada uma das tecnologias desenvolvidas pelas unidades de pesquisa da Embrapa e selecionadas, conforme orientação dada no capítulo 3 do documento de referência metodológica, será feita anualmente e será centrada, principalmente nos impactos sobre o emprego. Se houver disponibilidade de recursos humanos e financeiros e na ausência de impactos sobre o emprego, o responsável pela avaliação deverá identificar e analisar os impactos em outras áreas como a saúde e nutrição e a educação.

4.1 - Impactos sobre o Emprego

Análise os impactos sobre o emprego, com base numa quantificação e qualificação do emprego de mão-de-obra antes e depois da adoção da tecnologia. Tais impactos devem ser analisados tanto em **termos quantitativos** (número de empregos gerados), quanto do ponto de vista do gênero, **origem e qualificação** da mão-de-obra empregada ou liberada com a adoção da inovação. **Em tal processo** devem ser usados dados secundários (IBGE, censos, PNAD, etc.), bem como dados primários sobre **estimativas de impactos**

(alterações nos coeficientes técnicos de custos de produção, por exemplo), seja nos sistemas de produção, seja em outros segmentos da cadeia produtiva (processamento agroindustrial, distribuição, etc.). Use o campo texto abaixo para descrever e analisar tais impactos sociais.

--

4.2 - Outros Tipos de Impacto Social

Caso a tecnologia não gere impactos sobre o emprego ou haja disponibilidade de recursos, a equipe envolvida deverá ampliar as análises para outros tipos de impacto. Neste caso recomenda-se, prioritariamente, a análise dos impactos na saúde e nutrição e na educação. Como no caso de emprego, a análise deve incluir, tanto os impactos passíveis de mensuração (quantitativos), quanto aqueles não-mensuráveis (qualitativos), mas que são considerados como decorrentes do uso da tecnologia sob avaliação. A análise destes outros impactos não é obrigatória.

--

5.- AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS

A avaliação dos impactos ambientais da tecnologia selecionada será feita anualmente com base num modelo de avaliação desenvolvido pela Embrapa Meio Ambiente. Tal modelo, denominado “Sistema de Avaliação de Impacto Ambiental da Inovação Tecnológica Agropecuária (AMBITEC-AGRO)”, baseia-se num conjunto de indicadores e componentes envolvendo quatro aspectos de caracterização do impacto ambiental – alcance da tecnologia (abrangência e influência), eficiência tecnológica, conservação ambiental e recuperação ambiental. Maiores detalhes sobre este critério de avaliação de impacto devem ser obtidos no capítulo 4 do documento de referência metodológica.

5.1.- Alcance da Tecnologia

O alcance da tecnologia expressa a escala na qual esta influencia o produto e é definido pela *abrangência* (área total cultivada com o produto – em hectares) e a *influência* (porcentagem desta área à qual a tecnologia se aplica). Este é um aspecto geral da tecnologia, independente do seu uso local, portanto não está incluído nas matrizes de avaliação e deve ser obtido a partir de informações do projeto de desenvolvimento tecnológico.

--

5.2.- Eficiência Tecnológica

A eficiência tecnológica refere-se à contribuição da tecnologia para a redução da dependência do uso de insumos, sejam estes insumos tecnológicos ou naturais. Os indicadores de eficiência tecnológica são: uso de agroquímicos, uso de energia e uso de recursos naturais.

--

5.3.- Conservação Ambiental

A contribuição da tecnologia para a conservação ambiental é avaliada segundo o seu efeito na qualidade dos compartimentos do ambiente, ou seja, atmosfera, capacidade produtiva do solo, água e biodiversidade.

--

5.4.- Recuperação Ambiental

A recuperação ambiental inclui-se no sistema de avaliação de impacto ambiental devido ao estado de degradação presentemente observado, praticamente, na totalidade das regiões agrícolas do país, impondo que o resgate desse passivo ambiental deva ser uma prioridade de todos os processos de inovação tecnológica agropecuária. Este aspecto da avaliação refere-se à efetiva contribuição da inovação para a recuperação na propriedade das áreas de gradadas, das áreas de preservação permanente e das áreas de mananciais

--

5.5.- Índice de Impacto Ambiental

Faça uma análise dos impactos ambientais da tecnologia tomando por base tanto os índices calculados em termos de eficiência, conservação e recuperação ambiental bem como o índice de impacto ambiental proposto pela Embrapa Meio Ambiente. Tal índice é detalhado no manual do sistema de avaliação de impacto ambiental da inovação tecnológica agropecuária (AMBITEC - AGRO), e que é um dos integrantes da metodologia de referência usada pela empresa para avaliar os impactos econômicos, sociais e ambientais de suas tecnologias.

--

6.- ANÁLISE DOS IMPACTOS SOBRE O CONHECIMENTO

A avaliação dos impactos sobre o estoque de conhecimentos da Embrapa, da área de pesquisa e do país. Os impactos dos resultados gerados pelo centro temático sobre o conhecimento devem ser apresentados de forma comparativa, mostrando os avanços relativamente a situação ou práticas anteriores.

7.- AVALIAÇÃO INTEGRADA DOS IMPACTOS GERADOS

Dados os resultados obtidos nas avaliações dos diversos tipos de impactos identificados e analisados na seção anterior, deve ser feita uma análise final integrando todos os impactos da tecnologia em questão. Para tanto, tome com referência o proposto no Capítulo 5 da referência metodológica elaborada pela SEA (Avila, 2001) e a descrição da cadeia apresentada na seção 2 deste roteiro.

Apresente nesta seção as principais conclusões do trabalho, destacando os principais impactos constatados no ano e, na medida do possível, comparando com o ano anterior.

9.- EQUIPE RESPONSÁVEL

Informe os nomes dos membros da equipe responsável pela elaboração do informe indicando o papel de cada um (tipo de avaliação ou item do relatório).

Nome completo	Papel principal

ANEXO 4

AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS ECONÔMICOS, SOCIAIS E AMBIENTAIS DOS RESULTADOS GERADOS POR CENTROS TEMÁTICOS: MODELO DE RELATÓRIO

Para a elaboração do relatório anual de avaliação dos impactos econômicos, sociais e ambientais de cada um dos resultados selecionados pelos centros temáticos deverá ser usado o seguinte roteiro abaixo. Tal relatório será elaborado via Intranet, usando o aplicativo SISPAT.

1.- IDENTIFICAÇÃO DO RESULTADO

1.1.- Nome/Título

1.2.- Descrição Sucinta

1.3.- Ano de Lançamento

1.4. Ano de Adoção (Início)

1.5.- Público Alvo (Beneficiários)

2.- ANÁLISE DOS IMPACTOS ECONÔMICOS

Use o campo texto abaixo para analisar os impactos econômicos estimados de acordo com o proposto no Anexo 1. Faça tal análise com base em evidências obtidas pela Unidades de que o resultado está sendo efetivamente usado ou incorporado em tecnologia (s) gerada (s) por outros centros. A quantificação deve ser buscada, mas não será obrigatória.

3.- ANÁLISE DOS IMPACTOS SOCIAIS

A análise dos impactos sociais do resultado gerado pelo centro temático, selecionado entre aqueles que se dispõe de evidências de que estão sendo usados, deve ser feita com base em indicadores apresentados no capítulo 3 deste documento. Deve ser dada ênfase a análise dos impactos sobre o emprego ou sobre a saúde e nutrição, se for o caso.

--

4.- ANÁLISE DOS IMPACTOS AMBIENTAIS

A análise dos impactos ambientais dos resultados dos centros temáticos devem seguir as mesmas instruções das demais dimensões: apresentar evidências de que o resultado está sendo usado e que isto está causando efeitos no meio ambiente. Use como referência metodológica a orientação dada no Capítulo 4 deste documento.

--

5.- ANÁLISE DOS IMPACTOS SOBRE O CONHECIMENTO

A avaliação dos impactos sobre o estoque de conhecimentos da Embrapa, da área de pesquisa e do país. Os impactos dos resultados gerados pelo centro temático sobre o conhecimento devem ser apresentados de forma comparativa, mostrando os avanços relativamente a situação ou práticas anteriores.

--

6.- AVALIAÇÃO INTEGRADA DOS IMPACTOS GERADOS

Dados os resultados obtidos nas avaliações dos diversos tipos de impactos identificados e analisados na seção anterior, deve ser feita uma análise final integrando todos os impactos do resultado em questão. Para tanto, tome como referência para tal análise o proposto no Capítulo 5 deste documento.

--

7.- CONCLUSÕES

Apresente nesta seção as principais conclusões do trabalho, destacando os principais impactos constatados no ano e, na medida do possível, comparando com a situação anterior, sem o uso do resultado.

--

ANEXO 5

AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS SOCIAIS DA PESQUISA AGROPECUÁRIA: PROPOSTA DE INDICADORES⁹

Macêdo & Yeganiantz (2000) sugerem que os impactos sociais da pesquisa agropecuária sejam avaliados levando em conta um conjunto de indicadores, vinculados a determinadas aspectos, tais como emprego, saúde e nutrição, educação, desequilíbrios regionais, informalidade, gênero, desigualdades de renda, segurança e ética. A seguir, apresenta-se uma síntese de cada um dos indicadores sugeridos pelos referidos autores para serem analisados no contexto da avaliação de impacto social da pesquisa agropecuária.

Vale ressaltar que, conforme já destacado no item 5.5.3, na avaliação de impacto social, a ser conduzida no contexto do MGE, **deverão ser priorizados os estudos com três primeiros indicadores propostos por Macêdo e Yeganiantz, ou seja, emprego, saúde e nutrição e educação.**

Emprego

Impacto de novas tecnologias na criação, aumento, diminuição e eliminação de empregos tanto em tempo parcial e integral quanto a sua sazonalidade deve ser considerado. Isto inclui emprego de menores, idosos e mulheres por categorias de preparo e treinamento técnico. Ademais, será considerada a complementaridade entre o emprego agrícola e não-agrícola no meio rural e urbano, incluindo o caso do emprego de tempo parcial, e os efeitos da sazonalidade do emprego agrícola e as oportunidades de emprego não-agrícola, típicas dos períodos de atividades agrícolas intensivas e absorvedoras de mão-de-obra temporária.

Saúde e Nutrição

As novas tecnologias devem ser avaliadas em termos dos impactos na saúde, com relação aos produtores, consumidores e outros participantes da cadeia alimentar. Estes impactos devem considerar a segurança alimentar, biosegurança, melhoramento da dieta, cultivo de hortas domésticas, uso de plantas medicinais, corretivos, defensivos e outros fatores relacionados com o bem-estar, inclusive o impacto sobre o meio-ambiente e as implicações na saúde, no longo prazo.

⁹ - Texto extraído do trabalho elaborado por Macêdo, M.M.C. & Yeganiantz, L. "Avaliação de Impacto Social de Pesquisa Agropecuária: A Busca de uma Metodologia Baseada em Indicadores", Brasília, Embrapa/SEA, Dezembro 2000. Para maiores detalhes sobre a proposta e justificativa dos indicadores sugeridos, recomendamos a leitura do trabalho completo.

O impacto em relação a saúde, é também verificado no processo de produção agropecuária através da utilização de agrotóxicos nos sistemas de produção. O que se observa neste contexto são trabalhadores com baixo nível de escolaridade e outros grupos vulneráveis, como a mão-de-obra infantil, mulheres grávidas e idosos manusearem perigosamente estes venenos. Efeitos residuais no solo e na água também devem ser considerados.

Educação

Algumas tecnologias criam oportunidades para treinar a população rural e prepará-los para empregos não-agrícolas, por exemplo, a mecanização agrícola, que desde a idade jovem, ensinam os agricultores a cuidar e manter o maquinário em perfeito estado, e assim eles adquirem uma nova profissão (mecânicos) e mais tarde, podem ser transformados em emprego no setor agrícola, além disso os agricultores podem criar empregos em tempo parcial através da terceirização de serviços como a colheita mecânica e o preparo do solo. Isso também se aplica as atividades da construção civil (pedreiros e serventes) tanto no setor agrícola como no não-agrícola. O avanço da informática (telemática) aplicada à agricultura criam habilidades laborais como a oferta de serviços (contabilidade e serviços bancários e declaração de imposto de renda e outros impostos) nos países desenvolvidos e nas atividades mais avançadas da agropecuária nos países em desenvolvimento.

Desequilíbrios (Desigualdades) Regionais

Analisar as desigualdades regionais no desenvolvimento científico-tecnológico e o impacto de novas tecnologias a nível regional não deve recair em raciocínio simplista. O importante é analisar o impacto diferenciado das novas tecnologias para identificar vantagens comparativas, não só a nível nacional, mas também, a nível regional e orientar a alocação de recursos para a pesquisa, no sentido de combater essas desigualdades.

Se a ciência e a tecnologia pode e deve ser entendida como um instrumento fundamental no âmbito das políticas públicas que poderão ajudar a diminuir as diferenças regionais, ela só terá eficácia, se tiver uma relação horizontal e uma interlocução forte com o conjunto das políticas públicas nacionais e regionais. Tem-se realizados encontros regionais buscando construir instrumentos para responder as questões das diferenças regionais, considerando suas particularidades e vocações.

Informalidade (Economias Populares)

O Setor informal caracteriza-se como um setor não reconhecido e não oficial. Ele aparece junto com o desenvolvimento das leis de cunho social e com a implantação de um imposto para as sociedades, como sendo um meio de contornar essa legislação. A pesquisa de novas tecnologias pode contribuir para a formalização (economia formal), como para informalização (economia informal, mercado paralelo e mercado negro, dentre outros) da atividade econômica. Isso envolve empregos formal e informal, nas atividades do meio rural. As novas tecnologias podem contribuir, também, de forma diferenciada

para o crescimento desses setores, às vezes privilegiando o setor formal e às vezes incentivando a informalização das atividades produtivas.

É importante estimar e manter atualizado a relação entre o emprego formal e o informal na agricultura e identificar tecnologias que tenham capacidade de contribuir aos dois modos de ocupação da mão-de-obra. Neste contexto, sabe-se que determinadas tecnologias como agricultura de precisão irá contribuir para a formalização do negócio agrícola.

Gênero

As novas tecnologias podem afetar a feminilização da pobreza, principalmente o crescimento dos serviços como o agroturismo, artesanato, produção caseira de alimentos, tanto em forma natural como processada, a criação de pequenos animais, como frango caipira, todos favorecem a geração de empregos para mulheres tanto na produção como na comercialização dos seus produtos e subprodutos.

Empatia com a Problemática Social

A avaliação do impacto social da pesquisa cria uma maior sensibilidade e responsabilidade por parte dos pesquisadores, dos próprios produtores, dos tomadores de decisão relacionados com a política agrícola e de outros atores envolvidos com a agricultura na sociedade. Assim, os impactos positivos e negativos da tecnologia ficam destacados juntamente com os aspectos tecnológicos e econômicos e demonstram desta forma o conflito entre os imperativos técnicos e econômicos da competitividade e da eficiência em relação aos imperativos éticos da equidade e justiça econômica.

Diminuição das Desigualdades

Algumas tecnologias têm capacidade de concentrar e excluir algumas camadas da população da atividade produtiva. Outras, pelo contrário, podem resultar na inclusão e diminuição das desigualdades e fomentar melhorias na distribuição de renda, substituindo a exploração pela parceria com benefícios mútuos entre grupos mais abastados e os menos favorecidos.

A produção de biomassa, além de aumentar o número de emprego, também tem capacidade de diminuir a concentração de renda, inclusive em nível mundial. Atualmente, a alta dependência aos produtores e exportadores de petróleo, seja pelos países desenvolvidos, ou pelo grande número de países em desenvolvimento que não possuem jazidas de petróleo.

Neste contexto, o desenvolvimento de fontes alternativas de energia gera emprego e renda e diminui a vulnerabilidade dos países importadores de petróleo em relação ao aumento do preço do mesmo. Em nível nacional diversas unidades de pesquisa estão desenvolvendo parcerias com Incra, MST, cooperativas e organizações não-governamentais para fins de transferência de tecnologia.

Incentivos à Cooperação, à Integração e à Solidariedade

Algumas tecnologias têm capacidade de formar ambientes adequados para a organização de cooperativas, parcerias, adoção nos assentamentos de reforma agrária, a exemplo das tecnologias de armazenagem, hortas comunitárias e comercialização conjunta dentre outras.

Na ciência e tecnologia o princípio da integração entre países por meio de cooperação técnica é imperativo sob pena das nações não poderem vencer os desafios que têm a enfrentar.

Implicações Relacionadas com a Segurança

Algumas tecnologias podem interferir na problemática dos furtos e roubos no meio rural, a exemplo das cercas com materiais especiais, sistema de comunicação (rádios e telefones), sendo que outras tecnologias ainda podem causar perigos de raios e descargas elétricas, queimadas, enchentes e segurança dos transportes, dentre outros.

Ao mesmo tempo as questões relacionadas ao plantio e tráfico de plantas entorpecentes e a necessidade de se oferecer alternativas de sobrevivência aos produtores, também constitui um grande desafio das organizações de pesquisa agropecuária no sentido de oferecer opções tecnológicas objetivando a problemática da segurança pública.

Pluralismo Tecnológico

Para Sachs (1986) o pluralismo tecnológico é a estratégia mais convincente, envolvendo tanto a tradicional tecnologia de mão-de-obra intensiva como a de capital intensivo. Em outras palavras, a necessidade de alocação de expressivos investimentos em função de novas tecnologias pode prejudicar em nome da eficiência, o emprego e a renda dos agricultores familiares e ao mesmo favorecer o abastecimento de alimentos baratos para os consumidores. Assim a negação da uniformização tecnológica respeitando a diversidade cultural e regional dos diferentes padrões de consumo apresenta-se como um parâmetro social a ser investigado e se possível mensurado para fins de avaliação do impacto social da pesquisa agropecuária. Como exemplo, um parâmetro a ser investigado é a relação entre o custo fixo e o custo variável para o caso de novas tecnologias.

Otimismo Tecnológico

Este constitui-se em um constructo de difícil mensuração, inclusive pelo emprego da sociometria. Ele presume o otimismo tecnológico irrestrito, segundo o qual a sociedade encontra sempre uma solução técnica para os problemas sociais e ecológicos por mais difíceis que possam parecer (Layrargues, 1997, p. 8). Como ilustração, tem-se a metodologia da prospecção científica (*science foresight*) que identifica o provável período de disponibilidades de novas descobertas que podem ter impacto nas tecnologias a ser geradas e a sua dinâmica de pesquisa e desenvolvimento no futuro.

O otimismo tecnológico na verdade é mais um problema dos pesquisadores de cada ramo do conhecimento do que das pessoas a serem afetadas pelas novas descobertas da ciência. Muitas vezes, os cientistas presumem que os impactos negativos das suas investigações serão solucionados por outros cientistas da área social, política e administrativa.

As novas fronteiras do conhecimento como a agricultura de precisão e a engenharia genética, (transgênico e clonagem) estão sendo investigados para fins de biossegurança, tentando com isto, acompanhar a comunidade científica internacional em termos de novos conhecimentos científicos para relacionar com outros indicadores de impacto social aqui discutidos, a exemplo de saúde, ética, emprego, dependência tecnológica, dentre outros no contexto da agropecuária brasileira.

Resolução de Conflitos

Encorajar através das relações simbióticas e complementares de novas tecnologias, da colaboração de classes sociais e evitar a ruptura social entre pequenos e grandes agricultores e do capital e do trabalho em geral é um dos desafios da pesquisa. A avaliação sócio-econômica dos impactos da pesquisa tradicionalmente limitou-se aos aumentos lineares da produtividade e da maximização dos lucros

De outro modo, a avaliação social dos mesmos impactos, não está desenhada para ser utilizada neste sentido restritivo. A utilização do zoneamento agroecológico, por exemplo, auxilia na titulação de terras e com isto reduz a violência no campo

Combate aos Desperdícios

A pesquisa tem gerado tecnologias de manejo, transporte, armazenamento e embalagem que permitam o completo aproveitamento da produção. É inadmissível e eticamente inaceitável que um País consolide práticas que levem ao desperdício mais de 30% da produção agrícola, enquanto milhões de pessoas vivem em condições indignas de sobrevivência. Portanto, é indispensável o uso de tecnologias de produção associado a novas práticas de manejo, transporte e armazenamento, como forma de combate aos desperdícios.

Independência Tecnológica

Segundo algumas autoridades em ciência e tecnologia, ao setor produtivo parece ser mais fácil e mais barato buscar tecnologia no exterior para aumentar a qualidade de seus produtos e serviços e portanto aumentar a produtividade e os seus lucros, em detrimento de um investimento consistente em pesquisa nacional. Assim existe um desafio relacionado à independência tecnológica relativo à parceria entre os interesses da iniciativa privada e da pesquisa pública. Nesta perspectiva requer-se um desenvolvimento tecnológico endógeno que estruture os setores produtivos locais, os setores estratégicos e

demandantes de conhecimento e inteligência, buscando a geração de empregos, renda e melhora da qualidade de vida na sociedade.

É evidente que tem que se fazer um grande esforço de aproximar os setores da inteligência com o produtivo. E mais do que isto: é cada vez mais necessário que o setor privado invista em pesquisa e desenvolvimento. Como resultado, do ponto de vista social, as tecnologias podem ser avaliadas em relação ao seu impacto em relação à dependência e independência tecnológica. Muitas vezes isto será analisado no contexto de parcerias entre pesquisa pública e demanda pelo setor privado.

A pesquisa agropecuária brasileira busca contribuir para resolver os problemas sociais, como a fome, subnutrição, desigualdade e danos ambientais. Assim como promover um salto qualitativo na produção de conhecimentos, incorporando os avanços existentes no mundo de acordo com os interesses nacionais, fortalecendo desta forma a independência tecnológica do País. Além disso, visa promover e agilizar a transferência das informações, diminuindo o tempo entre a geração e a adoção de tecnologia.

Considerações Éticas

A avaliação social é também articulada por um discurso ético que analisa o processo produtivo diante dos valores construídos do bem e do mau. De acordo com a ética profissional, há um constante compromisso com a verdade e com a intercompreensão dos atores que se relacionam na situação investigada. Os resultados de pesquisa não devem ser utilizados para fins particulares e os relacionamentos requerem um espaço de discussão democrática, sem *a priori* ou doutrinas aos quais todos os participantes deveriam conformar-se.

Macêdo & Yeganiantz (2000) citam alguns dilemas éticos que possuem impactos sociais e em alguns casos estão relacionados às novas tecnologias geradas as quais podem contribuir para a reconciliação destes dilemas e também servir de indicadores para a identificação dos perfis sociais destas mesmas tecnologias. Estes dilemas são possíveis de se tornarem indicadores de política agrícola, e limites éticos que servem de referência ao controle das soluções de mercado e maximização dos lucros no contexto da desejada mudança social e da proteção do meio ambiente.

A seguir, é apresentado um modelo de questionário para se levantar os dados sobre os indicadores de emprego, educação e saúde e nutrição, priorizados nesta proposta. Para maiores detalhes sobre outros indicadores, consultar a proposta completa dos autores Macêdo & Yeganiantz (2000)

PROPOSTA DE QUESTIONÁRIO
IDENTIFICAÇÃO E MENSURAÇÃO DO PERFIL SOCIAL DA TECNOLOGIA
PERFIL SOCIAL DA TECNOLOGIA

1.- IDENTIFICAÇÃO DA TECNOLOGIA

1.1.- Nome/Título

--

2.- IMPACTOS SOCIAIS

2.1.- IMPACTO SOBRE O EMPREGO

2.1.1.- Tipo de Emprego

- | | | | |
|----------------------------------|----------------|----------------|------------------|
| a) <u>Tempo Integral</u> : | Aumenta () | Diminui () | Não afeta () |
| b) <u>Tempo Parcial</u> : | Aumenta () | Diminui () | Não afeta () |
| c) <u>Emprego Sazonal</u> : | Aumenta () | Diminui () | Não afeta () |
| d) <u>Emprego Não-agrícola</u> : | Aumenta () | Diminui () | Não afeta () |

2.1.2.- Emprego *versus* Gênero

Homens:	Aumenta ()	Diminui ()	Não afeta ()
Mulheres:	Aumenta ()	Diminui ()	Não afeta ()
Crianças:	Aumenta ()	Diminui ()	Não afeta ()
Idosos:	Aumenta ()	Diminui ()	Não afeta ()

2.1.3. Impactos Sociais

a) Resultados que podem ser dimensionados

--

b) Resultados qualitativos:

--

2.2. IMPACTO SOBRE A SAÚDE

2.2.1. Impacto Direto

- | | | | |
|------------------------------|-------------|-----------|---------------|
| a) População Urbana: | Melhora () | Piora () | Não afeta () |
| b) População Rural: | Melhora () | Piora () | Não afeta () |
| c) População em Geral: | Melhora () | Piora () | Não afeta () |
| d) População de Alta Renda: | Melhora () | Piora () | Não afeta () |
| e) População de Baixa Renda: | Melhora () | Piora () | Não afeta () |

2.2.2. Impacto Indireto

a) Alimentação

- | | | | |
|-------------------------|-------------|-----------|---------------|
| Balanço Calórico: | Melhora () | Piora () | Não afeta () |
| Qualidade de Proteínas: | Melhora () | Piora () | Não afeta () |
| Vitaminas e Minerais: | Melhora () | Piora () | Não afeta () |

b) Meio Ambiente

- | | | | |
|-------|-------------|-----------|---------------|
| Solo: | Melhora () | Piora () | Não afeta () |
| Air: | Melhora () | Piora () | Não afeta () |
| Água: | Melhora () | Piora () | Não afeta () |

2.2.3. Impactos Sociais

a) Resultados que podem ser dimensionados

--

b) Resultados qualitativos

--

ANEXO 6

MENSURAÇÃO DE IMPACTO SOCIAL DA PESQUISA AGROPECUÁRIA DA EMBRAPA: PONTOS PARA REFLEXÃO

Tarcízio R. Quirino
Manoel Moacir C. Macêdo

1. A ESTRATÉGIA DE PESQUISA

A estratégia de pesquisa envolve o processo de coleta e análise dos dados. Ou seja, o pesquisador mostra como será efetuada a pesquisa e como os dados serão coletados e analisados, procurando seguir as regras do método científico. Ademais, é necessário que seja justificada a necessidade de realizar o estudo, explicitando os argumentos sobre o interesse e importância da pesquisa. A pesquisa pode ser tipificada de duas formas: quanto aos fins e quanto aos meios. No caso em apreço, no que se refere aos fins, trata-se de uma pesquisa exploratória. E quanto aos meios, trata-se de um estudo de caso. É importante afirmar que esses tipos de pesquisa não são mutuamente excludentes. Uma pesquisa pode ser, ao mesmo tempo, bibliográfica, estudo de caso, descritiva e documental.

2. O ESTUDO DE CASOS

Estudo de caso é o estudo circunscrito a uma ou poucas unidades, entendidas como uma pessoa, uma família, um produto, uma empresa, um órgão público, uma comunidade ou mesmo um país. É uma estratégia de pesquisa que se compõe de múltiplas fontes de evidências e tem profundidade e detalhamento. O estudo de caso é uma das diversas maneiras de se efetuar pesquisa em ciência social. Ele busca investigar os fenômenos contemporâneos dentro do contexto da vida real, onde os limites entre o fenômeno e o contexto não são claramente evidentes. Como estratégia de coleta de dados no estudo de caso, tem-se os experimentos, os *surveys*, o método histórico e as análises de arquivos. Normalmente, o estudo de caso é empregado quando se deseja saber “como” ou “por quê” e quando o pesquisador tem pouco controle sobre os eventos. Finalmente, consideram-se no estudo de caso os seguintes componentes no desenho da pesquisa: - as questões de pesquisa, as proposições, as unidades de análises, a relação lógica entre os dados e as proposições e os critérios de análise e interpretação dos dados.

3. A GERAÇÃO E DIFUSÃO DE TECNOLOGIA AGROPECUÁRIA

A geração, difusão e adoção de tecnologia é um processo social, complexo e unitário, embora os estudos convencionais sobre tecnologia agropecuária, têm versado sobre as questões referentes à difusão e adoção de tecnologia. A teoria *behaviourista* é o referencial teórico dominante nesses estudos, ou seja, a adoção de inovações tecnológicas pelos produtores rurais depende exclusivamente do processo de comunicação entre a fonte geradora da tecnologia e os possíveis receptores (os mecanismos de

condicionamento caracterizados pelo estímulo e resposta). A fonte gera a tecnologia, e os receptores decidem no plano individual e comportamental, aceitá-la ou rejeitá-la. A tecnologia em si mesma, e o seu processo de geração não são problematizados.

Nessa perspectiva, o processo de geração da tecnologia não se constitui em um ativo e influente fator no processo de difusão e adoção pelos produtores rurais. Assume-se que a tecnologia é neutra, e útil para todos os tipos de agricultores, excluindo-se dessa forma o contexto das realidades históricas, sociais, culturais, políticas e econômicas nas quais os produtores e seus familiares estão historicamente incluídos. Os aspectos políticos, sociais, econômicos, e organizacionais da geração de tecnologia também não são considerados. Assim como não são questionados os relacionamentos existentes entre aqueles que geram a tecnologia (os pesquisadores) e aqueles que a adotam (os agricultores). Assim, o fundamental é entender como é desenvolvido o processo de geração de tecnologia agropecuária, e as suas implicações (os impactos sociais) no processo de adoção.

4. OS INDICADORES DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

A definição de indicadores de ciência e tecnologia não se constitui em um processo de fácil aferição e de comum aceitação. Ao contrário, as interseções do que se entende por "ciência e tecnologia" permeiam os diferentes aspectos da sociedade. É comum entender-se como indicadores de C&T, aqueles elementos de caráter estritamente econômico. Além do mais, não é pacífica a aceitação do que significa "tecnologia", em seus aspectos políticos, sociais, econômicos e epistemológicos. Comumente, os indicadores de ciência e tecnologia são expressos no contexto de seriados estatísticos e operacionalizados por meio da alocação de recursos financeiros em C&T; da infra-estrutura de pós-graduação; do treinamento de recursos humanos; das patentes concedidas; do balanço comercial em tecnologia; da pesquisa básica; da pesquisa aplicada; do número de cientistas e o tempo de dedicação à pesquisa; do número de cientistas em relação à população economicamente ativa; da distribuição de cientistas em relação às áreas do conhecimento científico e da distribuição de cientistas em relação ao setor público, ao setor privado e ao terceiro setor. Como visto, não se tem indicadores que caracterizem a tecnologia quanto aos seus impactos sociais.

5. A CADEIA DE PRODUÇÃO

A cadeia produtiva caracteriza-se como uma definição abrangente das atividades que compõem o processo produtivo agropecuário. É um conceito além do sistema de produção no sentido estrito das ações circunscritas à propriedade rural. É uma caracterização nova, pois abrange o processo de produção, distribuição e consumo das mercadorias, e transcende as atividades identificadas como específicas dos interesses econômicos da produção agropecuária, porque inclui os aspectos organizacionais e sistêmicos. O processo de produção e consumo é único e interdependente. Sem consumo, não existe produção e vice-versa. Mas sem organização social e sem instituições, não existem produção nem consumo. O fundamental é identificar as externalidades próprias

das atividades que compõem os elos, as interseções e os relacionamentos entre eles e fora deles, no contexto da cadeia produtiva. O que se espera é que os componentes da cadeia produtiva sejam cooperativos, embora existam conflitos entre eles. Variáveis de amplitude social, como nível de emprego, poluição, nutrição, saúde e habitação frequentemente estão associadas ao desempenho das cadeias produtivas. O que se pretende, é identificar uma cadeia de impacto social paralela, perpendicular ou oblíqua à cadeia produtiva, objetivando a sustentabilidade da cadeia produtiva no meio social onde ela está inserida.

6. OUTRAS FONTES DE SUGESTÃO

A abordagem que se propõe construir a avaliação ambiental está interessada em identificar quais os elementos que podem descrever os aspectos humanos dos impactos ambientais. Embora ainda incipiente, a lista de indicadores apresentada por alguns autores oferece uma primeira lista de variáveis que podem ser inspiradoras para as preocupações de medir impacto social da pesquisa agropecuária. Jain et al (1993, p. 435 a 444) sugere quatro aspectos do que eles chamam os impactos humanos e comunitários mais importantes: Estilos de Vida, Necessidades Psicológicas, Necessidades Fisiológicas e Necessidades Comunitárias.

JAIN, R.K.; URBAN, L. V.; STACEY, G. S & BALBACH, H. E: **Environmental Assessment**. New York, McGraw Hill, 1993.

ANEXO 7

METODOLOGIA PARA A AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS SOCIAIS DA PESQUISA NA EMBRAPA: ROTEIRO PARA ENTREVISTAS

Tarcizio R. Quirino
Manoel Moacir C. Macêdo

Para avaliar os impactos sociais das pesquisas desenvolvidas pela Embrapa Macedo & Quirino propõe um roteiro para a coleta de dados, através de entrevista, junto à chefia de P&D da Unidade, junto aos responsáveis pela pesquisa e pela ACN – Área de Comunicação e Negócios e junto aos adotantes das tecnologias. Os três roteiros propostos são apresentados, a seguir, mas caberá à equipe da Unidade fazer as adaptações que se fizerem necessárias.

1 - Roteiro de Entrevista a ser aplicada ao Chefe Adjunto Técnico do Centro de Pesquisa

1.1 Instruções:

A - Gerar com ele uma lista das pesquisas que produziram tecnologias já difundidas.

B - Definir os critérios para a formação da lista de tecnologia e idéias apropriadas para a realização do estudo de caso.

- a) pesquisas realizadas no centro,
- b) pesquisas que tenham gerado novas tecnologias ou idéias,
- c) áreas em que foram adotadas,
- d) o impacto que as tecnologias causaram direta e indiretamente aos atores humanos que com elas contataram,
- e) identificar qual o melhor método de avaliar os impactos sociais das tecnologias em questão

1.2 - Questionário:

Está se analisando o impacto social, sob o prisma de que a mudança no papel ocupacional dos indivíduos envolvidos com a cadeia produção, mas que fique claro que este é só um dos aspectos de impacto social, pode ser o principal, mas esta é uma resposta que ainda não temos. Obs - Controlar se as perguntas preenchem uma lista mínima de informações

Questões sugeridas:

- a) Do seu ponto de vista, o que se entende por impacto social da pesquisa agropecuária?
- b) Quais as principais tecnologias já desenvolvidas pelo Centro e que tiveram impacto social?

- c) Em que áreas essas tecnologias estão inseridas? (diretamente)
- d) Em que regiões essas pesquisas foram adotadas e por que?
- e) Quais os meios de divulgação utilizados pelo Centro para difundir essas novas tecnologias?
- f) O pesquisador procurou identificar os impactos que esse trabalho traria para aquela região?
- g) Quais foram esses impactos?
- h) Quais dos impactos gerados por essas tecnologias podem ser considerados impactos sociais?
- i) Depois da divulgação do trabalho, os impactos gerados pelo uso da nova tecnologia foram os esperados? Caso contrário, cite os novos impactos que não eram esperados (no nível econômico, ambiental e social).
- j) Onde o produto ou a tecnologia desenvolvida foi difundido, o pesquisador ou o Centro acompanhou ou acompanha os seus impactos diretos e indiretos? Como?
- k) Se o produto não causa apenas impactos positivos, independente do nível em que isso aconteça (econômico, ambiental, social), qual a estratégia do Centro para reverter essa situação?

2.- Roteiro de Entrevista a ser Aplicada ao Pesquisador Responsável pela Pesquisa

2.1. Instruções:

Identificar a pesquisa sobre o que versa a entrevista, as datas em que aconteceram, o período de pesquisa o da difusão e os impactos sociais evidenciados.

2.2.- Questionário

Obs.: Controlar se as perguntas preenchem uma lista mínima de informações

Perguntas sugeridas:

Quanto a proposta:

- a) Quais eram as suas intenções, além dos benefícios técnicos que esse produto ou processo oferece, ao fazer a pesquisa que resultou na tecnologia em análise?
- b) Isso foi pensado no início do trabalho de pesquisa?
- c) Havia uma intenção maior, da Embrapa? Se havia ou não, até que ponto isso influenciou desenvolvimento dessa nova tecnologia?
- d) Havia uma demanda evidente, real ou em potencial para aquele produto, ou o pesquisador desenvolveu o produto prevendo que após seu término este teria demanda?
- e) Caso seja um produto a nível industrial, havia alguma instituição interessada em fabricar/comercializá-lo?
- f) No projeto houve planejamento para difusão? Este foi cumprido? Como foi a difusão?

- g) Esse projeto atendeu a alguma necessidades da produção da cadeia produtiva? Quais? De quais elos?
- h) A tecnologia requer modificação de atitude ou mentalidade de alguém, em algum elo da cadeia produtiva para ser adotada?
- i) Qual a contribuição tecnológica propriamente dita?
- j) Em relação à pesquisa propriamente dita, quanto tempo se passou do começo até o produto pronto?
- k) Quanto tempo se passou de ficar pronto à divulgação?
- l) Como foi feita a divulgação? Se houve mais de um modo, qual o mais eficiente?

Quanto aos resultados:

- a) Há controle ou preocupação em saber quem as adotou? Qual região? Que tipo de pessoa ou instituição?
- b) Onde pode-se constatar a adoção?

Quanto à pesquisa:

- a) Que impactos sociais você vê, comparando antes e depois do seu produto?
- b) No que ele influenciou a qualidade de vida ou as condições sociais ou as condições de trabalho? Eu tenho como avaliar isso?
- c) Nesse sentido, de papel ocupacional, sua pesquisa tem algum impacto?
- d) A produção de seu produto exige mão de obra especializada? Ou menos especializada
- e) Se a produção não exige, no caso de quem utiliza, precisa de algum treinamento?

3.- Roteiro de Entrevista a ser Aplicada ao Responsável pela ACN

3.1.- Questionário (Perguntas sugeridas):

- a) Onde e quando a pesquisa foi divulgada?
- b) Qual o meio mais eficiente?
- c) Como a tecnologia é veiculada?
- d) A procura pela tecnologia é muito grande?
- e) Qual a região que mais solicita a pesquisa?
- f) Há uma maneira de avaliar isso? (no caso de solicitação por cartas, verificar os lugares que solicitam a pesquisa)

3.2.- Roteiro de Entrevista a ser Aplicada aos Adotantes da Tecnologia

I. DADOS DO ENTREVISTADO

- a) Local, data e horário da entrevista
- b) Nome do entrevistado
- c) Endereço e telefone do entrevistado
- d) Formação profissional
- e) Função e tempo que ocupa a atual função

- f) Tempo que está na região e por que veio para a região

II. IDENTIFICAÇÃO DA REGIÃO

- a) Qual o nome pelo qual é conhecida essa região?
- b) Quais os elementos que utiliza para delimitar essa região? (municípios, elementos geográficos, produção, vias de acesso, serviços, mão-de-obra, cultura, etc.)?
- c) Qual a importância desta região no contexto estadual e/ou nacional?
- d) Qual a distância desta região em relação ao principal centro urbano?

III. DINÂMICA DAS ATIVIDADES AGROPECUÁRIAS

- a) Qual a importância das atividades agropecuárias na região?
- b) Quais os principais produtos agropecuários na região (por área ocupada, volume produzido, valor da produção, emprego de mão-de-obra, etc.)?
- c) Quais as principais categorias de produtores nestes produtos?
- d) Qual o nível tecnológico empregado em cada um destes produtos?
- e) Qual o destino desses produtos na região e fora dela?
- f) Qual a importância da assistência técnica para as atividades agropecuárias na região? Qual é o tipo (pública, privada, cooperada) e a principal área?
- g) Qual a importância da pesquisa para as atividades agropecuárias na região?
- h) Qual é o tipo (pública, privada, cooperada) e a principal área?
- i) Existe algum tipo de incentivo (governamental ou não) às atividades agropecuárias na região? Quais são (origem e agentes)? Qual a finalidade (assistência técnica, pesquisa, custeio, investimento, comercialização)?
- j) Quais os fatores que impulsionam ou restringem o desenvolvimento das atividades agropecuárias na região (pesquisa, assistência técnica, legislação, crédito, infraestrutura, etc.)?
- k) Frente aos fatores conjunturais e estruturais que afetam as atividades agropecuárias desenvolvidas na região, quais as perspectivas quanto ao futuro dessas na região?

IV. DINÂMICA DAS ATIVIDADES NÃO-AGRÍCOLAS

- a) Qual a importância das atividades não-agrícolas na região (pesque-pague, turismo rural, hotel fazenda, rodeios, produtos agrícolas não tradicionais, etc.)?
- b) Quais as principais atividades não-agrícolas presentes na região?
- c) Onde são desenvolvidas as atividades não-agrícolas (tipos de estabelecimentos ou propriedades, por exemplo)?
- d) Quais os insumos ou estruturas utilizados pelas atividades não-agrícolas?
- e) A quem essas atividades estão voltadas?
- f) Qual a importância dos setores de apoio técnico para as atividades não-agrícolas da região? Qual a origem desse apoio?
- g) Existe algum tipo de incentivo às atividades não-agrícolas?

- h) Quais os fatores que impulsionam ou restringem o desenvolvimento das atividades não-agrícolas na região?
- i) Quais as perspectivas quanto ao futuro das atividades não-agrícolas na região?

V. QUESTÕES VOLTADAS PARA O IMPACTO SOCIAL

- a) Quais os problemas relevantes que têm sido observado na região (erosão do solo, qualidade da água, desmatamento, dentre outros)?
- b) Quais as suas causas?
- c) Os problemas sociais (estilo de vida, necessidades psicológicas e comunitárias) estão afetando o desempenho das atividades agrícolas? Explique?
- d) Quais as influências dos impactos sociais advindos da tecnologia adotada na qualidade de vida da comunidade?
- e) Como os problemas oriundos desses impactos têm sido resolvidos?
- f) Qual tem sido o envolvimento da comunidade na solução desses problemas?
- g) Existem organizações não-governamentais atuando na região?
- h) Quais os resultados relevantes produzidos por essas organizações?
- i) Existe algum tipo de zoneamento agropecuário na região?
- j) Como ele tem sido utilizado?
- k) Outros comentários.

ANEXO 8

AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL DA INOVAÇÃO TECNOLÓGICA AGROPECUÁRIA

Geraldo Stachetti Rodrigues, Clayton Campanhola & Paulo Choji Kitamura, Embrapa
Meio Ambiente.

RESUMO

O sistema de avaliação de impacto ambiental da inovação tecnológica agropecuária (AMBITEC-AGRO) apresentado neste trabalho compõe-se de quatro aspectos de caracterização do impacto ambiental, expressos por oito indicadores e trinta e seis componentes, todos integrados em matrizes de ponderação formuladas em planilhas eletrônicas automatizadas. Cada componente é avaliado a campo em uma entrevista/vistoria aplicada pelo usuário do sistema ao produtor/responsável pela atividade à qual aplica-se a inovação tecnológica. O produtor expressa seu conhecimento sobre o *coeficiente de alteração do componente* devido à influência da tecnologia avaliada sobre a atividade. Este coeficiente de alteração é então ponderado segundo a escala da ocorrência e o peso do componente para formação do indicador de impacto ambiental e os resultados das avaliações dos indicadores são expressos graficamente nas planilhas. Finalmente, os resultados dos indicadores são ponderados pelo peso dos indicadores para composição do índice de impacto ambiental da inovação tecnológica agropecuária.

SUMÁRIO

<u>Avaliação de impactos ambientais – escopo, fundamentos e objetivos</u>	73
<u>AIA da Inovação Tecnológica Agropecuária - Contribuição para a Sustentabilidade</u>	75
<u>Inserção da AIA da Inovação Tecnológica no Contexto Institucional</u>	81
<u>Sistema de Avaliação de Impacto Ambiental da Inovação Tecnológica Agropecuária</u>	86
<u>Desenvolvimento Metodológico</u>	86
<u>AMBITEC-AGRO</u>	94
<u>Aspectos gerais do sistema</u>	95
<u>Procedimento de avaliação</u>	96
<u>Coefficiente de alteração do componente</u>	97
<u>Ponderações segundo a escala de ocorrência e a importância dos componentes na composição dos indicadores</u>	99
<u>Fator de ponderação para escala de ocorrência do componente</u>	99
<u>Fator de ponderação para importância do componente</u>	100
<u>Indicadores e componentes para avaliação de impacto ambiental da inovação tecnológica agropecuária</u>	101
<u>Alcance da Tecnologia</u>	101
<u>Eficiência Tecnológica</u>	102
<u>I. Uso de agroquímicos</u>	102
<u>II. Uso de energia</u>	109
<u>III. Uso de recursos naturais</u>	112
<u>Conservação Ambiental</u>	113
<u>IV. Atmosfera</u>	114
<u>V. Capacidade produtiva do solo</u>	117
<u>VI. Água</u>	121
<u>VII. Biodiversidade</u>	125
<u>Recuperação Ambiental</u>	129
<u>VIII. Variáveis de Recuperação Ambiental</u>	130

<u>AIA da Tecnologia</u>	132
<u>Discussão</u>	136
<u>Resumo</u>	139
<u>Summary</u>	Erro! Indicador não definido.
<u>Agradecimentos</u>	139
<u>Bibliografia</u>	140

AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL DA INOVAÇÃO TECNOLÓGICA AGROPECUÁRIA

1.- AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS – ESCOPO, FUNDAMENTOS E OBJETIVOS

O presente cenário de extrema diversidade social alcançado pela população humana neste novo milênio veio acompanhado de enormes abismos econômicos e culturais, tanto entre povos quanto entre setores sociais componentes de praticamente todas as populações da Terra. A disparidade de riqueza e acesso aos direitos humanos básicos e as injustiças sociais associadas à desigualdade são a causa fundamental de toda contenda, até da infâmia da guerra. Um interesse comum existe, contudo, entre todos os homens quando o bem-estar social é o cerne de atenção – a necessidade de conservar a natureza e garantir o uso racional dos recursos naturais. Este consenso só pode ser entendido como a expressão de uma realidade global de pressão de degradação sobre o ambiente, resultado da atividade humana em escala superior à capacidade de suporte dos sistemas ecológicos (Vitousek *et al.*, 1986).

A emergência da questão ambiental na agenda social é consequência da extensão na qual a humanidade hoje se apropria dos recursos e altera a capacidade regenerativa da natureza, causando mudanças em escala global, nos principais sistemas naturais de suporte à vida. Como consequência, as funções de provedor de recursos para a produção e de assimilador e depurador de resíduos exercidas pelo ambiente são comprometidas, em um ciclo vicioso de crescente pressão e insuficiência. Existem muitos exemplos de impactos da atividade humana sobre o ambiente global, com drásticas consequências sobre a saúde e o bem-estar da sociedade (Sadler, 1996). Assim sendo, estudos e diagnósticos que contribuem para amenizar estes impactos têm sido realizados e políticas têm sido propostas (Barnthouse *et al.*, 1998; Lubchenco *et al.*, 1991).

Um dos principais instrumentos para o estudo e o direcionamento de políticas que visam assegurar a melhoria das alternativas de desenvolvimento é a Avaliação de Impactos Ambientais (AIA) (Bisset, 1987). O principal objetivo da AIA é a prevenção dos danos causados ao meio ambiente por atividades antrópicas. Ao considerar que para qualificar-se

como impacto ambiental uma alteração ou efeito sobre o ambiente deva atingir (positiva ou negativamente) interesses de pessoas, a AIA incorpora em essência a dimensão política, dado que tanto aqueles efeitos quanto estes interesses não são homogeneamente distribuídos entre grupos sociais ou indivíduos. É por força desta dimensão política que as AIAs são exercícios de julgamento, balizados por objetivos de desenvolvimento, da aceitabilidade das ações e de seus efeitos sobre o ambiente e o bem-estar social (Bisset, 1983), conforme detalha-se adiante neste texto e no sistema de avaliação proposto.

No Brasil, as AIAs foram estabelecidas como requerimento para toda atividade modificadora do ambiente pelo artigo 1º da Resolução 001/86 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) (Secretaria do Meio Ambiente de São Paulo., 1992), e objetivam contribuir com subsídios técnicos para o planejamento regional, além de servir de instrumento no processo de licenciamento (Pinheiro, 1990). Este papel é de importância no país, devido a três fatores: primeiro, à relevância dos recursos naturais do país no contexto mundial; segundo, por causa da expressiva escala das atividades econômicas e de ocupação dos espaços, e finalmente à inserção das questões ambientais tanto nas preocupações nacionais quanto na perspectiva internacional sobre o país (Rodrigues & Rodrigues, 1999)

A AIA é operacionalizada por meio dos EIA-RIMA (Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental), previstos na Constituição. O papel do EIA é qualificar e, quanto possível, quantificar antecipadamente o impacto ambiental, como suporte adequado ao planejamento de atividades relacionadas com o ambiente (Milare, 1994). O EIA é de maior abrangência que o RIMA e o engloba em si mesmo. O EIA compreende o levantamento da literatura científica e legal pertinente, trabalhos de campo, análises de laboratório e a própria redação do relatório. E o RIMA, destina-se ao esclarecimento das vantagens e consequências ambientais do empreendimento, e reflete as conclusões do EIA. Desse modo, o RIMA é o instrumento de comunicação do EIA ao gerente e ao público. Um outro ponto a destacar é que o EIA-RIMA de um empreendimento deve ter publicidade e participação pública, ou seja, primeiro o pedido de licenciamento, sua renovação e concessão devem ser publicados em jornal oficial e em um periódico de grande circulação. Segundo, o documento é disponibilizado previamente para

ser discutido pelo público interessado em uma audiência pública previamente agendada. Com isso assegura-se o direito à participação da sociedade na tomada de decisão sobre a instalação de um empreendimento em um determinado local.

O setor agrícola brasileiro tem recebido atenção especial com respeito aos impactos ambientais, ou seja, aos danos resultantes das atividades agrícolas pelo uso inadequado de insumos e formas de manejo, às consequências de políticas públicas e de influências do mercado internacional de “commodities” sobre a agricultura nacional, e aos desenvolvimentos promovidos pela pesquisa e requisitos para o desenvolvimento rural sustentável (Quirino *et al.*, 1999). Este esforço de estudo e discussão sobre os impactos ambientais da agricultura brasileira vem resultando no direcionamento da pesquisa agrícola oficial para a busca de alternativas para o desenvolvimento sustentável (Embrapa., 1998; Embrapa., 2000). O presente texto tem o objetivo de contribuir para que o processo de inovação tecnológica da agricultura brasileira seja realizado em bases sustentáveis, e que assim contribua para a sustentabilidade da atividade agropecuária. Para tanto, e como parte deste esforço institucional, introduz-se um sistema prático para a avaliação do impacto ambiental resultante da adoção de inovação tecnológica no processo produtivo agropecuário.

2.- AIA DA INOVAÇÃO TECNOLÓGICA AGROPECUÁRIA - CONTRIBUIÇÃO PARA A SUSTENTABILIDADE

A degradação ambiental associada à atividade agropecuária é uma consequência direta da extensiva alteração do ambiente natural necessária para a abertura e manutenção dos ecossistemas em um estado inicial de sucessão, no qual a produtividade líquida exportável (produção) possa ser maximizada (Rodrigues, 1999). Contudo, o caráter predatório da atividade agropecuária tem sido principalmente associado a uma determinada forma de praticar agricultura, vinculada a um modelo dependente de insumos externos e trabalho mecanizado, aplicados com o intuito de fornecer nutrição em abundância e proteção generalizada a extensas áreas ocupadas por organismos geneticamente homogêneos (Dulley & Miyasaka, 1994; Paschoal, 1983). Esta agropecuária, genericamente referida como da Revolução Verde, tem sido duramente

criticada ao redor do mundo, enquanto é creditada por uns pela geração de excedentes e riquezas (Borlaug, 1997), e responsabilizada por outros pelo ciclo de degradação e pobreza imposto a extensas regiões da Terra (Shiva, 1997).

Este modelo de agricultura foi instituído no Brasil com as políticas de modernização da década de 70 (Ruegg *et al.*, 1987; Silveira & Futino, 1990), que buscavam, de um lado, quebrar os monopólios tradicionais causadores de estagnação agrícola e econômica, **mas de outro**, atrelavam favorecimento econômico via crédito à adoção compulsória de “pacotes tecnológicos” importados pela anuência de corporações transnacionais e “adaptados” às condições nacionais (Ruegg *et al.*, 1987). Já àquele tempo qualificado como “modernização conservadora” por aprisionar o país à dependência e o produtor rural (especialmente o pequeno) à miséria (Ferrari, 1985), esta agricultura convencional continua impondo enormes prejuízos sociais e ecológicos ao país (Quirino *et al.*, 1999), ainda que permita sua inserção como um dos principais produtores mundiais de “commodities” e sustente uma poderosa e afluyente classe produtora rural.

Se a via tecnológica foi empregada no passado para impor à agricultura nacional uma dinâmica produtiva capaz de impulsionar o emergente setor urbano-industrial (Ferreira *et al.*, 1986), pode-se admitir que a evolução da agricultura para um modelo produtivo sustentável deve necessariamente envolver algum rearranjo tecnológico e gerencial, além de uma outra estrutura de inserção político-social e fundiária. Com efeito, o desenvolvimento agrícola sustentável preconiza, ao invés da abolição de técnicas e insumos, o emprego de mais tecnologia, especialmente aquelas intensivas em conhecimento, bem como adoção de formas de manejo complexas, dependentes prioritariamente de fatores bióticos de produção (Flores *et al.*, 1991a; Flores *et al.*, 1991b).

Um grande desafio à agricultura sustentável é o conflito gerado pelo ainda prevalecente modelo de dependência de insumos não renováveis e de acesso quase irrestrito aos recursos ambientais, que geram forças de mercado e políticas econômicas que favorecem um progresso técnico inadequado, não conducente à sustentabilidade (Pezzey, 1992). Em parte isto se deve à imprecisão do conceito de desenvolvimento sustentável, que se de um lado permite sua ampla aceitação pelos mais diversos setores da

sociedade, de outro estimula idéias e atitudes muitas vezes contrárias ao seu significado fundamental (Bosshard, 2000). O apelo geral do conceito de sustentabilidade resulta da percepção, compartilhada por todos, de uma evidente desestruturação econômica, social e ecológica em praticamente todas as regiões do planeta. Há consenso que os recursos naturais são esgotáveis e que muitos desses recursos encontram-se no limiar de sua utilização, e que a capacidade do ambiente em assimilar resíduos e regenerar os habitats perturbados pelas atividades humanas é restrita, e que muitos habitats já encontram-se degradados além de sua capacidade de recuperação. Contudo, o conceito de sustentabilidade é também suficientemente desforme (ou despojado de rigor) para permitir a projeção de uma ampla gama de ideias, o que resulta em “inflação” de seu uso, muitas vezes em favor de interesses particulares, como por exemplo para a promoção de iniciativas corporativas de autopromoção e obtenção de vantagens empresariais (Bosshard, 2000).

Com o intuito de balizar a adequada inserção de objetivos de desenvolvimento sustentável na AIA da inovação tecnológica agropecuária, tema deste texto, justifica-se uma breve apresentação do conceito. O termo sustentabilidade tem sua origem de significado, em relação às ciências ambientais, no manejo florestal, onde já no século XVIII era utilizado para descrever a utilização de madeira em congruência com sua taxa de crescimento, o que asseguraria a satisfação da demanda a longo termo. Hoje o conceito de sustentabilidade não se restringe ao manejo de recursos naturais individuais, mas tornou-se sinônimo de adequado desenvolvimento econômico, social, e ecológico (Lewandowski *et al.*, 1999). Uma definição frequentemente referenciada de desenvolvimento sustentável é a apresentada pela Comissão Mundial para o Ambiente e o Desenvolvimento – “desenvolvimento sustentável é aquele que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a habilidade das gerações futuras de satisfazer suas próprias necessidades” (OECD, 1993).

Mais apropriado à AIA da inovação tecnológica agropecuária, “agricultura sustentável é o manejo e utilização dos ecossistemas agrícolas de forma a manter sua diversidade biológica, produtividade, capacidade de regeneração, vitalidade e habilidade de funcionar de maneira que possa satisfazer – hoje e no futuro – significativas funções

ecológicas, econômicas e sociais em nível local, nacional e global, e que não ameace outros ecossistemas” (nossa tradução a partir de (Lewandowski *et al.*, 1999), da definição formulada na Conferência de Ministros Europeus do Ambiente, Helsinki, Agosto de 1993). O valor desta definição para os propósitos da AIA na agricultura é sua perspectiva de atenção centrada nos ecossistemas agrícolas e em especial na conservação e recuperação da paisagem rural. Com esta perspectiva, dirime-se a necessidade de atribuir valor diferenciado às alternativas de ocupação do espaço rural, favorecendo a consideração da *qualidade* e do *estado de conservação* deste espaço. Aliado ao estado de conservação ambiental da paisagem rural, deve-se ainda enfatizar a recuperação das áreas de proteção permanente para atendimento da legislação de proteção ambiental, ou em outras palavras, reverter o presente estado deterioração da paisagem rural que se observa na grande maioria das regiões do país (Bowers & Hopkinson, 1994). Ademais, esta definição de agricultura sustentável imprime ação (o *manejo*) ao conceito de agricultura sustentável, então identificando-a como tecnologicamente intensiva, ainda que enquanto conservadora de recursos (Nehrer, 1992).

Assim, a AIA da inovação tecnológica agropecuária é primordial para o desenvolvimento sustentável da agricultura, pois a interação tecnologia – ambiente e sociedade, com seus múltiplos interesses e objetivos, pode resultar em impactos não-intencionais, indiretos e retardados (Porter, 1995). É somente com a sistemática avaliação desses impactos, empregando métodos especificamente desenhados para tanto, e inseridos no correto contexto institucional, que o curso do desenvolvimento e da adoção de inovações tecnológicas agropecuárias contribuirá, com maior segurança, para a sustentabilidade.

Um aspecto relevante que poucas vezes leva-se em conta é que os objetivos da sustentabilidade variam conforme as condições ecológicas, econômicas, sociais e culturais, tanto nos âmbitos regionais como locais (Brooks, 1992). Em outras palavras, o que é sustentável em um país, região ou local, em um determinado período de tempo e em um certo estágio de desenvolvimento, não necessariamente será sustentável em outro. () contexto deve ser caracterizado e as iniciativas de sustentabilidade devem ser adaptadas as necessidades e capacidades particulares.

Quanto ao enfoque ambiental, (Gardner & Roseland, 1989) relatam que a interpretação de desenvolvimento sustentável dada pelo Conselho de Ciência do Canadá, por exemplo, enfatiza que as comunidades devem definir e desenvolver suas próprias soluções para os problemas ambientais e de desenvolvimento, e que aqueles que estão mais próximos ao meio ambiente conhecem melhor como preservá-lo e como protegê-lo. O Conselho entende que, no longo prazo, essa estratégia aumentará a capacidade das comunidades locais em adaptar-se e a responder às mudanças das condições ambientais, sociais e econômicas.

O que se observa é que os recursos naturais deixam de ser meros fatores de produção para se tornarem componentes da paisagem e dos atributos culturais da comunidade, tendo seus valores de uso substituídos por valores de troca, e contribuindo para gerar bens e serviços de consumo característicos do meio rural.

Em nosso país a situação é bem diferente: predominam os instrumentos legais de controle, cuja eficácia é muito baixa devido aos custos e dificuldades de sua fiscalização. No meio rural em particular, praticamente a única atividade que tem sido controlada pela exigência de EIA-RIMA é a instalação de usinas hidrelétricas, conforme a lei nacional do meio ambiente vigente. Porém, as outras atividades, inclusive indústrias, geralmente passam despercebidas em relação a essa exigência.

Em muitos casos, as avaliações de impacto ambiental são vistas como imposições de agências financiadoras externas, cujo objetivo parece ser muito mais favorecer o meio ambiente do que o desenvolvimento, colocando essas duas vertentes em posições antagônicas. Além disso, o foco dessas avaliações tem sido em variáveis de estado do meio ambiente e de estrutura dos recursos naturais, e como elas têm sido afetadas pelas atividades econômicas. As avaliações não levam em conta muitas mudanças econômicas, sociais e culturais que podem ocorrer nas pessoas da comunidade envolvidas direta e indiretamente no empreendimento, tais como: distribuição de renda, acesso à educação, acesso a serviços básicos, padrão de consumo, acesso a esporte e lazer, conservação do patrimônio histórico e artístico, qualidade do emprego, segurança e saúde ocupacional, oportunidade de emprego local qualificado e participação comunitária.

Muitos conflitos significativos ainda persistem em relação à interação apropriada de formas e iniciativas de sustentabilidade. Ainda mais desafiador é se definir critérios e métodos que procurem padronizar minimamente as avaliações *ex-ante* e *ex-post* da sustentabilidade de programas e projetos de desenvolvimento rural. A dificuldade está também em se definir critérios e/ou indicadores integrados que considerem não apenas a avaliação do impacto ambiental de projetos específicos, mas de todo o conjunto de atividades que estão sendo ou vão ser desenvolvidas em um determinado território ou local.

Pelo que foi apresentado, nota-se que não se pode tratar as propostas para o desenvolvimento sustentável de modo único e geral, sendo uma de suas premissas o envolvimento da comunidade local em todas as fases de planejamento e de tomada de decisão. Outra diferença entre o processo de desenvolvimento tradicional e a estratégia de desenvolvimento local sustentável é que este requer uma leitura territorial ao invés de uma leitura setorial dos processos sociais e econômicos de desenvolvimento (Marsden, 1999).

As estratégias de uso sustentável dos recursos rurais variam com a comunidade e sua localização. As demandas sociais são múltiplas e há sempre dificuldades para compatibilizá-las entre si. A solução não é simples, pois há diferentes perspectivas e necessidades dos diferentes atores sociais da comunidade, que nem sempre são de fácil orquestração. Este é um processo onde há constantes conflitos de interesses, uma vez que os limites socioculturais são visualizados de forma diversa por diferentes usuários de uma mesma área, como por exemplo, a decisão sobre extração de madeira vs. conservação vs. lazer. A avaliação de impactos de inovações tecnológicas, que interferem com estes interesses, deve, portanto, ser adequadamente inserida no contexto institucional, para que possa contribuir para uma nova forma de se desenhar políticas públicas, baseando-se na horizontalidade setorial e espacial no processo de planejamento e gestão, e tendo como princípios orientadores a participação comunitária e o processo de construção social coletiva “de baixo para cima”.

3.- INSERÇÃO DA AIA DA INOVAÇÃO TECNOLÓGICA NO CONTEXTO INSTITUCIONAL

O desenvolvimento e a aplicação sistemática de instrumentos de AIA de tecnologias agropecuárias tem sido alvo de interesse por parte dos Institutos Nacionais de Investigação Agropecuária dos países do Cone Sul, conforme manifestado pela organização de eventos científicos sobre o tema (Rodrigues *et al.*, 1998) e na proposição de projetos cooperativos de pesquisa e desenvolvimento metodológico (Rodrigues *et al.*, 1998).

Ao levar em consideração que devido à sua própria fundamentação metodológica as AIAs devem ser realizadas em todos os estágios dos processos sob avaliação, desde o planejamento e seleção do projeto até sua implementação (Haque, 1991), o primeiro passo para inserção no contexto de instituições de pesquisa deve constar da aplicação de AIAs na etapa de formulação de projetos de pesquisa. Uma iniciativa neste sentido consta de um documento motivador apresentado por (Rodrigues, 1998a), cujo objetivo é sensibilizar os técnicos envolvidos com o processo de formulação e execução de projetos de pesquisa e desenvolvimento tecnológico agropecuário a considerarem aspectos de conservação da qualidade ambiental desde a formulação de seus projetos. Esta perspectiva de avaliação prospectiva (*ex-ante*) dos impactos potenciais de tecnologias, sempre levando em consideração objetivos de desenvolvimento a serem favorecidos pela tecnologia ou projeto em avaliação, enquadra-se na categoria de avaliação ambiental estratégica (Pinfield, 1992; Smith & McDonald, 1998).

Uma vantagem especial de iniciarem-se as AIAs por avaliações estratégicas é a possibilidade de fiar-se em fontes de dados e conhecimentos pré-existent, organizando e sistematizando estas informações para o fim específico de avaliação de impacto ambiental (Lee & Walsh, 1992). Seguindo este direcionamento, um método para AIA em projetos de desenvolvimento tecnológico agropecuário foi proposto e aplicado a um grande conjunto de projetos de pesquisa (Rodrigues *et al.*, 2000). Com base na comparação com os resultados obtidos para estes projetos, o usuário do método pode avaliar *ex-ante*, segundo especificação de seus dados técnicos, a performance de seu projeto em relação aos efeitos ambientais. O método aborda os impactos prospectivos da tecnologia segundo

quatro aspectos ambientais, (i) *alcance*, que representa a escala geográfica de influência da tecnologia; (ii) *eficiência*, uma medida do resultado esperado da tecnologia em relação à conservação de insumos (renováveis e não renováveis); (iii) *resiliência*, ou potencial para promover a recuperação da qualidade ambiental; e (iv) *conservação*, relativa ao efeito da tecnologia sobre os compartimentos dos ecossistemas, segundo consideração de 18 indicadores de qualidade ambiental passíveis de modificação pela adoção da tecnologia. O impacto ambiental é avaliado segundo o efeito esperado da tecnologia sobre estes aspectos e indicadores, conforme os dados técnicos do projeto de pesquisa e ponderação do avaliador (em geral o pesquisador proponente do projeto), em uma planilha eletrônica que expressa os resultados em forma gráfica (Rodrigues *et al.*, 2000).

O passo subsequente para a inserção de AIA no contexto institucional é a consideração dos impactos efetivamente observados (*ex-post*) a campo, com a adoção da tecnologia. É somente a partir desta escala que os efeitos da inovação tecnológica passam a influenciar e a contribuir para a agricultura sustentável. Idealmente, as dimensões econômica, ecológica, social e política necessitam ser simultaneamente consideradas (Tacconi & Tisdell, 1993). Estas dimensões devem ainda convergir para um objetivo bem definido, que em geral quando relacionado à agricultura sustentável, envolve o conceito ecológico de resiliência (a capacidade de recuperar um estado de equilíbrio dinâmico anterior a um distúrbio), e depende da constância do estoque de “capital natural” (Barbier *et al.*, 1990).

A simplicidade do enunciado de uma tal postura filosófica para a definição do objetivo da agricultura sustentável contrasta com a dificuldade de definir-se um objetivo operacional e um método ou sistema de avaliação aplicável à formulação de políticas conseqüentes (Smith & McDonald, 1998). Por exemplo, na maioria das vezes o alívio da pressão de degradação ambiental depende, ao menos parcialmente, da melhoria de renda, da tomada de consciência e da sedimentação de conhecimentos por parte da população local envolvida, sobre o valor intrínseco do recurso ambiental ameaçado (nas palavras de (Poore & Sayer, 1991), para a conservação de florestas, é melhor começar pelas pessoas que pelas árvores). Isso implica que para validar sua avaliação, a tecnologia deve trazer,

além de benefícios ambientais, melhoria das condições de vida dos usuários, sendo portanto compatível com objetivos econômicos (Warford, 1987).

É claro que deve-se manter em perspectiva que dificilmente é possível obter consenso sobre objetivos de desenvolvimento, especialmente entre interesses ambientais e socioeconômicos, e que a regra é que expectativas contraditórias existam tanto sobre procedimentos de avaliação quanto sobre políticas deles derivadas (Morvaridi *et al.*, 1994). Esta dificuldade é exacerbada pela impossibilidade de aplicação de métodos convencionais de abordagem, principalmente aqueles do tipo análise de benefício/custo, que buscam reduzir a avaliação de “bens” ambientais à contabilização de interesses econômicos (Green *et al.*, 1990). Dai deriva a abordagem empregada nos métodos de avaliação de impactos, que preconizam o *julgamento de eficiência* no atingimento de *objetivos* (no presente caso, melhor tecnologia) relativo à *eficácia* de cumprimento de uma *norma* (no presente caso, melhor ambiente) (Girardin *et al.*, 2000).

Julgamentos de valor são, portanto, componentes intrínsecos de avaliações de impacto, e são exercidos ao longo de toda avaliação, desde a compreensão que impactos não são distribuídos homogeneamente entre pessoas e grupos sociais, até o entendimento de que grupos e pessoas exibem valores e interesses distintos (Bisset, 1983). Com este preceito em mente, pode-se definir AJA para a agricultura sustentável como a interpretação e o julgamento sobre alterações no ambiente conforme um *objetivo* e em relação a uma *norma* (Girardin *et al.*, 1999). No sentido de definir o objetivo da AJA da inovação tecnológica no contexto institucional, leva-se em consideração a atual missão institucional da Embrapa de “viabilizar soluções para o desenvolvimento sustentável do agronegócio brasileiro por meio de geração, adaptação e transferência de conhecimentos e tecnologias, em benefício da sociedade” (Embrapa., 1998). Como orientação básica para avaliação ambiental (Dumanski *et al.*, 1990), endereça-se tanto o desenvolvimento tecnológico quanto o sistema para sua avaliação a condições locais, e à busca de recuperar conhecimentos e envolver atores sociais locais no processo.

Com estas premissas, define-se a *escala*, delimita-se o *escopo*, traça-se o *objetivo*, e estabelece-se a *norma* para a formulação de um sistema de AJA da inovação tecnológica agropecuária no contexto institucional:

- i) Escala – a adoção de uma inovação tecnológica agropecuária influencia o ambiente imediato (pontual) onde desenvolve-se a atividade à qual a tecnologia é aplicada, os ambientes limítrofes (local), e possivelmente, principalmente devido à emissão de resíduos, o entorno, sendo portanto estas as escalas de endereçamento das avaliações.
- ii) Escopo – embora as dimensões social, econômica e ecológica sejam igualmente fundamentais para sustentabilidade, o sistema de AIA demandado no contexto institucional indica restrição à dimensão ecológica, dado que sistemas para avaliação econômica e social vêm sendo formulados separadamente, para posterior integração.
- iii) Objetivo – promover o desenvolvimento sustentável pela adoção de inovações tecnológicas que minimizem os impactos negativos sobre a qualidade do ambiente, e contribuam para sua recuperação conforme a legislação vigente, ou seja, favoreçam o resgate do atual passivo ambiental da agricultura brasileira.
- iv) Norma – a recomendação da inovação tecnológica é condicionada à melhoria da performance da atividade à qual a tecnologia se aplica, referenciando-se à situação anterior à adoção e utilizando-se indicadores ambientais. Idealmente, esta norma implica que os coeficientes de impacto ambiental da inovação tecnológica não devem ser negativos. Como esta condição ideal dificilmente pode ser satisfeita, considera-se que os coeficientes de alteração negativos devem ser minimizados, de forma que o índice de impacto da inovação tecnológica seja positivo

Estes preceitos definidos para a avaliação de impactos ambientais da inovação tecnológica agropecuária no contexto institucional podem ser conjuntamente resumidos

em uma expressão simples, que baliza aquilo que o sistema de avaliação proposto adiante deve promover:

Desenvolvimento local sustentável 10

Uma última consideração para inserção de AIA da inovação tecnológica agropecuária no contexto institucional é a definição da abordagem (Castro *et al.*, 1988). Dentre quatro principais escolas de avaliação de impacto de tecnologias (Porter, 1995), o presente contexto institucional (pró-ativo porém de restrita experiência prévia) determina que procure-se integrar a abordagem mais básica (escola regulatória) com uma mais avançada (escola experimental/participativa). Na primeira abordagem, busca-se *reagir* aos impactos presentes ou projetados de tecnologias em uso, estabelecendo limites e propondo precauções. Ao mesmo tempo, pela segunda abordagem, estende-se *intervenção ativa*, pela participação dos setores interessados, à melhoria do desenho (desenvolvimento) das inovações tecnológicas. Cabe ressaltar que as outras abordagens (promocional e construtiva) devem igualmente receber atenção no contexto institucional, em apoio ao planejamento estratégico e em resposta às prioridades políticas e sociais (Porter, 1995).

Neste subitem foram expressos os conceitos e paradigmas para AIA de tecnologias agropecuárias no contexto institucional. Estes conceitos, idéias e paradigmas são traduzidos em ação concreta (avaliação) por julgamentos de valor conforme os objetivos e a norma anteriormente enunciados. Quando julgamentos de valor são sistematizados, eles passam a configurar procedimentos de avaliação (Bosshard, 2000). No subitem que segue, são definidas as bases metodológicas desses procedimentos para formulação do *sistema de avaliação de impactos ambientais da inovação tecnológica agropecuária*.

10 - Para detalhes, ver Campanhola & Graziano da Silva (2000)

4.- SISTEMA DE AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL DA INOVAÇÃO TECNOLÓGICA AGROPECUÁRIA

4.1.- Desenvolvimento Metodológico

Existe à disposição dos avaliadores de impacto ambiental um vasto arsenal metodológico, com mais de cem métodos descritos para os mais variados propósitos e situações (Bisset, 1987; Canter, 1986; Canter, 1996; Orea, 1998). Essa variedade é previsível, dada a multiplicidade de situações passíveis de serem submetidas a AIA, as disparidades de escala e de qualidade e disponibilidade de dados, a experiência passada em avaliações e projetos semelhantes, e o objetivo das avaliações.

No Brasil, o (IBAMA, 1995) definiu os principais instrumentos da política ambiental e os procedimentos para atendimento dos requisitos para AIA de projetos e empreendimentos, com breve descrição dos principais métodos normalmente empregados. Ainda na literatura brasileira, há um manual de AIA elaborado em um convênio (SURHEMA-GTZ., 1992), no qual os principais métodos disponíveis são descritos e exemplificados, com ênfase para avaliação de projetos envolvendo obras de engenharia. Os fundamentos e introdução à metodologia para avaliação de impactos das atividades agropecuárias foram apresentados por (Rodrigues, 1998a), que direcionou a abordagem para avaliação de impactos em projetos de pesquisa (Rodrigues *et al.*, 2000).

Independente do método adotado, as AIAs referem-se basicamente à identificação e avaliação das consequências ambientais de projetos, planos, programas e políticas, além de tecnologias, buscando selecionar a melhor alternativa para desenvolvimento. Por causa desta ampla gama de métodos e da variedade de situações ambientais a que se aplicam, os sistemas de AIA naturalmente apresentam uma heurística própria, sendo que os procedimentos para sua delimitação e formulação são objeto de uma vasta literatura. Um aspecto comum desses procedimentos é a necessidade de integrar as três dimensões do conceito de desenvolvimento sustentável (econômica, social e ecológica), cada qual sendo caracterizada por indicadores específicos.

O uso de indicadores faz-se necessário pela necessidade de traduzir a realidade complexa e na qual as múltiplas variáveis do ambiente estudado são interdependentes, em unidades sintéticas mais facilmente medidas e expressas (Girardin *et al.*, 1999). Por sua

vez, as diferentes unidades de medida características dos indicadores de cada dimensão (econômica, social e ecológica) determinam diferentes ações do processo de avaliação. Disso resulta que três variações de enfoque devem ser integradas em qualquer avaliação de impacto: (i) na dimensão econômica essencialmente faz-se *valorar*, dada a existência da unidade monetária comum a todos os indicadores; (ii) na dimensão ecológica faz-se *comparar*, dado que a norma de qualidade dos indicadores varia de acordo com o ambiente e características intrínsecas do ecossistema local, que altera-se no espaço e no tempo; (iii) na dimensão social faz-se *julgar* a melhoria de qualidade de vida, em acordo com valores culturais e políticos da população envolvida. Estes preceitos emolduram a formulação do sistema de avaliação, que então consiste da seleção dos indicadores de acordo com os *objetivos* de desenvolvimento, que são medidos segundo aderência à *norma* (anteriormente definidos para o contexto institucional), e finalmente agregados para expressão da utilidade da tecnologia avaliada para o desenvolvimento sustentável.

Os indicadores são importantes para entender os sistemas complexos e têm como principais funções: i) sintetizar grande volume de dados; ii) mostrar a situação atual em relação a situações almejadas; iii) demonstrar o progresso em direção a objetivos e metas e iv) comunicar a situação atual aos usuários – cientistas e técnicos, elaboradores de políticas públicas e sociedade – para que decisões efetivas sejam tomadas com o objetivo de cumprir uma norma traçada (Mitchell *et al.*, 1995). Além disso, os indicadores servem para: i) monitorar variações com o tempo; ii) antecipar condições críticas e adotar medidas preventivas; iii) identificar agentes causais para delinear medidas gerenciais apropriadas e iv) demonstrar a interdependência entre indicadores para tomar os processos de avaliação mais efetivos quanto aos custos, ou para reforçar a tomada adequada de decisões

Assim, o primeiro passo para formulação de um sistema de AIA da inovação tecnológica agropecuária consiste da seleção de indicadores e sua organização em uma plataforma operacional para medida, ponderação e expressão de resultados. Várias abordagens metodológicas são sugeridas para guiar este processo (p.ex., (Mitchell *et al.*, 1995)), e a seguir emprega-se o procedimento proposto por (Girardin *et al.*, 1999), que ao revisar o tema, definiu sete passos de elaboração de indicadores: (i) definição de objetivo,

(ii) definição de interessados/usuários; (iii) construção do indicador; (iv) determinação da norma; (v) teste de sensibilidade; (vi) teste de probabilidade; (vii) teste de utilidade

i. **Definição de objetivo** – neste primeiro passo, já apresentado neste texto para o presente contexto institucional, estabelece-se, de acordo com a aplicação tecnológica (ou projeto avaliado) e o interesse dos usuários, o objetivo de desenvolvimento a ser atingido. Normalmente este objetivo segue um conceito amplo, subsidiário ao paradigma predominante almejado pelo grupo ou organização. Atualmente o conceito de Produção Integrada tem guiado o desenvolvimento tecnológico agropecuário (Girardin *et al.*, 1999) e associado ao conceito de agricultura sustentável, balizou a definição do objetivo do presente sistema. Definido o paradigma, pode-se considerar os temas ambientais relevantes, a partir dos quais são derivados os indicadores. Um exemplo de organização de temas ambientais para definição de indicadores foi apresentado pela (OECD, 1993), cuja qualificação de indicadores de pressão-estado-resposta tem sido amplamente utilizada em sistemas de avaliação de sustentabilidade. A derivação de indicadores a partir desses temas normalmente realiza-se pela elaboração de listas de controle (“check-lists”, vide tópicos em (Johansen, 1996)), baseadas em extensa consulta bibliográfica. No contexto do sistema aqui proposto, o objetivo pode ser resumido como “possibilitar a AIA da inovação tecnológica a fim de que possam ser desenvolvidas e selecionadas tecnologias que atendam aos princípios da sustentabilidade”.

ii. **Definição de interessados/usuários** – a necessidade de compatibilizar localmente os níveis adequados de resposta dos indicadores (julgamento conforme objetivo definido e aderência à norma estabelecida), e de equilíbrio entre objetivos ecológicos, econômicos e sócio-culturais, condiciona que o usuário/adotante da tecnologia em avaliação deva ter participação ativa e decisória no processo, como forma de incorporar seu conhecimento e experiência (Dumanski *et al.*, 1990). Este mesmo usuário/adotante da tecnologia é, no presente contexto institucional, o interessado/usuário do sistema de avaliação, ainda que no mais das vezes, via

intermediação da instituição de pesquisa. Dessa forma, o sistema proposto busca atender, de um lado, ao pesquisador e à instituição de pesquisa, no sentido de prover avaliação de impacto ambiental da tecnologia para balizar seu melhoramento e recomendação; e de outro, incorpora a perspectiva dos produtores adotantes das tecnologias, que são a fonte das informações sobre o efeito dessas tecnologias no ambiente, conforme sua experiência sobre a alteração dos indicadores de impacto no campo. A interação entre o pesquisador proponente da tecnologia/avaliador do impacto, e o produtor adotante, promovida pelo sistema proposto, deve ser tomada como uma oportunidade para a resolução de conflitos de perspectiva entre estes usuários do sistema de AIA (van Pelt, 1994).

- iii. **Construção dos indicadores** – a construção dos indicadores envolve consideração simultânea dos requerimentos dos usuários, da disponibilidade de informações, do esforço de coleta, e do estado de conhecimento disponível sobre o tema. Ademais, deve-se compatibilizar conflitos de interesses sociais, econômicos e ecológicos, e as diferenças de medida características dos indicadores dessas dimensões. Os métodos mais bem sucedidos na literatura de avaliação de impactos ambientais voltada para sustentabilidade (Bockstaller *et al.*, 1997; Bosshard, 2000; Girardin *et al.*, 1999; Girardin *et al.*, 2000; OECD, 1993) têm favorecido abordagens que prescindem do reducionismo monetário, dadas suas limitações (Green *et al.*, 1990), e geralmente consistem de variações de análise multicritério aplicadas a estimativas sobre alteração de indicadores ambientais (van Pelt, 1993). No caso do sistema proposto, essas estimativas são obtidas por pontuação – coeficiente de alteração – segundo avaliação do produtor adotante da tecnologia, em entrevista/vistoria a campo. O sistema de pontuação utilizado reflete a avaliação sensorial e a experiência do produtor sobre a alteração quantitativa dos componentes do indicador de impacto ambiental. A alteração refere-se à performance da atividade desenvolvida com a inovação tecnológica, em comparação à atividade na ausência da inovação, em levantamento rápido de campo (Haque, 1991). Os componentes dos indicadores são ponderados de acordo com a escala espacial em que ocorre a

alteração, e por um coeficiente de importância na composição do indicador. Finalmente, os indicadores são expressos graficamente, e agregados para expressão do índice de impacto ambiental da inovação tecnológica agropecuária.

- iv. **Determinação da norma** – o estabelecimento da norma de cumprimento do objetivo – que no presente caso pode ser expressa como “melhoria da performance ambiental da atividade à qual a tecnologia se aplica” – depende da interação entre a tecnologia, o ambiente, e o sistema de produção ao qual a tecnologia é inserida. Segundo preceitos da Produção Integrada, a inovação tecnológica deve inserir-se no sistema de produção de forma complementar, aumentando a conectividade das operações, o aproveitamento de insumos e subprodutos, e “feed-backs” do sistema. Por outro lado, o ecossistema ao qual a tecnologia será imposta pode ser sensível à degradação, ou seja, frágil frente a estresses, como por exemplo áreas montanhosas ou de pequena biodiversidade; ou pouco resiliente, ou seja, incapaz de recuperar um estado de equilíbrio dinâmico após ação de stress, como áreas em solos pobres ou ambientes aquáticos oligotróficos. Esses condicionantes da interação entre a inovação tecnológica, os sistemas de produção, e o ambiente local determinam como será o comportamento dos indicadores de impacto. Ou seja, o desempenho ambiental da inovação tecnológica varia com as condições ecológicas e com os diferentes sistemas de manejo adotados. Embora a regra fundamental de sustentabilidade possa ser expressa simplesmente como a busca de “constância do capital natural” (Barbier *et al.*, 1990), objetivos de maior alcance são indicados pelas dimensões sociais e econômicas, inclusive com certos impactos sendo qualificados como não negociáveis, ou seja, existem critérios que permitem a imposição de normas invioláveis em AIAs (Sippe, 1996). No caso do sistema proposto, contudo, a norma dirige-se à maximização de impactos positivos pela adoção da inovação tecnológica.

- v. **Teste de sensibilidade** – enumerados os indicadores e estabelecidos os objetivos e a norma da avaliação, pode-se definir o significado da alteração (isto é, o seu sentido) e o seu grau de importância (isto é, o seu valor). O sentido da alteração (dos

componentes e do indicador) permite julgar se a alteração é aceitável ou não (se ela contribui ou prejudica) para o atingimento do objetivo. O valor da variável determina a extensão na qual ela contribui (ou prejudica) o atingimento do objetivo, normalmente em relação à sua escala de ocorrência espacial e temporal, além do peso que a variável exerce no conjunto de indicadores considerados. São estas características que, ao serem construídas para cada indicador, permitem converter coeficientes de variação, obtidos a campo para os diversos indicadores e aspectos ambientais, em medidas de qualidade da tecnologia, e assim ordenar diferentes tecnologias segundo sua melhor ou pior performance para o alcance do objetivo (Andreoli & Tellarini, 2000). No caso do sistema proposto, a pontuação obtida para os componentes dos indicadores foi ponderada por coeficientes relativos à escala espacial de ocorrência da alteração, e normalizados (para importância total igual à unidade) segundo o número de componentes em cada indicador. Ao final, os resultados dos indicadores são ponderados segundo sua importância, para composição do índice de impacto ambiental da inovação tecnológica agropecuária.

- vi. **Teste de probabilidade** – em geral não se observa uma relação simples e linear entre variável, indicador e performance da tecnologia (ou projeto) em avaliação, de forma que “zonas de probabilidade” devem ser delimitadas (Girardin *et al.*, 1999). Essas são funções de transformação entre os indicadores e o resultado de performance a ser expresso, construídas conforme as características de sensibilidade (pesos e ponderações, vide subitem anterior) dos indicadores, caso a caso (Dee *et al.*, 1973). Essas funções expressam as áreas de probabilidade de ocorrência correspondentes à interação entre a variável de medida dos componentes (e dos indicadores) e as unidades de impacto ambiental. Em geral, nos métodos de análise multicritério, funções de utilidade são associadas às variáveis, de forma que a transformação envolve definição de sentido e escala em uma única operação (Andreoli & Tellarini, 2000). Para maiores detalhes sobre técnicas e procedimentos de transformação de variáveis, e exemplos de funções de utilidade para parâmetros de qualidade ambiental, recomenda-se (Andreoli & Tellarini, 2000; Canter, 1996; Dee *et al.*, 1973; Orea, 1998). A

vantagem de transformar variáveis e indicadores ambientais diretamente em unidades de utilidade, é a possibilidade de aplicar análise quantitativa de multiatributo às AIAs (Bisset, 1987). No caso do sistema proposto, devido à forma de pontuação usada na estruturação dos componentes, e da normalização dos indicadores e coeficientes de impacto efetuada no teste de sensibilidade, nenhuma função de transformação adicional foi aplicada

- vii. **Teste de utilidade** – consiste na averiguação da aplicabilidade dos indicadores para a avaliação proposta. Os indicadores selecionados para a construção do sistema de avaliação de impactos ambientais da inovação tecnológica agropecuária foram testados no contexto institucional em uma série de video-conferências apresentadas a todas as Unidades da Embrapa e em dois seminários de trabalho junto ao Grupo de Estudos sobre Organização da Pesquisa e da Inovação (GEOPI), do Departamento de Política Científica e Tecnológica da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), nos quais exemplos de avaliações de impacto foram apresentados e discutidos com os usuários potenciais do sistema. A partir desse teste, uma série de adequações foram procedidas no sistema, que ora é apresentado em seu formato operacional. Finalmente, a utilidade do sistema de avaliação no contexto institucional será materializada após sua aplicação prática em um amplo programa de AIA de tecnologias. Em tal programa, cada avaliação compõem-se de uma unidade amostral de impacto ambiental, e o diagnóstico sobre possíveis adequações a serem implementadas para melhoria da tecnologia, ou para sua adequada recomendação condicionada a formas de manejo ou ambientes específicos, realiza-se pela observação do comportamento de cada indicador. O teste de hipótese sobre a contribuição da tecnologia para atingimento do objetivo e aderência à norma é realizado pela análise de variância aplicada ao conjunto dos indicadores. Já a comparação entre tecnologias pode ser efetuada pela comparação das médias dos índices de impacto ambiental entre conjuntos de avaliações de diferentes tecnologias. Porém, a AIA de uma certa tecnologia por meio de um sistema de avaliação deve ser acompanhada de uma análise descritiva do avaliador que qualifique os componentes dos indicadores e justifique os

resultados obtidos, possibilitando, assim, a identificação das causas dos impactos negativos e a adoção de medidas mitigadoras ou corretivas.

Sistemas de AIA devem ser direcionados à indicação de tendências e magnitudes de impactos, sem a preocupação de fornecer números precisos ou inventários detalhados de estado do ambiente. Bom senso, exercitado de maneira sistemática provida pelos métodos disponíveis, pode contribuir efetivamente para a tomada de decisões relativas ao manejo ambiental das inovações tecnológicas (Lutz & Munasinghe, 1994). Cabe ao executor das avaliações exercitar uma postura proativa, recomendada por (Sadler, 1996).

- Focalizar na execução: isso envolve aproveitar a informação e o conhecimento prático de administradores, executores e outros peritos;
- Aprender fazendo: experiência operacional e exemplos de casos fornecem a base primária para a prática da avaliação, padronizando a performance e identificando melhorias e avanços em processos e procedimentos;
- Reconhecer que o sucesso é relativo: uma perspectiva crítica e voltada à demanda sobre a efetividade dos trabalhos é necessária, pois vários atores são envolvidos e influenciam a condução da AIA e a extensão na qual atingem-se as metas;
- Explorar a arte do possível: os benefícios da pesquisa em AIA depositam-se na resolução de problemas, antes que em sua procura (ou na busca de falhas e danos). Deve-se contrastar o que *vem sendo* feito com o que *pode ser* feito para adaptar a prática de AIA a novas demandas e realidades;
- Crescer com a realização: tanto quanto possível, o desenvolvimento de processos e inovações deve ser fundado em componentes tentados e testados.

Antes de descrever o sistema de Avaliação de Impacto Ambiental da Inovação Tecnológica Agropecuária (AMBITEC-AGRO), é preciso assumir algumas orientações que devem pautar um método de AIA: i) deve ser simples e prático, mas suficiente para uma avaliação adequada; ii) deve ter custos administrativos compatíveis com os recursos institucionais disponíveis para essa atividade; iii) deve ser aceito por cientistas, técnicos, políticos e usuários e iv) deve facilitar a comunicação dos resultados entre a institucionalidade pública, os usuários e a sociedade. Portanto, é evidente que não existe método de AIA perfeito, mas sim aquele que é mais adequado nas condições disponíveis e para os objetivos traçados.

4.2.- AMBITEC-AGRO

A complexa natureza das interações socioculturais que ocorrem quando uma tecnologia é introduzida, ampliada ou modificada, implica grande incerteza sobre os possíveis impactos da inovação. O estudo sistemático desses impactos de acordo com objetivos de sustentabilidade pode contribuir para que o desenvolvimento e a recomendação tecnológica resultem em um máximo de ganhos econômicos e sociais, com um mínimo de custos ambientais. A avaliação de impactos de tecnologias envolve uma ampla variedade de tópicos relativos aos contextos institucional, social, cultural e político, no âmbito da segurança econômica, de saúde e ambiental, tanto individual como comunitária. Quando objetivos de sustentabilidade são definidos, a avaliação tende a endereçar o ciclo de vida tecnológico. A montante, isto significa que deve-se considerar os recursos necessários ao desenvolvimento tecnológico (matérias-primas e habitats afetados), e a jusante deve-se endereçar os resíduos (Porter, 1995), envolvendo toda extensão de alcance da tecnologia. O sistema de avaliação de impactos ora proposto, a sua vez, restringe-se à demanda institucional previamente delimitada, de avaliar impactos ambientais de inovação tecnológica agropecuária, segundo objetivos de desenvolvimento sustentável, empregando uma plataforma prática de execução simples, baixo custo, e passível de aplicação a todo universo tecnológico e ambiental de inserção institucional.

O AMBITEC-AGRO tem uma estrutura hierárquica simples, que parte da escala de campo de cultivo ou unidade produtiva agropecuária e estende-se até os sistemas

ecológicos de entorno, na escala de paisagem rural ou microbacia hidrográfica, e atenta para a qualidade dos ecossistemas e para a manutenção de sua capacidade de suporte (Lowrance *et al.*, 1986). Esta estrutura é bastante similar àquela dos métodos de avaliação de impactos amplamente descritos na literatura, que incorporam parâmetros indicadores de alguma qualidade desejada do ambiente, que são ponderados, para obtenção de medidas padronizadas de impacto (formato comum aos métodos citados como clássicos, por exemplo, de Leopold e outros (1971), Batelle (1971), etc. (Bolea, 1980; Dee *et al.*, 1973)).

Ao contrário desses métodos, contudo, que buscam ser exaustivos ao listar indicadores e muitas vezes constróem indicadores complexos pela interação de variáveis (vide p.ex., a crítica de (Rossi & Nota, 2000) ao método recentemente proposto pela União Européia), o AMBITEC-AGRO concentra-se em uma experiência prévia de método de AIA aplicada a projetos de pesquisa no âmbito institucional (Rodrigues *et al.*, 2000). Os fundamentos desse método foram aprimorados por discussões desenvolvidas em dois “workshops” e reuniões subsequentes realizados junto ao projeto “Políticas Públicas para a Inovação Tecnológica na Agricultura do Estado de São Paulo: métodos para avaliação de impactos da pesquisa”, desenvolvido em cooperação com o Grupo de Estudos sobre Organização da Pesquisa e da Inovação, da Unicamp.

Aspectos gerais do sistema

O Sistema de Avaliação de Impacto Ambiental da Inovação Tecnológica Agropecuária (AMBITEC - AGRO11) compõe-se de um conjunto de planilhas eletrônicas (plataforma MS-Excel[®]) construídas para permitir a consideração de quatro aspectos de contribuição de uma dada inovação tecnológica para melhoria ambiental na produção agropecuária, quais sejam, **Alcance, Eficiência, Conservação e Recuperação Ambiental** (Figura 1) (Rodrigues *et al.*, 2000). Cada um destes aspectos é composto por um conjunto de *indicadores* organizados em matrizes de ponderação automatizadas nas quais os *componentes* dos indicadores são valorados com *coeficientes de alteração*,

conforme conhecimento pessoal do produtor adotante da tecnologia.

A aplicação do sistema de avaliação de impacto ambiental de uma inovação tecnológica envolve uma entrevista/vistoria conduzida pelo usuário do sistema e aplicada ao produtor/responsável pela propriedade rural. A entrevista deve dirigir-se à obtenção do *coeficiente de alteração do componente*, para cada um dos indicadores de impacto, conforme avaliação do produtor/responsável, especificamente em consequência da aplicação da tecnologia à atividade, na situação vigente na propriedade.

A inserção desses *coeficientes de alteração do componente* diretamente nas matrizes e sequencialmente nas planilhas de Eficiência Tecnológica, Conservação Ambiental, e Recuperação Ambiental resultam na expressão automática do *coeficiente de impacto ambiental* da tecnologia, relativizada por *fatores de ponderação* devido à *escala da ocorrência da alteração* e ao *peso do componente na composição do indicador*. Os resultados finais da avaliação de impacto são expressos graficamente na planilha AIA da Tecnologia, após ponderação automática dos *coeficientes de alteração* fornecidos pelo produtor/responsável pelos *fatores de ponderação* dados.

Finalmente, os indicadores são considerados em seu conjunto, para composição do *Índice de Impacto Ambiental da Inovação Tecnológica Agropecuária*. A composição deste índice envolve ponderação da importância do indicador e os pesos relativos aos indicadores podem ser alterados pelo usuário do sistema, desde que o total seja igual à unidade (1).

Procedimento de avaliação

O procedimento de avaliação do AMBITEC-AGRO consiste em solicitar ao produtor/responsável adotante da tecnologia que indique os *coeficientes de alteração dos componentes* para cada indicador, em razão específica da aplicação da tecnologia à atividade e nas condições de manejo particulares a sua situação, sendo que cada produtor constitui uma unidade amostral de impacto ambiental da tecnologia. O *coeficiente de alteração do componente* é definido conforme padronização expressa na Tabela 1:

11 O arquivo contendo o sistema AMBITEC-AGRO é disponível para "download" via acesso à página da

Tabela 1. Efeitos da inovação tecnológica e *coeficientes de alteração do componente* a serem inseridos nas células das matrizes de avaliação de impacto ambiental da inovação tecnológica.

Efeito da tecnologia na atividade sob as condições de manejo específicas	Coeficiente de alteração do componente
Grande aumento no componente	+3
Moderado aumento no componente	+1
Componente inalterado	0
Moderada diminuição no componente	-1
Grande diminuição no componente	-3

Durante a entrevista o avaliador informa o produtor/responsável sobre os aspectos e indicadores de impacto ambiental, e vistoria a propriedade e unidades de produção com o intuito de averiguar a qualidade das informações. Como o resultado da avaliação é totalmente dependente dos *coeficientes de alteração dos componentes*, rigor deve ser exercitado em sua obtenção. A subjetividade de avaliações baseadas em entrevistas, como é o caso do AMBITEC-AGRO, deve ser reduzida, quando assim demande o objetivo da avaliação, pela padronização dos coeficientes, de um lado, e de sua interpretação de outro. A padronização da interpretação dos coeficientes no presente sistema faz-se em duas etapas: primeiramente, pela seleção e formulação objetiva dos componentes e indicadores; e segundo pela clara delimitação e definição desses componentes no contexto tecnológico e ambiental.

Nesse sentido, a primeira consideração de padronização é dada pela escolha da escala de alteração dos componentes, conforme expresso na Tabela 1, na qual os limiares de alteração apresentam grande contraste, cujo objetivo é reduzir a dubiedade da informação. Dessa forma, é mais simples ao avaliador, em consenso com o produtor/responsável, decidir objetivamente sobre o *coeficiente de alteração* a ser adotado, uma vez que quanto mais valores intermediários são possíveis, mais aumenta a

subjetividade da avaliação. Assim, embora seja algebricamente possível utilizar valores intermediários (2) ou mesmo extremos (maiores que 3) para os *coeficientes de alteração dos componentes*, essa prática não é recomendada.

No caso presente, os indicadores e componentes foram selecionados e formulados de forma a exigir a avaliação sensorial, ou seja, a percepção dos sentidos do produtor/responsável e do avaliador, conforme seu conhecimento e experiência. Deve-se evitar que a percepção não-sensorial, ou seja, aquela relativa à opinião sociocultural do produtor, mascare alterações objetivas do ambiente, que é o que se busca nas avaliações. É neste sentido que o procedimento de avaliação consiste de uma entrevista/vistoria, e deve ser realizada a campo, com ativa participação do avaliador, que deve ser treinado e estar ciente das características tecnológicas e ambientais contingentes a cada avaliação específica.

Essas características tecnológicas e ambientais dos *coeficientes de alteração dos componentes* dos indicadores são contingentes a cada avaliação devido tanto a especificidades *relativas* quanto *comparativas*. Por exemplo, uma tecnologia pode causar uma *comparativamente* ‘grande alteração do componente’ quando aplicada a uma determinada forma de manejo que emprega tal componente de maneira *relativamente* pouco importante, resultando em uma alteração ‘moderada do componente’. Um exemplo de um tal caso pode ser uma tecnologia de manejo de pastagens que recomende adubação de reposição de fósforo em substituição a uma forma de manejo que não utilize qualquer aplicação de fertilizantes. Esta *alteração do componente* deve ser considerada como ‘moderada (+1)’ embora *comparativamente* ao manejo anterior tenha implicado uma grande alteração (de nenhuma para alguma fertilização), pois *relativamente* no contexto do manejo agropecuário em geral, a alteração é pequena. Essas considerações consistem de aspectos da etapa de construção de indicadores anteriormente descrita como teste de sensibilidade (Andreoli & Tellarini, 2000; Girardin *et al.*, 1999) e devem ser realizadas caso-a-caso, para cada componente, em cada avaliação. A base objetiva para *esses* julgamentos é exemplificada adiante neste texto, quando os componentes dos indicadores de impacto ambiental são definidos e discutidos.

Um último detalhe sobre o procedimento de avaliação e preenchimento das matrizes de ponderação refere-se àqueles componentes dos indicadores que não se aplicam a uma dada tecnologia na situação específica em avaliação. Todas as matrizes de ponderação têm uma linha para estes casos, na qual indica-se que o componente não se aplica, o que automaticamente expressa-se no gráfico final da avaliação. A ocorrência de componentes de indicadores que não se aplicam é consequência da formulação do método ter que ser suficientemente ampla para permitir aplicação a inovações tecnológicas em geral. Como quanto mais geral for uma regra maiores são as excessões, é natural que em determinados casos os indicadores não sejam aplicáveis.

Ponderações segundo a escala de ocorrência e a importância dos componentes na composição dos indicadores

Os coeficientes de alteração do componente discutidos no item anterior representam a variável explicativa do efeito da tecnologia, conforme o conhecimento do produtor adotante, da situação particular de seu estabelecimento. As matrizes automáticas incluem ainda dois fatores de ponderação que referem-se à escala de ocorrência, e à importância do componente para a formação do indicador

Fator de ponderação para escala de ocorrência do componente

A escala da ocorrência explicita o espaço no qual ocorre a alteração no componente do indicador, conforme a situação específica de aplicação da tecnologia, e pode ser:

v. *pontual* quando o efeito da tecnologia no componente restringe-se ao campo de cultivo ou unidade produtiva na qual esteja ocorrendo a alteração;

vi. *local* quando o efeito faça-se sentir externamente a essa unidade produtiva, porém confinado aos limites da propriedade,

vii. no *entorno* quando o efeito abranja além dos limites da propriedade;

Devido à característica de alguns dos componentes dos indicadores, algumas matrizes limitam a escala da ocorrência ao âmbito pontual; por exemplo, os usos de insumos (componentes dos indicadores de Eficiência Tecnológica) restringem-se ao campo agrícola ou unidade produtiva, e são considerados somente nessa escala. O fator de ponderação da escala da ocorrência implica a multiplicação do *coeficiente de alteração do componente* por um valor pré-determinado, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2. Fator de ponderação multiplicativa relativo à escala da ocorrência do efeito da tecnologia sobre o componente do indicador de impacto ambiental.

<i>Escala de ocorrência</i>	Fator de ponderação
Pontual	1
Local	2
Entorno	5

Estes fatores de ponderação foram selecionados de forma a exprimir o aumento do impacto conforme a escala espacial, agravando-o quando a escala de ocorrência estende-se além dos limites da unidade produtiva, atingindo o entorno e conseqüentemente os habitats e populações naturais aí presentes. Os fatores de ponderação para a escala de ocorrência não podem ser modificados pelo usuário do sistema.

Fator de ponderação para importância do componente

O segundo *fator de ponderação* incluído nas matrizes de avaliação de impacto da inovação tecnológica é a importância do componente para a formação do indicador de impacto ambiental. Os valores dos pesos dos componentes variam conforme a sua quantidade na formação do indicador, sendo, portanto, usados para normalizar os indicadores conforme o teste de sensibilidade aplicado caso-a-caso (Girardin *et al.*, 1999). Os pesos dos componentes expressos nas matrizes podem ser alterados pelo usuário do sistema, para melhor refletir situações específicas de avaliação, nas quais pretenda-se enfatizar alguns dos componentes, desde que o peso total dos componentes para um dado indicador seja igual à unidade (1). Cabe ressaltar que para uma mesma tecnologia, mesmo quando utilizada em diferentes sistemas naturais, os valores dos pesos dos componentes

dos indicadores devem permanecer os mesmos, a fim de que os resultados sejam comparáveis.

INDICADORES E COMPONENTES PARA AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL DA INOVAÇÃO TECNOLÓGICA AGROPECUÁRIA

Alcance da Tecnologia

O alcance da tecnologia expressa a escala geográfica na qual esta influencia a atividade ou produto, e é definido pela *abrangência* (a área total cultivada com o produto ou dedicada à atividade - em hectares) e a *influência* (porcentagem desta área à qual a tecnologia se aplica). Este é um aspecto geral da tecnologia, independente do seu uso local, portanto não está incluído nas matrizes de avaliação, e deve ser obtido a partir das informações do projeto de desenvolvimento tecnológico, ou do pesquisador por ele responsável.

Todos os outros aspectos considerados para avaliação do impacto ambiental da inovação tecnológica (eficiência, conservação e recuperação ambiental) são representativos do efeito do uso local da tecnologia, e as informações devem ser obtidas junto ao produtor adotante, considerando a atividade e as condições específicas de manejo nas quais a tecnologia esteja sendo efetivamente aplicada.

No texto que segue, apresentam-se características das matrizes de ponderação utilizadas para inserção dos *coeficientes de alteração dos componentes* de cada indicador, e uma discussão sobre cada componente, seu significado no contexto tecnológico e ambiental e sua importância para a composição do indicador de impacto ambiental. Estas matrizes trazem, como exemplo ilustrativo, os resultados da avaliação da tecnologia “Viabilidade de recuperação de áreas degradadas utilizando plantas associadas a microrganismos e uso de adubos mais baratos no mercado”, coordenada pelo pesquisador Avílio Antonio Franco, da Embrapa Agrobiologia, as discussões sobre os componentes e indicadores, bem como os resultados finais da AIA.

Eficiência Tecnológica

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: (I) uso de agroquímicos, (II) uso de energia, e (III) uso de recursos naturais.

I. Uso de agroquímicos

Uma característica comum a toda atividade agropecuária é a busca de produção de excedentes que possam ser colhidos e utilizados para consumo na propriedade ou vendidos. Esta produção de excedentes faz-se à custa de nutrientes do solo, que devem ser repostos a uma taxa compatível com sua extração. Quando a atividade agropecuária é de intensidade tal que as taxas naturais de reposição de nutrientes do solo não são suficientes para repor sua extração pela colheita, estes devem ser aplicados na forma de fertilizantes. Por outro lado, com o intuito de maximizar a produção, quaisquer organismos que possam reduzir a produtividade são controlados com pesticidas. Estes produtos empregados para fertilização do solo e controle de organismos praga são genericamente denominados agroquímicos. Geralmente o uso de agroquímicos é considerado como sendo inversamente proporcional à sustentabilidade agropecuária, por dois motivos principais: primeiro por serem recursos externos à propriedade e terem um valor comparativo alto, impondo assim um importante dreno de capital; segundo por terem alto potencial poluidor, e causarem problemas de contaminação quando não empregados de forma adequada. Existe uma grande variedade de alternativas tecnológicas que contribuem para reduzir e racionalizar o uso de agroquímicos (Pimentel, 1998). Dentre as tecnologias de substituição de fertilizantes lista-se, por exemplo, as rotações de culturas, adubação-verde, inoculação de microrganismos fixadores de nitrogênio atmosférico, inoculação de fungos micorrizicos que facilitam a absorção de fósforo, cultivo de plantas que favorecem estes microrganismos simbiotes, e técnicas de cultivo mínimo, como o plantio-direto na palha. Exemplos de tecnologias dirigidas à

racionalização do uso de pesticidas incluem métodos físicos de controle, várias formas de controle biológico, técnicas especiais de aplicação (ultra-baixo volume e pulverização eletrostática, entre outras), uso de substâncias pouco tóxicas ou específicas como feromônios, plantio de variedades resistentes e combinações de tecnologias inseridas no contexto de manejo ecológico ou integrado de pragas (MIP). Frente à especificidade dos impactos gerados e das alternativas para racionalização do uso de pesticidas e de fertilizantes, estes formam dois grupos de componentes para avaliação no sistema AMBITEC-AGRO.

I.a. Uso de pesticidas

Sob a denominação geral de pesticidas (praguicidas, agrotóxicos, biocidas, defensivos agrícolas) incluem-se milhares de substâncias das mais diversas classes químicas e toxicológicas, geralmente agrupadas segundo seu uso como inseticidas/acaricidas/nematicidas, fungicidas, herbicidas, esterilizantes de solo, rodenticidas e uma variedade de outros agentes de controle químico. Resíduos de pesticidas hoje ocorrem em todos os ambientes do planeta, e graves problemas ocupacionais e toxicológicos estão associados ao seu uso (Rodrigues, 1998b). Importantes avanços tecnológicos e de conscientização sobre estes problemas, contudo, têm sido observados nos últimos anos, e uma grande atenção tem sido dirigida à necessidade de racionalização do uso de pesticidas (Rodrigues, 1998c). Devido à enorme diversidade de classes químicas existentes e das possíveis interações físico-químicas com a água, o solo e matrizes biológicas, o estudo do comportamento ambiental dos pesticidas é extremamente complexo. Inúmeros modelos de simulação do destino de pesticidas no ambiente descrevem sua dissipação, degradação e acumulação, sendo cada qual indicado para um fim específico de estudo (Pessoa *et al.*, 1997). Esta complexidade é resolvida no sistema AMBITEC-AGRO pela consideração de três componentes descritivos da alteração do uso de pesticidas devido à inovação tecnológica em avaliação, quais sejam: a i) frequência, ii) a variedade de ingredientes ativos, e iii) a toxicidade dos produtos.

i) **Frequência:** a alteração na frequência do uso de pesticidas refere-se especificamente ao número de operações de aplicação, independentemente do tipo de produto utilizado. O *coeficiente de alteração do componente* deve levar em consideração o aumento ou diminuição do número de aplicações primeiro *comparativamente*, considerando a situação de manejo da atividade em avaliação antes e depois da adoção da inovação tecnológica. Em seguida deve-se avaliar a frequência de uso de pesticidas *relativamente* ao contexto agropecuário. Tipicamente, atividades intensivas como culturas anuais, horticultura, floricultura e fruticultura envolvem múltiplas aplicações (até dezenas) de pesticidas por estação. Nesses casos, alterações que envolvam mudanças significativas, 50% ou mais no número de aplicações, devem ser consideradas muito grandes, e receber *coeficiente de alteração* correspondente (± 3). Atividades agropecuárias tipicamente extensivas, como pastagens, reflorestamentos, a maioria das culturas perenes e atividades intensivas manejadas racionalmente, geralmente envolvem no máximo umas poucas aplicações (até cinco por estação). Nesses casos, alterações que impliquem menos que 50% de mudança no número de aplicações devem ser consideradas moderadas (± 1).

ii) **Variedade de ingredientes ativos:** este componente refere-se ao número de produtos e formulações de pesticidas usados na atividade avaliada e expressa a alteração na *dependência* de produtos pesticidas imposta pela inovação tecnológica. A consideração de alteração *relativa e comparativa*, neste caso, é mais simples, pois a dependência de pesticidas somente se altera com significativa mudança comparativa, independente do seu aspecto relativo. Em outras palavras, a dependência tem um caráter absoluto (em seu extremo, ela simplesmente existe ou não existe) que praticamente pouco varia com o número absoluto de ingredientes ativos necessários. Dessa forma, significativas alterações comparativas no número de ingredientes ativos devem ocorrer para resultarem em mudanças na dependência. Para que o *componente de alteração* seja grande (± 3), a tecnologia

deve implicar em pelo menos 50% de variação no número de ingredientes ativos necessários para o manejo da atividade em avaliação.

iii) Toxicidade: expressa o potencial de dano ambiental dos pesticidas utilizados na atividade em avaliação. Este componente tem um caráter extremamente complexo, e depende das características físico-químicas de cada produto, de sua condição específica de formulação e de uso em cada situação particular, e das inúmeras possíveis combinações entre estes condicionantes. Deve-se considerar ainda que o sistema de categorização de pesticidas segundo classes toxicológicas é complexo e controvertido, e que interações entre produtos fazem com que considerações gerais comparativas e relativas sobre a toxicidade de grupos de pesticidas sejam muito difíceis. A resolução dessa complexidade para definição do *componente de alteração* da toxicidade faz-se pela consideração agregada do conjunto dos produtos utilizados, segundo sua classe toxicológica, antes e depois da adoção da inovação tecnológica. Qualifica-se como grande (± 3) qualquer alteração que, no balanço final do conjunto dos produtos, implique a substituição de produto extremamente tóxico por produto moderadamente tóxico (ou vice versa), ou seja, uma alteração de mais de um nível da classificação toxicológica. Para os casos nos quais o pareamento dos produtos resulte em alteração de apenas um nível de classe toxicológica, o *coeficiente de alteração* é igual a ± 1 . Operacionalmente, isso implica compor o conjunto dos produtos utilizados antes e depois da adoção da inovação, parear estes produtos um-a-um segundo classe toxicológica, e obter o saldo de níveis de classes toxicológicas para os produtos não pareados. É importante notar que para evitar dupla contagem a variedade de ingredientes ativos não deve ser considerada nessa comparação, mas somente o pareamento de classes toxicológicas.

I.b. Uso de fertilizantes

A manutenção e recuperação da fertilidade do solo é um dos aspectos fundamentais do desenvolvimento agrícola sustentável. A fertilidade do solo resulta da

interação de fatores dinâmicos físicos, químicos e biológicos, que atuando sobre a matriz geológica ao longo do tempo e sob a influência do clima condiciona a gênese e a evolução do perfil do solo. As atividades agropecuárias causam drásticas alterações nesses mecanismos de evolução do solo, como depleção química pela extração e exportação dos nutrientes contidos na produção ou lixiviados pelo excesso de água, ou degradação física resultante da erosão e oxidação da matéria orgânica. O adequado manejo do solo é essencial para a sustentabilidade agrícola, e deve envolver, de um lado, cuidados para evitar a erosão e a conseqüente perda de solo do perfil, e de outro, mecanismos para reposição dos nutrientes exportados na colheita ou perdidos devido à exposição e ao tempo. Em relação à avaliação de impactos de inovações tecnológicas, essas medidas de manejo do solo podem ser separadas segundo seu objetivo de evitar a degradação físico-química-biológica do solo (incluídas adiante no aspecto de Conservação Ambiental), e de repor a depleção química, que na grande maioria das vezes depende da aplicação de fertilizantes, e é aqui incluída no aspecto de Eficiência Tecnológica. Três categorias de insumos de fertilidade são incluídas no AMBITEC-AGRO, quais sejam, i) NPK hidrossolúvel, ii) calagem, e iii) micronutrientes necessários em conseqüência da tecnologia em avaliação.

i) NPK hidrossolúvel os principais macronutrientes necessários para o desenvolvimento vegetal obtidos do solo são o nitrogênio, o fósforo e o potássio, que compõem as formulações dos fertilizantes mais comuns frequentemente utilizados nas culturas agrícolas em geral. Estes fertilizantes são formulados a partir de rochas fosfáticas e potássicas obtidas em depósitos minerais, e de processos químicos intensivos em energia para fixação do nitrogênio atmosférico, e condicionados de forma a ficarem prontamente disponíveis na solução do solo para absorção pelas plantas. Assim, de um lado esses fertilizantes são recursos não renováveis de alto valor monetário relativo, e de outro, devido à sua alta solubilidade, podem ser facilmente lixiviados e carreados para corpos d'água (superficiais ou subterrâneos), onde comportam-se como poluentes. Dessa forma, o uso de NPK hidrossolúvel apresenta dupla inserção para avaliação de *alteração do componente*: de um lado, determina dependência de insumo externo à

propriedade (caráter pouco relativo); e de outro determina potencial poluente de forte interação com múltiplas alternativas de manejo conservacionista, segundo o qual pequenas modificações comparativas podem ser importantes. Assim, independente do contexto relativo, alterações superiores a 25% no uso de NPK hidrossolúvel podem ser consideradas significativas e devem ser qualificadas como grandes (± 3), enquanto alterações menores que 25% são moderadas (± 1).

ii) Calagem: uma consequência da exposição do solo promovida pela remoção da vegetação nativa e das operações de aração e gradagem normalmente realizadas para cultivo é a oxidação da matéria orgânica e a diminuição da capacidade de retenção de cátions pelo solo. A lixiviação preferencial de compostos hidrossolúveis resulta em desequilíbrios químicos, dentre os quais o acúmulo de H^+ e acidificação do solo. Em solos ácidos a capacidade de troca de cátions é diminuída, a interação eletroquímica entre as partículas é modificada, prejudicando a estrutura e a condutividade hidráulica e elementos tóxicos como o alumínio têm sua atividade aumentada. Todos estes fatores causam severo comprometimento da capacidade produtiva em solos ácidos. A aplicação periódica de calcário é utilizada para reverter a acidificação e traz grande melhoria nas características físico-químicas do solo, devendo ser considerada uma prática benéfica quando realizada em intervalos adequados. O aumento das operações de calagem, contudo, deve ser considerado um impacto negativo, por impor um dreno de capital à propriedade e indicar manejo inadequado do solo. Assim, uma diminuição correspondente a 50% no intervalo de tempo entre calagens é qualificada como um grande aumento ($+3$) nesse componente. Inversamente, um aumento superior a 50% no intervalo de tempo entre calagens indica melhoria de manejo e da eficiência tecnológica, sendo qualificada como grande redução (-3) nesse componente, e alterações inferiores a 50% são consideradas moderadas (± 1).

iii) Micronutrientes: um outro desequilíbrio comum que resulta do manejo inadequado do solo é a lixiviação e conseqüente deficiência de micronutrientes. A

reposição de micronutrientes é uma atividade de custo relativamente elevado, e deve ser realizada com cautela, pois muitos desses elementos são tóxicos quando presentes em níveis elevados no solo. O aumento na necessidade de aplicação de micronutrientes com uma periodicidade acima de 50%, devido a uma inovação tecnológica, deve ser considerado uma grande alteração desse componente (± 3), enquanto alterações com periodicidade inferior a 50% são consideradas moderadas (± 1).

A matriz de ponderação do indicador Uso de Agroquímicos restringe a ocorrência dos componentes à escala pontual, já que os insumos são aplicados somente dentro dos limites do campo agrícola ou unidade produtiva na qual desenvolve-se a atividade à qual aplica-se a inovação tecnológica em avaliação (Figura 2). Já em relação à ponderação de importância dos componentes para formação do indicador, considera-se que o uso de pesticidas tem um maior impacto potencial, correspondente a 70% do valor total do indicador Uso de Agroquímicos. Por sua vez, a toxicidade é considerada como o componente de maior importância, com 30% do valor total da ponderação, enquanto 20% são igualmente alocados para alteração na frequência e variedade de ingredientes ativos. Os restantes 30% são igualmente distribuídos entre os componentes de uso de fertilizantes.

No exemplo representado pela tecnologia “Viabilidade de recuperação de áreas degradadas utilizando plantas associadas a microrganismos e uso de adubos mais baratos no mercado” (Figura 2) um moderado aumento ocorreu nos três componentes de uso de pesticidas, principalmente para controle de formigas cortadeiras nas áreas de implantação das mudas. Por outro lado, ocorreu diminuição da necessidade de NPK hidrossolúvel, já que as plantas introduzidas são fixadoras de nitrogênio. O uso de calcário foi considerado como não aplicável, e como o substrato das áreas degradadas corresponde a rejeitos de mineração, houve necessidade de aplicação de micronutrientes. Com estas alterações nos componentes, o *coeficiente de impacto* do indicador Uso de Agroquímicos foi igual a -0,7 (para um máximo de 3,0, correspondente à escala pontual somente), o que corresponde a um impacto negativo e, para este indicador, implica infringimento da norma buscada para recomendação das inovações tecnológicas agropecuárias. Este resultado indica que

esforços adicionais de pesquisa dirigidos à melhoria dessa tecnologia em relação ao uso de pesticidas poderá redundar em maiores ganhos de sua performance ambiental.

II. Uso de energia

O segundo indicador de Eficiência Tecnológica considerado no AMBITEC-AGRO é o Uso de Energia. O uso de energia é essencial em todas as etapas da produção agropecuária e envolve desde fontes naturais como as energias solar e hidráulica, passando pela energia embutida nos insumos como fertilizantes, até o consumo mais evidente de combustíveis empregados nas operações mecanizadas. Com o intuito de avaliar o impacto ambiental relativo à eficiência tecnológica e de evitar dupla contagem relacionada com outros insumos, somente estes últimos usos, relativos a combustíveis em geral e eletricidade são incluídos neste indicador. A interação entre consumo de energia das mais diversas fontes e o impacto ambiental das atividades agropecuárias é complexa, sendo que atividades mais intensivas em geral dependem mais fortemente de fontes de energia externas à propriedade. Os usos mais proeminentes de energia são aqueles relativos a combustíveis líquidos para operação de motores a explosão em bombas e máquinas de tração, combustíveis sólidos ou óleo combustível para geração de calor em fornos, secadores e caldeiras utilizadas em operações agroindustriais, e eletricidade para os mais diversos fins, desde motores, aquecimento, iluminação, etc. Considerando estes agrupamentos, o Uso de Energia é aqui subdividido em combustíveis fósseis, biomassa e eletricidade.

II.a. Combustíveis fósseis

Combustíveis fósseis são materiais combustíveis obtidos em depósitos minerais, estando geralmente relacionados com o carvão mineral e derivados do petróleo. No Brasil o uso de outros combustíveis fósseis como turfa, hulha e gás natural são incumuns no meio rural, e o uso de carvão mineral é muito restrito. Para fins de avaliação de consumo de combustíveis fósseis no AMBITEC-AGRO consideram-se os componentes óleo combustível, gasolina, diesel e carvão mineral. Por serem recursos não renováveis

necessariamente obtidos fora da propriedade, portanto impondo um dreno de capital, alterações maiores que 25% nesses componentes devem ser consideradas grandes (± 3)

- i) Óleo combustível: de uso muito restrito, aplica-se somente para geração de calor em operações agroindustriais de grande porte.
- ii) Gasolina: motores e veículos leves.
- iii) Diesel: motores e veículos pesados.
- iv) Carvão mineral: de uso muito restrito e regionalizado no sul do país, aplica-se somente para geração de calor em operações agroindustriais de grande porte.

II.b. Biomassa

Uma parte considerável da energia consumida no meio rural é geralmente suprida diretamente por combustão de biomassa. Além de ser uma fonte renovável de energia normalmente produzida na propriedade, quando bem planejada a queima de biomassa também oferece um destino valioso a excedentes de restos vegetais que muitas vezes não têm outra aplicação. Por outro lado, a extração de vegetação para produção de lenha, acima da capacidade de suporte, tem sido responsável por enorme degradação ambiental em muitas regiões do mundo, inclusive em extensas áreas do Brasil. O uso de biomassa pode fazer-se diretamente pela queima, ou indiretamente, pela produção de álcool combustível ou gás em biodigestores. Enquanto este último uso é pouco importante no país, a produção de álcool é uma das principais atividades do agronegócio nacional. Ademais, nas destilarias de álcool, o bagaço-de-cana configura-se um importante combustível, contribuindo significativamente para o balanço energético total. Assim, para avaliação do uso de biomassa na avaliação de impacto de inovações tecnológicas, considera-se o consumo de álcool, lenha, bagaço-de-cana, e restos vegetais. Pelas características de disponibilidade mencionadas, e por normalmente comporem recursos próprios, recomenda-se que somente alterações superiores a 50% no consumo de combustíveis derivados de biomassa sejam consideradas como grandes (± 3).

- i) Álcool: veículos leves.

fortemente para reduzir o uso de energia necessário para a recuperação de áreas degradadas.

III. Uso de recursos naturais

Além do uso dos insumos tecnológicos providos pelo sistema econômico, mencionados acima, a produção agropecuária depende do uso de recursos naturais, considerados não simplesmente como base para locação ou sustentação das atividades, o que considera-se no aspecto de Conservação Ambiental, mas recursos incorporados diretamente ao processo produtivo como insumos, cujo uso é passível de alteração segundo a eficiência tecnológica. Nesse indicador, então, avalia-se a necessidade imposta pela tecnologia do uso de água para irrigação, água para processamento, e solo para plantio.

i) Água para irrigação: ainda que restrito às atividades agrícolas de produção irrigada, o uso de água para irrigação é um importante componente do uso de recursos naturais no meio rural. O uso racional da água para irrigação implica, de um lado, a conservação desse recurso crescentemente escasso na maioria das regiões do país, e de outro, a eficiência do processo como um todo. Alterações superiores a 25% no volume de água para irrigação devem ser consideradas grandes (± 3).

ii) Água para processamento: o uso de água para processamento relaciona-se principalmente às atividades de pós-colheita e processamento da produção. Na maioria dos casos de produção agroindustrial esse uso é não-consuntivo, mas muitas vezes resulta em comprometimento da qualidade da água. Esta alteração de qualidade, contudo, é considerada no aspecto de Conservação Ambiental, e não deve ser avaliada neste componente, para evitar dupla contagem. Novamente, devido à crescente escassez de água de boa qualidade na maioria das regiões do país, alterações superiores a 25% no uso de água para processamento devem ser consideradas grandes (± 3).

iii) Solo para plantio (área): em termos de eficiência tecnológica agropecuária, o uso do solo pode ser equiparado com produtividade. Com maior produtividade, menos área cultivada necessita ser incorporada ao processo produtivo, o que resulta em economias em toda sorte de insumos. Mais importante, reduz-se a pressão para ocupação de novas áreas, geralmente hoje compostas por áreas marginais ou habitats naturais nas regiões da fronteira de expansão da ocupação agropecuária. Por estas implicações, alterações superiores a 25% na necessidade de área para plantio (ou seja, alterações correspondentes de produtividade) devem ser consideradas grandes (± 3).

Pela equiparação da consideração do uso de recursos naturais como insumos, para efeito de avaliação de eficiência tecnológica, a matriz de ponderação desse indicador restringe a escala espacial ao âmbito pontual. Os componentes referentes ao uso de água compõem, em seu conjunto, 60% da importância do indicador (30% para cada uso), enquanto 40% refere-se ao uso de solo para plantio (Figura 4).

No exemplo de tecnologia de recuperação de áreas degradadas com plantas associadas a microrganismos estudado, enquanto o componente água para processamento não se aplica, observou-se grande redução da necessidade de água para irrigação e de solo para plantio na propriedade, resultando em um índice de impacto igual a +2,1 para este indicador (para um máximo de 3,0, correspondente à escala pontual somente), atestando a grande contribuição da tecnologia para a eficiência no uso de recursos naturais.

Conservação Ambiental

Uma vez considerada a eficiência da inovação tecnológica sobre o uso de insumos, que representa sua contribuição para a sustentabilidade da atividade agropecuária a montante do processo produtivo, deve-se atentar para os impactos da inovação tecnológica a jusante, ou seja, 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 IV) atmosfera, V) capacidade produtiva do solo, VI) água e pela perda de VII) biodiversidade

IV) Atmosfera

Os impactos ambientais das atividades agropecuárias têm atingido tamanha grandeza e intensidade que recentemente vêm sendo incluídos nos inventários e projetos de investigação sobre as mudanças do clima planetário. Isto deve-se principalmente a contribuição das atividades agropecuárias para o aquecimento global da atmosfera, com a emissão de gases causadores do efeito estufa. Além desse impacto de escala global, as atividades agropecuárias frequentemente causam emissões de poeiras, odores e podem ainda gerar ruídos. Assim, os componentes para avaliação do indicador de impacto ambiental sobre qualidade da atmosfera referem-se à emissão de i) gases de efeito estufa, ii) material particulado/fumaça, iii) odores e iv) ruídos.

i) Emissão de gases de efeito estufa: Dois dos principais gases associados com o aquecimento global resultante do efeito estufa são gerados em grandes quantidades pelas atividades agropecuárias, quais sejam, o dióxido de carbono (CO_2) e o metano (CH_4); e uma contribuição importante é também atribuída aos óxidos de nitrogênio (NO_x). O CO_2 é gerado por todas as atividades que envolvem combustão. Dentre estas, as principais são aquelas relacionadas com o uso de combustíveis fósseis, mas incluem também a queima de resíduos de colheita, de pastagens, e da vegetação em geral, em especial as queimadas de áreas florestais para fins de limpeza relacionada com agricultura itinerante. Uma exceção importante que deve ser considerada nesta avaliação é a queima de biomassa, inclusive de álcool combustível, pois estes são resultado de um ciclo curto de produção de combustíveis pela fixação de CO_2 atmosférico, balanceando a emissão. Uma outra fonte importante de CO_2 é a oxidação da matéria orgânica dos solos, porém sua consideração para fins de avaliação é complexa e controvertida. O CH_4 é gerado nos processos metabólicos anaeróbicos, principalmente aqueles

relacionados com a digestão de ruminantes e decomposição da matéria orgânica em ambientes anóxicos, como solos inundados (Lima, 2000). Assim, a criação bovina e as áreas de irrigação por inundação, comuns na produção de arroz, são consideradas fontes importantes. A emissão de NO_x deve-se principalmente à denitrificação de compostos nitrogenados promovida por microrganismos do solo, de forma que processos que causem grandes adições de nitrogênio ao solo, como cultivo de plantas leguminosas e adubação nitrogenada, são relacionados com a emissão desses gases. Devido à complexidade envolvida nos processos de geração e emissão de gases de efeito estufa, e às controvertidas discussões sobre o papel exercido pelas atividades agropecuárias como fontes ou sumidouros desses gases, recomenda-se parcimônia na consideração dos coeficientes de alteração desse componente. Para o caso mais simples de emissões devidas à combustão, recomenda-se que somente operações de larga escala e aumentos significativos devidos a combustíveis fósseis sejam considerados como grandes (+3). Já no sentido inverso, recomenda-se que somente atividades extensivas e permanentes de fixação carbono, como florestamentos definitivos com plantas nativas, sejam considerados como grandes alterações (-3). Em relação às emissões de metano e óxidos de nitrogênio, recomenda-se que somente sob evidência direta e documentada de significativo aumento devido à inovação tecnológica este componente seja considerado como grande (+3). No mais das vezes e quando forem aplicáveis, as alterações devem ser consideradas inalteradas ou moderadas (± 1).

ii) Material particulado e fumaça: as emissões de poeiras e fumaça pelas atividades agropecuárias têm dupla vertente de consideração, por um lado como um incômodo para as populações diretamente expostas, e de outro pelo efeito negativo que promovem sobre as plantas e os animais de criação. A poeira prejudica a atividade fotossintética e funciona como um abrasivo que pode danificar as membranas protetoras das plantas, debilitando-as frente ao ataque de pragas. A emissão de fumaça indica a presença de resíduos de combustão

incompleta, principalmente CO, mas pode incluir quantidades consideráveis de hidrocarbonetos, que sob ação da luz solar são os precursores da formação de ozônio troposférico, reconhecidamente o poluente mais prejudicial à produção vegetal. A avaliação da alteração nesse componente é passível de grande subjetividade, e operacionalmente recomenda-se que seja realizada segundo a periodicidade de ocorrência da emissão, levando em consideração sua intensidade. A alteração na emissão de material particulado/fumaça deve ser considerada moderada (± 1) quando, devido à adoção da inovação tecnológica, ocorrerem incrementos (ou reduções) de até 50% na periodicidade das emissões. Quando a adoção de uma inovação tecnológica implicar alteração superior a 50% nessa periodicidade, esta deve ser considerada grande (± 3).

iii) Odores o impacto causado pela emissão de odores relaciona-se essencialmente ao desconforto para as pessoas expostas, e deve ser avaliado com base nesse critério. Pode-se qualificar essa percepção sensorial da ocorrência de odores segundo níveis de conforto como, por exemplo, fraco, incômodo e insuportável. Recomenda-se que se determine a alteração na geração de odores causada pela adoção da tecnologia, considerando-a moderada (± 1) quando a percepção sensorial envolver uma mudança em um nível de conforto, por exemplo, de insuportável para incômodo (ou vice-versa) ou de incômodo para fraco (ou vice-versa). Quando essa mudança de conforto envolver dois níveis, considera-se a alteração grande (± 3).

iv) Ruídos as mesmas considerações quanto aos efeitos, e o mesmo raciocínio quanto à avaliação aplicados acima para geração de odores aplicam-se a geração de ruídos. Pode-se qualificar os níveis de conforto relativos a ruídos igualmente como fracos, incômodos ou insuportáveis, considerando-se a alteração do componente devido à adoção da tecnologia como moderada (± 1) quando ocorrer mudança de um nível, e considerá-la grande (± 3) quando envolver mudança maior

que dois níveis de conforto entre a situação de desenvolvimento da atividade com ou sem a adoção da inovação tecnológica em avaliação.

A ponderação desses componentes para composição do indicador de qualidade da atmosfera incluída na matriz de ponderação enfatiza a emissão de gases de efeito estufa e de material particulado/fumaça como mais importantes para o impacto ambiental das atividades agropecuárias, respondendo por 80% do indicador (40% cada componente). Os outros 20% são igualmente distribuídos pelos fatores de geração de odores e ruídos (Figura 5). Estes componentes são ainda passíveis de ponderação segundo sua escala de ocorrência pontual, local, ou no entorno (vide Tabela 2).

No exemplo da tecnologia de recuperação de áreas degradadas, devido ao plantio de espécies para formação florestal permanente, considerou-se que há um sequestro definitivo de carbono, com grande redução na extensão da área recuperada (escala pontual de emissão de gases de efeito estufa). Considerou-se ainda que não há implicações relativas à emissão de materiais particulados ou odores, mas pela aplicação de uma tecnologia baseada em associações biológicas ao contrário de maquinário de manejo do solo, houve moderada redução na geração de ruídos na escala local, da propriedade. Com estas implicações, a tecnologia apresentou um coeficiente de impacto ambiental relativo ao indicador qualidade da atmosfera igual a 1,4, de um total máximo possível de 15, o que indica que a contribuição é positiva, aderindo à norma de reduzir os impactos ambientais negativos.

V. Capacidade produtiva do solo

A avaliação de impactos ambientais relativos ao compartimento solo não pode ser diretamente medida pela alteração dos parâmetros de qualidade, normalmente relacionados com determinação da fertilidade para fins agrícolas. Isso deve-se ao fato de que a fertilidade do solo não é, necessariamente, equivalente à qualidade do ambiente. De fato, são comuns as situações nas quais solos férteis e produtivos estão inseridos em ambientes fortemente degradados, e vice-versa, muitos ambientes naturais de alto valor

ecológico ocorrem em solos extremamente pobres e inférteis. Ainda assim, a qualidade do solo é um indicador fundamental da sustentabilidade das atividades agropecuárias, e deve ser inserida nas avaliações de impacto ambiental de tecnologias. Para tanto, pode-se associar ao indicador de qualidade do solo um condicionante de tempo, dependente das ações de manejo, e um sentido em acordo com o objetivo da avaliação (no caso presente o uso sustentável), de maneira que as alterações na fertilidade do solo sejam enfatizadas, antes que suas características genéticas. O indicador de contribuição da inovação tecnológica agropecuária para a conservação ambiental relativa à qualidade do solo no AMBITEC-AGRO é, assim, representado por alteração na capacidade produtiva, avaliada pelos componentes erosão, perda de matéria orgânica e de nutrientes, e compactação.

i) Erosão: a erosão é o principal fator de degradação do solo, especialmente em regiões tropicais sujeitas a chuvas torrenciais altamente erosivas. A erosão compromete a produtividade pela degradação da estrutura do solo e diminuição da uniformidade de condições agronômicas no campo cultivado, pela redução na capacidade de retenção de água e pela perda de nutrientes e matéria orgânica, sendo portanto um componente composto, que inclui outros componentes de avaliação de efeitos da tecnologia sobre a capacidade produtiva do solo. Por ser função de uma complexa interação de fatores ambientais e de manejo, que envolvem características de erodibilidade do solo, da declividade e extensão da pendente, da cobertura vegetal, da erosividade das chuvas, e das práticas e medidas de controle, a erosão potencial é extremamente variável. De uma forma geral, considera-se que taxas de erosão de até uma dezena de toneladas de solo perdidas por hectare por ano podem ser admitidas (limite aproximado estabelecido pelo Serviço Americano de Conservação do Solo, (Cox & Atkins, 1979), pg. 277), mas este limite pode variar grandemente de região para região. Devido à complexidade de sua avaliação e da variabilidade dos limites aceitáveis segundo as condições locais, recomenda-se que a avaliação do coeficiente de alteração desse componente faça-se pela comparação da ocorrência de três categorias de erosão, devido à adoção da tecnologia, quais sejam, erosão laminar, em sulcos e ravinamento, sendo que a gravidade do processo erosivo aumenta grandemente da

primeira para a última categoria. O coeficiente de alteração do componente deve ser considerado moderado (± 1), quando envolver alteração de uma categoria para a imediatamente subsequente. Por outro lado, a alteração é considerada grande (± 3) quando envolve mudança de dois níveis de gravidade de erosão.

ii) Perda de matéria orgânica: a matéria orgânica é um condicionante essencial da fertilidade e da resistência do solo, ou seja, da capacidade de manter suas características físico-químico-biológicas quando submetido ao manejo agrícola. Especialmente em solos tropicais, mormente compostos por argilas fortemente hidrolizadas e oxidadas cuja capacidade de troca de cátions é restrita, a matéria orgânica exerce duplo papel: de condicionante químico, servindo como sítio de adsorção e troca de nutrientes, e de condicionante físico, como cimento para as partículas minerais do solo, contribuindo para sua estruturação e retenção de água. Ademais, a matéria orgânica é o substrato para desenvolvimento da biota do solo, responsável pela aeração do perfil e pelo ciclo dos nutrientes. A oxidação da matéria orgânica devido à exposição do solo pela retirada da vegetação nativa e pelas operações de aração e gradagem resultam em redução do conteúdo orgânico dos solos, perda de sua estrutura e da capacidade de retenção de nutrientes e água. O conteúdo orgânico é extremamente variável segundo a gênese e o histórico de ocupação do solo. Para avaliação operacional do coeficiente de perda da matéria orgânica do solo recomenda-se obtenção de informação de análises para fins de fertilização e calagem (geralmente disponível na propriedade), considerando as alterações como grandes (± 3) quando estas envolverem mudança superior a 25% do conteúdo orgânico devido à adoção da tecnologia. Na ausência de informações analíticas, solicita-se que o produtor/responsável avalie a extensão da perda de matéria orgânica segundo seu conhecimento sobre as características do solo local e sua experiência com o uso da tecnologia.

iii) Perda de nutrientes: este componente do indicador de capacidade produtiva do solo é relacionado com os componentes anteriores, e deve ser avaliado segundo

informações analíticas para fins de fertilização e calagem, normalmente disponíveis na propriedade, considerando alterações superiores a 25% na necessidade histórica de aplicação de fertilizantes, como indicativas de grande alteração (± 3) na perda de nutrientes devido à tecnologia. Esta avaliação deve concentrar-se, contudo, na alteração da necessidade de aplicação de fertilizantes para reposição de perdas, excluindo possíveis mudanças devidas a exigências nutricionais ou características tecnológicas típicas de intensificação produtiva, anteriormente inseridas no componente NPK hidrossolúvel, do indicador de uso de agroquímicos, no aspecto de Eficiência Tecnológica. Com isto procura-se reduzir dupla contagem, embora deva-se admitir que total independência entre estes componentes e indicadores não existe. Na ausência de informações analíticas, solicita-se que o produtor/responsável avalie a extensão da perda de nutrientes segundo seu conhecimento sobre as características do solo local e sua experiência histórica de fertilização da área, o sobre os efeitos do uso da tecnologia em avaliação

iv) Compactação: o uso intensivo de maquinário pesado e o sobrepastoreio são as principais causas da compactação do solo. Solos compactados dificultam a aeração e a condutividade da água, prejudicando a penetração das raízes e comprometendo fortemente a produtividade. A avaliação operacional do coeficiente de alteração desse componente deve basear-se na cobertura relativa de superfície compactada na área de influência da atividade à qual a tecnologia é aplicada. Solicita-se que o produtor/responsável avalie a extensão da compactação segundo seu conhecimento sobre as características do solo local e sua experiência histórica de uso e característica da área, recomendando que considere como grande (± 3) a alteração que implique mais de 25% de superfície compactada na área considerada.

Similarmente aos indicadores de eficiência tecnológica, alterações da capacidade produtiva do solo restringem-se à área cultivada, portanto esses componentes envolvem

somente a escala de ocorrência pontual (Figura 6). Quanto à importância para composição do indicador, os coeficientes de ponderação são uniformemente distribuídos (25% para cada componente), devido à interação que ocorre entre os componentes para determinação da capacidade produtiva do solo.

A tecnologia de recuperação de áreas degradadas com plantas associadas a microrganismos resultou em grande redução em todos os componentes desse indicador. O coeficiente de impacto ambiental resultante foi igual a 15, correspondente ao máximo possível (Figura 6). Vale notar que esse valor máximo para o coeficiente de impacto sobre a capacidade produtiva do solo é similar àqueles correspondentes aos indicadores passíveis de ocorrência em escala local e no entorno, além da escala pontual exclusivamente, como é o caso deste indicador. Isso se deve à aplicação de um fator de correção embutido neste indicador, que tem a finalidade de normalizá-lo relativamente aos outros indicadores que compõem o aspecto de Conservação Ambiental.

VI. Água

A qualidade da água é possivelmente o indicador mais sensível dos impactos causados pelas atividades agropecuárias, pois praticamente toda inadequação do manejo resultará em consequências negativas sobre as águas, seja no ambiente imediato no qual desenvolve-se a atividade produtiva, seja no seu entorno. Nesse sentido, a avaliação de alterações na qualidade das águas tem um caráter composto, que reflete as consequências de ações de manejo em geral, e portanto não é possível tratar este componente como totalmente independente dos anteriormente mencionados, não só em relação ao aspecto de Conservação Ambiental, mas também quanto à Eficiência Tecnológica. Isto significa que é necessário ter em mente que uma certa dupla contagem ocorre quando as alterações da qualidade das águas são consideradas na avaliação de impactos ambientais da inovação tecnológica, mas isto é inevitável, dado o caráter sistêmico do ambiente. Uma outra consideração importante do caráter sistêmico da avaliação dos impactos das atividades agrícolas sobre as águas diz respeito à compartimentação das águas em duas unidades interrelacionadas e de igual importância, quais sejam, as águas superficiais e subterrâneas. Embora o estudo dessas unidades compreenda especificidades fundamentais, que são refletidas em todos os aspectos de consideração, desde legais, de vulnerabilidade, de

manejo e de conservação, no presente sistema de avaliação somente os aspectos de qualidade das águas superficiais são explicitamente inseridos. Isto é devido à dificuldade de se obterem informações confiáveis, ao nível da propriedade rural no qual desenvolve-se este trabalho, sobre as alterações imediatas causadas diretamente por atividades de manejo, e implicadas nas mudanças causadas por inovações tecnológicas, na qualidade e quantidade das águas subterrâneas, tanto na escala de ocorrência pontual, quanto local e no entorno. Ademais, considera-se, para efeito do sistema de avaliação proposto, que a continuidade sistêmica entre as águas superficiais e subterrâneas nestas escalas de ocorrência consideradas, permitem que o coeficiente de alteração aplicado aos componentes seguintes, sejam suficientes para refletir os impactos da inovação tecnológica sobre a qualidade da água em geral. Estes componentes são a demanda bioquímica de oxigênio, a turbidez, a presença de espuma/óleo/materiais flotantes, e a sedimentação/assoreamento de corpos d'água.

i) Demanda bioquímica de oxigênio: a DBO₅ refere-se ao conteúdo orgânico das águas, sendo uma medida da quantidade de oxigênio dissolvido necessária para oxidar a carga orgânica presente na água. Uma alta DBO₅ implica que a água está sujeita a depleção de oxigênio até o limite da anoxia, quando torna-se imprópria para sustentar qualquer organismo aeróbio. A DBO₅, portanto, varia com a oxigenação do corpo d'água, pois a concentração de oxigênio será uma função de seu consumo e sua incorporação, via difusão, na água. Em corpos d'água onde ocorre pouca turbulência, concentrações de apenas 5 mg/l de DBO₅ podem produzir condições indesejáveis. Operacionalmente, a avaliação deste componente pode ser realizada analiticamente de duas formas: diretamente, pelo envio de amostras a laboratórios especializados em análise de qualidade da água, e indiretamente, pela medida de oxigênio dissolvido, que é facilmente obtida com o uso de um oxímetro. Na inviabilidade dessas medidas, ou quando a situação amostral for complexa, recomenda-se a utilização de "proxis" representados pela presença de organismos aquáticos, conforme conhecimento do produtor/responsável. Considera-se a alteração nesse componente grande (± 3) quando, em consequência da adoção da inovação tecnológica, ocorrerem (ou

deixarem de ocorrer para o caso de melhoria do componente) episódios de anoxia, indicados por medidas de concentração de O_2 , ou pela presença de organismos mortos por esta causa, ou ainda pela presença de maus odores típicos de decomposição anaeróbia. A alteração será considerada moderada (± 1) quando ocorrer (ou deixar de ocorrer) indicação de depleção de oxigênio, porém insuficientes para anoxia, indicada por medida da concentração de O_2 , ou por comportamento indicativo de asfixia nos organismos aquáticos, como diminuição da atividade e busca de pontos de maior aeração na superfície.

ii) Turbidez: representa a presença de sólidos em suspensão na água, sejam partículas ou colóides, orgânicos ou inorgânicos, sedimentáveis ou não. A turbidez reduz a penetração dos raios solares, comprometendo a fotossíntese, e implica dificuldades para filtração e desinfecção da água para uso, além de prejuízo estético. A turbidez pode ser medida de forma simples pela imersão de um objeto branco (o conhecido disco de Secchi) e medida da profundidade em que é observável. A turbidez obviamente é extremamente variável segundo a tipologia do corpo d'água e as condições de momento (intensidade de chuvas, p.ex.) e de local. Assim, a avaliação dependerá sempre do conhecimento do produtor/responsável sobre as condições locais e devem ser baseadas na periodicidade de ocorrência. Recomenda-se que alterações nas condições de turbidez sejam consideradas grandes (± 3) quando, em consequência da adoção da inovação tecnológica, houver alteração superior a 50% no tempo de ocorrência da condição de aumento (ou redução) da turbidez.

iii) Espuma/óleo/materiais flutuantes: a presença desses materiais compromete todos os usos potenciais das águas e causa grande depauperação estética. Similarmente ao componente anterior, a avaliação deste componente dependerá sempre do conhecimento do produtor/responsável sobre as condições locais e deve ser baseada na periodicidade de ocorrência. Recomenda-se que alterações na presença de espumas/óleo/materiais flutuantes sejam consideradas grandes (± 3)

quando, em consequência da adoção da inovação tecnológica, houver alteração superior a 50% no tempo de ocorrência da condição de aumento (ou redução) desses materiais.

iv) Sedimentação/assoreamento: este componente expressa o resultado composto da longa exposição de um corpo d'água a condições desfavoráveis de qualidade da água, sendo, portanto, dependente dos componentes anteriores, e pode implicar certa dupla contagem. Sua inclusão em adição àqueles componentes se justifica, contudo, para expressar a consequência última das alterações de qualidade da água no ecossistema considerado. Todo ecossistema aquático está sujeito a uma sucessão ecológica no contexto da paisagem, sendo que o processo de recebimento de carga de sedimentos finalmente resulta em sua colmatação e atingimento de um clímax terrestre. Ao atingir este clímax, o ecossistema aquático deixa de existir, o que significa sua degradação definitiva, enquanto ecossistema aquático que fora. Este processo tem uma taxa de ocorrência que depende da tipologia e das condições de interação do ecossistema aquático com os ecossistemas terrestres limitrofes. Quanto mais equilibradas estas interações, no sentido de serem mínimas as trocas de energia entre os sistemas, mais estendido é o processo evolutivo de sucessão, refletindo melhores condições ambientais de manutenção do ecossistema aquático considerado. A avaliação desse componente reflete alterações na taxa de sucessão do ecossistema aquático, no sentido da sua degradação, causada pela sedimentação/assoreamento. Como este é um processo de longo termo relativo à avaliação do impacto ambiental de uma inovação tecnológica agropecuária, a avaliação necessariamente envolve o conhecimento, por parte do produtor/responsável, do histórico de evolução do ecossistema aquático na paisagem local. A alteração do componente deve ser considerada grande (± 3) quando a taxa de colmatação for tal que o ecossistema evidentemente perca sua característica aquática (ou deixe de perdê-la no caso positivo) em qualquer extensão de sua área marginal, ou seja, parte da lâmina d'água transforme-se em terra firme. A alteração será considerada moderada (± 1) quando

a colmatção não implique perda imediata de lâmina d'água, sendo restrita a perda de volume por sedimentação de fundo. Finalmente, considera-se o componente inalterado quando, relativo à dimensão do ambiente aquático, não for observada alteração significativa de sua situação de assoreamento.

A matriz de ponderação de qualidade da água distribui homogeneamente a importância dos componentes, cada qual recebendo 25% do peso na composição deste indicador, de forma a reconhecer a relativa interdependência sistêmica dos impactos sobre a qualidade da água (Figura 7). A escala de ocorrência desses componentes freqüentemente ultrapassa os limites da propriedade, dado o caráter de veículo para descarga de resíduos exercido pela água. Muita atenção deve ser dada na consideração da escala de ocorrência, pois impactos que alcançam o entorno assumem uma dimensão proporcionalmente maior.

A tecnologia de recuperação de áreas degradadas com plantas associadas a microrganismos, apresentada como exemplo, contribuiu para grande redução da erosão nos limites da área recuperada (pontual), e resultou em grande redução na sedimentação/assoreamento, também restrita ao limite da área recuperada (pontual), enquanto não aplicou-se aos componentes de turbidez e espumas/óleo/materiais flutuantes. Com esses resultados, o coeficiente de impacto da tecnologia foi igual a 1,5 de um máximo possível de 15 (Figura 7), o que indica que a tecnologia é adequada em relação a este indicador.

VII. Biodiversidade

A conservação da biodiversidade é hoje considerada um objetivo fundamental para o desenvolvimento sustentável e uma oportunidade para exercício do papel multifuncional do setor agropecuário, uma vez que a maior parte do estoque presente de diversidade biológica e cultural encontra-se em áreas sujeitas a algum nível de manejo agropecuário e florestal (Pimentel *et al.*, 1992). As causas dos impactos das atividades agropecuárias sobre a biodiversidade envolvem desde a extensiva destruição de habitats naturais devido à

expansão das áreas de fronteira agrícola, até os efeitos da degradação da qualidade ambiental por substâncias tóxicas e resíduos da intensificação agropecuária, bem como a homogeneização genética de plantas e animais de criação, das formas de manejo e até mesmo dos modos de vida tradicionais (Rodrigues, 2001). A magnitude desses impactos é extremamente variável, mas todas as regiões do globo têm experimentado o resultado subjacente à perda de biodiversidade, que é o empobrecimento dos ecossistemas e a homogeneização cultural. As consequências desses impactos têm um alcance muito grande, pois uma parte importante das alternativas de manejo, da multifuncionalidade dos ambientes agropecuários e florestais, e da segurança ecológica e mesmo alimentar da humanidade apóia-se nesta biodiversidade. As contribuições da biodiversidade para a produção agropecuária equiparam-se com as oportunidades para conservação da biodiversidade pelo adequado manejo agropecuário e florestal, representando uma área importante para pesquisa e desenvolvimento de políticas de conservação, inclusive no nível internacional de acordos e convenções cooperativas (Campanhola *et al.*, 1998). No âmbito do AMBITEC-AGRO três componentes são considerados neste indicador, quais sejam: perdas de vegetação nativa, de corredores de fauna, e de espécies e variedades caboclas.

- i) Perda de vegetação nativa: este componente endereça a necessidade, imposta pela legislação (destacando-se o Art. 2 da lei 4.771/65), de conservação de florestas e demais formas de vegetação natural de preservação permanente, incluindo topos de morros, terrenos com declividade superior a 45°, vegetação ciliar, etc. Devido à semelhança de definição com o indicador de Área de Preservação Permanente constante do aspecto de Recuperação Ambiental apresentado adiante, é de extrema importância para correta avaliação de impacto com o sistema AMBITEC-AGRO que este componente considere exclusivamente áreas de vegetação nativa existentes na propriedade e no seu entorno, e que tenham seu "status" de conservação alterado pela inovação tecnológica em avaliação. Recomenda-se considerar a alteração neste componente como grande (± 3) quando a adoção da inovação tecnológica agropecuária contribuir efetiva e diretamente para a conservação ou proteção da vegetação nativa ou área de

preservação permanente na propriedade ou seu entorno. Esta contribuição direta significa que a tecnologia deve relacionar-se especificamente à conservação (ou impedir uma prática que relacione-se diretamente, para o caso de impacto negativo) da vegetação nativa, aumentando (ou comprometendo para o caso de impacto negativo) a garantia de sua proteção. A sua vez, a alteração será considerada moderada (± 1) quando a tecnologia em avaliação contribuir (ou prejudicar, para o caso de impacto negativo) indiretamente, por força de alívio (ou aumento) de efetiva pressão de ocupação ou exploração predatória sobre áreas de vegetação nativa, por exemplo.

ii) Perda de corredores de fauna: uma certa sobreposição existe entre este componente e o anterior, uma vez que as áreas de preservação permanente em geral, e de vegetação nativa em particular, configuram-se em corredores de fauna. Contudo, e de importância especial para o setor agropecuário, muitas áreas inseridas no processo produtivo e manejadas em vários graus de intensidade, são igualmente valiosas para permitir o fluxo de populações, favorecendo seu contato genético e assim exercendo o papel de corredores de fauna. Dentre essas áreas podem-se considerar os reflorestamentos, as áreas de pousio e marginais, os ecossistemas aquáticos, as pastagens extensivas pontilhadas de vegetação arbórea ou ilhas de vegetação nativa, entre muitas outras de uso agropecuário pouco intensivo. Mesmo certas atividades agropecuárias intensivas podem constituir-se, em certa medida, em corredores adequados para a fauna, como áreas altamente consorciadas e associações agroflorestais como café sombreado, palmitais, cacauais, entre muitos outros. Recomenda-se que a alteração desse componente seja considerada grande (± 3) sempre que as áreas manejadas de forma a qualificarem-se como corredores de fauna promovam (ou restrinjam, para o caso negativo) a conexão entre áreas de preservação permanente existentes na propriedade ou no seu entorno. A alteração será considerada moderada (± 1) quando esta conexão (ou sua restrição) ocorrer entre outras áreas que constituam-

se, em si, corredores, contribuindo para a conectividade dos habitats, porém não diretamente entre áreas de preservação permanente.

iii) Extinção de espécies ou de variedades caboclas: a profunda modificação imposta aos habitats naturais quando de sua ocupação para desenvolvimento de atividades agropecuárias, necessariamente resulta na extinção da maior parte das espécies nativas deste habitat. Quando a inovação tecnológica agropecuária em avaliação promove este tipo de modificação, seja na propriedade ou no âmbito regional, ela estará causando a extinção local de espécies. Igualmente, muitas inovações tecnológicas implicam a adoção de formas de manejo que são incompatíveis com componentes do manejo anterior ao qual a inovação se aplica, causando substituição ao invés de contribuição no desenvolvimento da atividade. O processo de desenvolvimento agropecuário deve precaver-se contra a homogeneização que pode resultar do avanço tecnológico, procurando evitar os prejuízos associados ao que muitas vezes qualifica-se ingenua e simplesmente como modernização. Esta homogeneização e os prejuízos a ela associados deve ser considerada em suas várias dimensões, incluindo desde a perda local de uma espécie de animal silvestre ou de variedades de plantas ou animais domésticos rústicos ou “caipiras”; o desuso de ferramentas, instrumentos, equipamentos e práticas de cultivo, manejo e construção; ou formas de preparo de alimentos e remédios caseiros, até conhecimentos tradicionais de grande valor histórico ou étnico sobre atividade terapêutica de plantas medicinais, ou mesmo costumes e crenças ligadas ao relacionamento social e cultural comunitário local. Com tal alcance, recomenda-se que a avaliação operacional desse componente seja o mais subjetiva possível, oferecendo ao produtor/responsável a oportunidade de expressar seu sentimento sobre as perdas percebidas em consequência da modernização, permitindo assim a documentação dessas possíveis perdas.

A matriz de ponderação do indicador de Conservação da Biodiversidade permite que a escala de ocorrência na qual a inovação tecnológica possa alterar os componentes atinja tanto os limites da área modificada pela atividade à qual aplica-se a tecnologia, modificando o habitat, bem como a propriedade, quando ocorrerem perdas locais, e até além dos limites da propriedade, quando considerar-se que possa ter ocorrido uma alteração no entorno, seja por modificação de ecossistemas naturais limitrofes, ou por influência sobre propriedades e áreas vizinhas. Devido ao seu caráter de obrigatoriedade frente à legislação nacional, o componente de perda da vegetação nativa é considerado como ligeiramente mais importante para composição do indicador, correspondendo a 40% do peso total. Os componentes de perda de corredores de fauna e de espécies/variedades caboclas recebem respectivamente 30% do peso do indicador (Figura 8).

A tecnologia de recuperação de áreas degradadas estudada no exemplo contribuiu para grande diminuição das perdas nos três componentes desse indicador, todos em escala pontual, resultando em um coeficiente de impacto sobre a biodiversidade igual a +3 para um máximo possível de 15 (Figura 8), sugerindo que esta tecnologia pode contribuir positivamente para a conservação dos habitats e da biodiversidade.

Recuperação Ambiental

A recuperação ambiental inclui-se no sistema de avaliação de impacto ambiental devido ao estado de degradação presentemente observado praticamente na totalidade das regiões agrícolas do país, impondo que o resgate desse passivo ambiental deva ser uma prioridade de todos os 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. Em ecologia, define-se como resiliência de um ecossistema a sua capacidade de recuperar um estado de equilíbrio dinâmico similar ao original, após cessado um estresse. O aspecto de recuperação Ambiental refere-se à efetiva contribuição da inovação tecnológica para promover a recuperação da qualidade ambiental e dos ecossistemas, por melhoria das condições ou propriedades de compartimentos ambientais ou estoque de recursos. 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.

VIII. Variáveis de Recuperação Ambiental

i) Solos degradados: o padrão de exploração agropecuária das últimas décadas no Brasil tem sido caracterizado por um modelo extremamente predatório. Este modelo envolve uma série de fatores de depauperação dos solos, dentre eles o expansionismo da fronteira, o emprego de tecnologias de manejo primariamente desenvolvidas para condições extra-tropicais, o uso muitas vezes pouco instruído de agroquímicos, o emprego freqüente do fogo, uma mecanização muitas vezes não apropriada devido à coincidência temporal da necessidade de manejo com períodos chuvosos, sujeitando os solos à compactação, uma desconsideração generalizada (salvo avanços recentes em certas culturas) da biologia do solo, e muitos outros. A consequência desse modelo é a presente existência e a continuada expansão de áreas ocupadas por solos quimicamente empobrecidos, fisicamente degradados e biologicamente mortos. Um importante esforço de pesquisa tem sido dirigido nos últimos anos, felizmente, para o desenvolvimento de técnicas que melhorem o manejo e propiciem a recuperação das características físico-químicas-biológicas dos solos. Com efeito, grandes extensões de terras agrícolas vêm sendo cultivadas com técnicas de cultivo mínimo e plantio direto na palha, e a rotação e integração agricultura-pecuária vem também alcançando crescente expressão no cenário produtivo nacional. Todas estas iniciativas de manejo que propiciem a recuperação dos solos são consideradas nesse componente. Recomenda-se que a contribuição da inovação tecnológica em avaliação para a recuperação de solos degradados seja considerada grande (13) quando a alteração efetivamente observada pelo uso da tecnologia traduza-se em importante melhoria (ou prejuízo, para o caso de impactos negativos) em dois aspectos simultâneos das características físico-químicas-biológicas dos solos. A alteração será considerada moderada (± 1) quando a inovação tecnológica

contribuir efetivamente para importante melhoria (ou prejuízo, para o caso de impactos negativos) do solo, porém em somente uma dessas características.

ii) Ecossistemas degradados: com certo grau de sobreposição com o componente anterior, este componente refere-se a áreas marginais, porém inseridas no contexto produtivo das propriedades rurais, freqüentemente expostas a queimadas, ao sobrepastoreio e a outras formas de agressão ecológica. A avaliação do coeficiente de alteração desse componente deve levar em consideração a recuperação e melhoria da inserção produtiva desses ecossistemas na propriedade, uma vez que a recuperação de áreas de preservação e de Reserva Legal faz-se adiante em componentes específicos. Recomenda-se considerar a alteração na recuperação de ecossistemas com base em sua produtividade relativa, sendo esta grande (± 3) quando a produtividade altera-se acima (ou abaixo) de 25% em relação à situação anterior ou na ausência da inovação tecnológica.

iii) Áreas de preservação permanente: definidas em legislação pertinente (MP 1.956-50 de 28/05/2000 reeditada até a MP 2.166-67 de 24/08/2001) estas áreas envolvem as florestas e demais formas de vegetação natural de preservação permanente, incluindo topos de morros, terrenos com declividade superior a 45°, vegetação ciliar, etc. Na grande maioria dos casos as áreas de preservação permanente são ocupadas e alteradas por atividades agropecuárias, mas devido a restrições agronômicas tendem a contribuir relativamente pouco em termos de produção, porém muito em termos de degradação ambiental. Recomenda-se considerar a alteração neste componente como grande (± 3) quando ela resultar em mudança do “status” de atendimento à legislação pertinente, ou seja, quando a alteração efetivamente observada em razão da adoção da tecnologia em avaliação fizer com que a propriedade passe de infratora a cumpridora (ou vice-versa em casos de impacto negativo) dos requisitos de preservação dessas áreas.

iv) Reserva Legal: a distinção que se aplica entre este componente e o anterior é de ordem inclusiva, ou seja, se as áreas de preservação permanente presentes na propriedade forem suficientes para satisfazer as exigências relativas à Reserva Legal deve-se considerar que este componente não se aplica. Contudo, se não houver interação entre estes componentes, recomenda-se considerar a alteração neste componente como grande (± 3) quando ela resultar em mudança do “status” de atendimento à legislação pertinente, ou seja, quando a alteração efetivamente observada em razão da adoção da tecnologia em avaliação fizer com que a propriedade passe de infratora a cumpridora (ou vice-versa para casos de impacto negativo) dos limites de preservação da Reserva Legal.

A matriz de ponderação do indicador de Recuperação Ambiental enfatiza o cumprimento da exigência de Reserva Legal como mais importante, atribuindo a este componente 40% do peso do indicador, como forma de valorizar esta meta mínima de atendimento da legislação ambiental. Cada um dos outros componentes responde por 20% do indicador (Figura 9).

A tecnologia de recuperação de áreas degradadas apresentada como exemplo contribuiu para uma grande alteração em todos os componentes desse indicador, recuperando solos e ecossistemas dentro dos limites de sua aplicação a campo (escala pontual) e promovendo a propriedade (escala local) ao “status” de cumpridora da legislação de proteção de áreas de preservação permanente e de Reserva Legal. Com estes resultados, a tecnologia alcançou um coeficiente de impacto para as variáveis de recuperação ambiental igual a 4,8 de um máximo de 15 (Figura 9), indicando ser uma tecnologia altamente recomendável para este aspecto de avaliação de impacto ambiental.

AIA da Tecnologia

Completada a avaliação dos componentes e inseridos os respectivos coeficientes de alteração nas matrizes de ponderação correspondentes, para todos os indicadores, os resultados dos coeficientes de impacto ambiental da inovação tecnológica agropecuária

são automaticamente expressos graficamente na planilha **AIA da Tecnologia**. Estes gráficos são compostos para cada aspecto de consideração, primeiramente apresentando uma tabela para averiguação de componentes que eventualmente não se aplicam à situação em estudo, seguida do gráfico conjunto dos componentes do respectivo aspecto, e finalmente um gráfico síntese dos coeficientes de impacto para este aspecto considerado. Após esta apresentação gráfica dos três aspectos componentes do sistema de avaliação, uma tabela síntese apresenta o conjunto dos oito indicadores de impacto, normalizados para comparação no gráfico síntese dos coeficientes de impacto. Finalmente, um Índice de Impacto Ambiental da Inovação Tecnológica Agropecuária é calculado e expresso graficamente.

O cálculo do coeficiente de impacto ambiental para cada indicador é obtido pela expressão:

$$Cia_i = \sum_{j=1}^m A_{ji} * E_{ji} * P_{ji}$$

onde: Cia_i = coeficiente de impacto ambiental do indicador i ;

A_{ji} = coeficiente de alteração do componente j do indicador i ;

E_{ji} = fator de ponderação para escala de ocorrência espacial do componente j do indicador i ,

P_{ji} = fator de ponderação para importância do componente j na composição do indicador i

m = número de componentes do indicador i

O Índice de Impacto Ambiental da Inovação Tecnológica Agropecuária é obtido pela expressão:

$$Iia_t = \sum_{i=1}^m Cia_i * P_i$$

onde: Iia_t = índice de impacto ambiental da tecnologia t ;

Cia_i = coeficiente de impacto ambiental do indicador i ;

P_i = fator de ponderação para importância do indicador i para composição do índice de impacto ambiental da tecnologia t .

m = número de indicadores.

Com base nesses gráficos o avaliador procede à avaliação contextual da inovação tecnológica, segundo o desempenho ambiental observado na situação específica de adoção considerada. Recomenda-se que o avaliador procure o produtor/responsável provedor das informações básicas sobre as quais baseia-se a avaliação, primeiramente para discutir os resultados e proceder a correções que possam ser julgadas necessárias, e finalmente para oferecer-lhe um retorno sobre possíveis problemas e alternativas que possam contribuir para um melhor desempenho ambiental da tecnologia no contexto da propriedade e do sistema produtivo agropecuário.

Conforme avaliação dos componentes apresentados anteriormente, os resultados relativos ao aspecto de Eficiência Tecnológica da tecnologia de recuperação de áreas degradadas utilizando plantas associadas a microrganismos e uso de adubos mais baratos no mercado, apresentada como exemplo, podem ser observados na Figura 10. Nota-se primeiramente, ao alto da Figura, que vários componentes desse aspecto não se aplicam para esta tecnologia no contexto estudado, como é o caso de calagem no indicador Uso de Agroquímicos, de todos os tipos de biomassa e eletricidade no indicador Uso de Energia, e de água para processamento no indicador Uso de Recursos Naturais.

Os gráficos que seguem apresentam os coeficientes de variação de cada um dos componentes, sendo aqueles que não se aplicam expressos como inalterados (zero). Os gráficos referentes à avaliação dos componentes apresentam escala correspondente à sensibilidade do componente, determinada pela composição dos coeficientes de escala de ocorrência e de importância na composição do indicador. Para o caso dos componentes dos indicadores de uso de agroquímicos, uso de energia e uso de recursos naturais apresentados na Figura 10, esta escala varia de -1,5 a 1,5.

Em seguida aos resultados correspondentes aos componentes, apresenta-se o gráfico síntese, que expressa os coeficientes de impacto ambiental dos indicadores do

aspecto de Eficiência Tecnológica (Figura 11). A escala deste gráfico é igualmente condicionada pela sensibilidade dos componentes, uma vez que não há ponderação de importância de indicadores para composição dos aspectos de avaliação de impacto ambiental, operação que é realizada somente na composição final do índice de impacto ambiental da tecnologia, adiante. Para o caso dos componentes dos indicadores de uso de agroquímicos, uso de energia e uso de recursos naturais apresentados na Figura 11 (escala de $\pm 3,0$), os resultados do exemplo da tecnologia de recuperação de áreas degradadas com plantas associadas a microrganismos mostrou coeficientes de impacto ambiental variando de -0,7 até +2,1.

De forma semelhante, a Figura 12 apresenta os resultados dos componentes dos indicadores de conservação ambiental, com suas respectivas escalas de variação, de acordo com os testes de sensibilidade apropriados. Vale notar que estas escalas são diferentes para os gráficos destes indicadores, já que a escala de ocorrência não é a mesma para todos, resultando em ponderação e sensibilidade variável. O gráfico síntese do aspecto de Conservação Ambiental (Figura 13), por sua vez, apresenta os coeficientes de impacto ambiental dos respectivos indicadores já normalizados, de forma que todos os coeficientes sejam comparáveis entre si.

Os resultados da tecnologia de recuperação de áreas degradadas com plantas associadas a microrganismos alcançou valor máximo de coeficiente de impacto para o indicador de capacidade produtiva do solo (15), justamente aquele cuja consideração de escala de ocorrência se faz somente no nível pontual (Figura 13). Os outros coeficientes foram intermediários.

Os resultados da avaliação do impacto da tecnologia para Recuperação Ambiental, expressos pelos coeficientes de impacto dos respectivos componentes, são apresentados na Figura 14, que mostra que a tecnologia de recuperação de áreas degradadas exemplificada tem bom desempenho nesse aspecto.

Uma síntese geral dos coeficientes de impacto ambiental da inovação tecnológica agropecuária é apresentada na Figura 15. Todos os coeficientes aparecem já normalizados de forma a serem expressos na mesma escala, permitindo comparação direta do desempenho ambiental da tecnologia em cada indicador. Para a tecnologia de recuperação

de áreas degradadas apresentada como exemplo, nota-se que o desempenho relativo ao uso de agroquímicos não atende à norma ideal de obtenção de coeficientes positivos de impacto ambiental. Já para todos os outros indicadores a tecnologia tem desempenho positivo, com destaque para o coeficiente relativo à capacidade produtiva do solo, que alcança o valor máximo (Figura 15).

Finalmente, a inovação tecnológica agropecuária é avaliada em seu conjunto pela composição do Índice de Impacto Ambiental, que inclui uma nova etapa de ponderação para consideração da importância relativa de cada indicador na composição do impacto final da tecnologia (peso total igual à unidade). Conforme ponderação apresentada para a tecnologia de recuperação de áreas degradadas com plantas associadas a microrganismos (Figura 16), recomenda-se que os pesos atribuídos para cada indicador sejam iguais. Esta padronização facilita a comparação entre situações e tecnologias, e evita tendenciosidade por parte dos avaliadores. Entretanto, caso condicionantes especiais da tecnologia em seu uso particular a ser avaliado determinem a validade de alterar estes pesos, as justificativas devem ser muito bem fundamentadas.

A tecnologia de recuperação de áreas degradadas apresentada no exemplo obteve um índice de impacto ambiental igual a 4,84, de um máximo possível de quinze (15). Com este resultado, para o caso estudado, a tecnologia é considerada recomendável para aplicação a campo, uma vez que atendeu à norma definida de minimizar os impactos ambientais negativos. Com a avaliação de uma série de situações de adoção, a depender da consistência desse resultado, a inovação tecnológica poderá ser recomendada para uso em larga escala, devido à sua contribuição positiva em relação ao impacto ambiental.

DISCUSSÃO

O sistema de avaliação do impacto ambiental da inovação tecnológica agropecuária (AMBITEC-AGRO) consiste de um método prático e integrado, suficiente para aplicação a campo na avaliação de situações particulares de uso de tecnologias. Estas avaliações são passíveis de posterior integração em análise estatística para composição de avaliações gerais e comparações do desempenho ambiental de tecnologias em várias situações de uso, podendo servir como um instrumento de tomada de decisão sobre a

viabilidade de recomendação de inovações tecnológicas agropecuárias. O método é de aplicação relativamente simples, por avaliadores devidamente treinados, permite ativa participação dos produtores adotantes da tecnologia, e serve para a comunicação e armazenamento das informações sobre impactos ambientais. A plataforma computacional é amplamente disponível, passível de distribuição e uso a baixo custo e permite a emissão direta de relatórios em forma impressa de fácil manuseio.

Quanto aos aspectos computacionais, a consideração dos componentes que não se aplicam como inalterados no cômputo dos coeficientes de impacto do indicador tem dois motivos. Primeiramente, é operacionalmente complicado, dada a plataforma escolhida para o sistema, configurar as células de cálculo dos coeficientes de impacto para averiguação de ocorrência ou não de coeficientes de alteração a serem excluídos na composição de cada indicador. Para tanto, não somente testes lógicos de presença ou ausência de resposta referente a cada célula que “não se aplique” teriam que ser inseridos, mas as equações de cada coeficiente teriam que ser modificadas de acordo com estes testes lógicos. Em segundo lugar, a distribuição de coeficientes de ponderação da importância dos componentes restantes teria que ser também alterada em cada uma dessas equações, exigindo intervenção do usuário para definição de nova estrutura de pesos, expondo o método a maior subjetividade, ou impondo necessidade de um complexo sistema de ponderação condicional.

A decisão de considerar os componentes que não se aplicam como inalterados, por outro lado, tem duas vantagens importantes. Primeiramente, simplifica a estrutura do sistema e deixa transparecer claramente os componentes excluídos, mantendo a ponderação aplicada aos outros componentes e assim permitindo a comparação direta entre avaliações. Em segundo lugar, faz própria consideração ao fato de que componentes que não se apliquem em determinada situação reduzem a potência do coeficiente de impacto daquele indicador, aproximando-o em sua medida de importância, da neutralidade. Isso é válido na medida em que, ao considerarem-se muitas situações diferentes para uma dada tecnologia, ou muitas tecnologias para estudos comparativos, o fato do componente não se aplicar a casos particulares de uso da tecnologia significa antes que esta tem papel mais próximo à neutralidade para o componente que à sua inexistência

Em outras palavras, no conjunto de muitas avaliações, os componentes considerados interagem na composição dos coeficientes de impacto e principalmente do índice de impacto ambiental, e faz pouco sentido excluir qualquer um dos componentes, pois isto alteraria o sentido de conjunto da avaliação proposta pelo sistema AMBITEC-AGRO.

Um último comentário sobre esse ponto, é que deve-se levar em conta que a ocorrência de componentes de indicadores que não se aplicam é consequência da formulação do método ter que ser suficientemente ampla para permitir aplicação a inovações tecnológicas em geral, e objetivar seu estudo sistêmico e sua comparação em qualquer situação de uso e ambiente de aplicação. Ainda assim, a avaliação final é expressa em um único índice de impacto ambiental da inovação tecnológica agropecuária, de forma que todos os componentes, indicadores e aspectos devem ser integrados na avaliação. Obviamente, portanto, o mencionado índice de impacto deverá sempre ser explicitamente referido como tendo sido obtido pela aplicação do sistema aqui proposto.

Outra consideração importante sobre as limitações do sistema proposto resulta de seu direcionamento exclusivo a questões relativas à dimensão ecológica. É argumento corrente que as dimensões sociais e econômicas, igualmente fundamentais para a avaliação dos impactos de inovações tecnológicas no âmbito do desenvolvimento sustentável, devem ser integradas, compondo um único sistema (Barbier, 1988; Corkindale, 1993; Pinho & Pires, 1991). Por outro lado, reconhece-se que uma importante “brecha teórica” existe entre essas dimensões (Azqueta, 1992), fazendo do desenvolvimento de um sistema integrado um desafio metodológico. O AMBITEC-AGRO tem por base a consideração exclusiva de indicadores relativos a impactos ecológicos devido a uma escolha metodológica definida no contexto institucional. Outros sistemas dedicados à consideração das outras dimensões, cada qual envolvendo atores e unidades de medida específicas, estão sendo desenvolvidos para atender a esta demanda por um método compreensivo, que integre todas as dimensões.

A oportunidade de desenvolver um sistema dedicado à avaliação da dimensão ecológica, contudo, expande a experiência metodológica e a inserção da prática de AJA no contexto institucional, tanto em âmbito interno, permitindo a conscientização dos pesquisadores e administradores da pesquisa e da difusão de tecnologia, quanto no âmbito

externo, trazendo à ordem do dia para produtores e administradores envolvidos com o agronegócio, o tema do impacto ambiental das atividades agropecuárias. Com esta base, sistemas teóricos e metodologicamente mais complexos, que envolvam uma base analítica experimental mais sólida, podem ser desenvolvidos e propostos, com maior possibilidade de aceitação.

Com efeito, um sistema de AIA de atividades agropecuárias, baseado em análise multiatributo de indicadores nas dimensões de Ecologia da Paisagem, Qualidade Ambiental, Valores Socioculturais, Valores Econômicos e Gestão e Administração encontra-se presentemente em fase de validação (Campanhola & Rodrigues, 2001). Dessa forma, o sistema AMBITEC-AGRO insere-se como uma etapa no paulatino processo educativo e evolutivo de melhoria da pesquisa e do desenvolvimento tecnológico agropecuário.

AGRADECIMENTOS

O desenvolvimento do AMBITEC-AGRO é um resultado da oportunidade de contribuir em duas iniciativas institucionais cooperativas de busca de excelência na condução da pesquisa pública no Brasil. Primeiramente, o projeto estratégico da Secretaria de Administração Estratégica (SEA) da Embrapa Sede, que motivou e possibilitou aos autores engajarem-se no estudo. Do grupo de colegas que contribuíram no âmbito deste projeto devemos nossos agradecimentos especiais a Mariza M. T. L. Barbosa, ao amigo Antônio F. D. Ávila e a Morsyleide de F. Rosa pelas sugestões e incentivo. Igualmente agradecemos as sugestões oferecidas pelos colegas Odo Primavesi e Sérgio Ahrens. Junto ao “projeto políticas públicas” do GEOPI, na Unicamp, agradecemos aos amigos André T. Furtado, Claudenício Ferreira, Débora Mello, José Maria da Silveira, Marcelo Valle, Marco Polli, Maria Beatriz Bonacelli, Maria Ester dal Poz, Mauro Zackiewicz, Mirian Hasegawa, Rosana Corazza, Sérgio Salles, Solange Corder e Sônia Paulino.

O desafio de buscar respostas para a priorização de projetos de pesquisa e para a avaliação da contribuição de tecnologias agropecuárias para a sustentabilidade, que foi depositado ao primeiro autor no âmbito do PROCISUR, serviu de base para todo o

esforço de pesquisa que culmina com este trabalho. Muitos amigos participaram desse desafio, e agradecimentos especiais são devidos a Roberto Bochetto (PROCISUR, Uruguai), Ernesto Viglizzo (INTA, Argentina), Emilio Ruz (INIA, Chile), Roberto Diaz (INIA, Uruguai), Celso Giraudo (INTA, Argentina), Guillermo Huerta (INTA, Argentina), Silvia Galvez Anastassiou (INIA, Chile), Ana Berretta (INIA, Uruguai) e Renato F. de A. Veiga (IAC, Brasil).

A oportunidade de dedicar o tempo necessário ao estudo e à reflexão sobre avaliação de impactos ambientais de tecnologias agropecuárias, e de aprender sobre novas maneiras de enxergar a natureza, que nos ajudaram a moldar este trabalho e aparecerão em todas as nossas contribuições futuras, foi propiciada por uma bolsa de pesquisa da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP – processo nº 01/04496-3). Aos professores Mark T. Brown e H. T. Odum, do “Center for Environmental Policy” da “University of Florida” em Gainesville, agradecemos pela predisposição em oferecer esses ensinamentos.

BIBLIOGRAFIA

- Andreoli, M.; Tellarini, V. Farm sustainability evaluation: methodology and practice. **Agriculture, Ecosystems and Environment**. v. 77, p. 43-52, 2000.
- Azqueta, D. Social project appraisal and environmental impact assessment: a necessary but complicated theoretical bridge. **Development Policy Review**. v. 10, n. 3, p. 255-270, 1992.
- Barbier, E. B. Economic valuation of environmental impacts. **Project Appraisal**. v. 3, n. 3, p. 143-150, 1988.
- Barbier, E. B.; Markandya, A.; Pearce, D. W.; Johansson, P. O. Sustainable agricultural development and project appraisal. **European Review of Agricultural Economics**. v. 17, n. 2, p. 181-196, 1990.
- Barnthouse, L.; Biddinger, G.; Cooper, W.; Fava, J.; Gillett, J.; Holland, M.; Yosie, T., Eds. **Sustainable Environmental Management**. Pellston: Society of Environmental Toxicology and Chemistry, Pellston Series Workshops. 1998. 102 p.

- Bisset, R. Introduction to methods for environmental impact assessment. In: Unit, P.E.I.A.a.P., Ed. **Environmental Impact Assessment**. The Hague: Martinus Nijhoff Publishers, Behavioural and Social Sciences, vol. 14. 1983. p. 131-147.
- Bisset, R. Methods for environmental impact assessment: a selective survey with case studies. In: Biswas, A.K.; Geping, Q., Eds. **Environmental Impact Assessment for Developing Countries**. London: Tycooly International, 1987. p. 3-64
- Bockstaller, C.; Girardin, P.; van der Werf, H. M. G. Use of agro-ecological indicators for the evaluation of farming systems. **European Journal of Agronomy**. v. 7, p. 261-270, 1997.
- Bolea, M. T. F. Las Evaluaciones de Impacto Ambiental. Madrid: Centro Internacional de Formacion de Ciencias Ambientales (CIFCA), **Cuadernos del CIFCA**. 1980. 100 p.
- Borlaug, N. E. "Factual errors and misinformation..." Norman Borlaug defends the Green Revolution. **Ecologist**. v. 27, n. 5, p. 211, 1997.
- Bosshard, A. A methodology and terminology of sustainability assessment and its perspectives for rural planning. **Agriculture, Ecosystems and Environment**. v. 77, p. 29-41, 2000
- Bowers, J.; Hopkinson, P. The treatment of landscape in project appraisal: consumption and sustainability approaches. **Project Appraisal**. v. 9, n. 2, p. 110-118, 1994.
- Brooks, H. The concept of sustainable development and environmentally sound technology. In: Nations, U., Ed. **Environmentally Sound Technology for Sustainable Development**. Advanced Technology Assessment System. New York: United Nations, vol. 7. 1992. p. 19-25.
- Campanhola, C.; Graziano da Silva, J. Desenvolvimento local e democratização dos espaços rurais **Cadernos de Ciencia e Tecnologia**. v. 17, n. 1, p. 11-40, 2000.
- Campanhola, C.; Rodrigues, G.S. Avaliação da sustentabilidade de atividades do turismo no meio rural. In: Oliveira, C.G.S.; Moura, J.C.d.; Sgai, M., Eds. **Congresso Brasileiro de Turismo Rural - Turismo no espaço rural brasileiro**. Anais, FEALQ, 2001, Piracicaba. p. 269-275.

- Campanhola, C.; Rodrigues, G. S.; Dias, B. F. Agricultural biological diversity. **Cie. Cult.** v. 50, n. 1, p. 10-13, 1998.
- Canter, L. W. Environmental Impacts of Agricultural Production Activities. Chelsea, MI: Lewis Publishers, Inc., 1986. 382 p.
- Canter, L. W. Environmental impact Assessment. New York: McGraw-Hill, Inc., 1996. 660 p.
- Castro, A. G. de; Rodrigues, G. S.; Ferreira, M. C. Proposta para a abordagem do dilema agricultura x meio ambiente. **Ciencia e Cultura**. v. 40, n. 7, p. 646-651, 1988.
- Corkindale, J. Recent developments in environmental appraisal. **Journal of Environmental Planning and Management**. v. 36, n. 1, p. 15-22, 1993.
- Cox, G. W.; Atkins, M, D. Agricultural Ecology. An analysis of world food production systems. San Francisco: W. H. Freeman and Co, 1979. 721 p.
- Dee, N.; Baker, J.; Drobny, N.; Duke, K.; Whitman, I.; Fahringer, D. An environmental evaluation system for water resource planning. **Water Resources Research**. v. 9, n. 3, p. 523-535, 1973.
- Dulley, R. D.; Miyasaka, S. Agricultura sustentável e prioridade aos insumos agrícolas internos. **Informações Econômicas** Instituto de Economia Agrícola. v. 24, n. 11, p. 29-33, 1994.
- Dumanski, J.; Bentley, C. F.; Brklacich, M. Guidelines for evaluating sustainability of land development projects. **Entwicklung + Landlicher Raum**. v. 24, n. 3, p. 3-6, 1990.
- Embrapa. III Plano Diretor da Embrapa: Realinhamento Estratégico. Secretaria de Administração Estratégica. Brasília. 1998. 40 p.
- Embrapa. II Plano Diretor - Embrapa Meio Ambiente - 2000 - 2003. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Monitoramento e Avaliação de Impacto Ambiental. Jaguariúna (SP). 2000. 33 p.
- Ferrari, A. Agrotóxicos, a Praga da Dominação. Porto Alegre, RS - Editora Mercado Aberto Ltda., 1985. 87 p.

- Ferreira, C. T.; Carvalho, F. C. de; Carmo, A. J. B. Evolução do setor de defensivos agrícolas no Brasil, 1964-83. **Agricultura em São Paulo**. v. 33, n. 1-II, p. 1-53, 1986.
- Flores, M. X.; Quirino, T. R.; Nascimento, J. C.; Rodrigues, G. S.; Buschinelli, C. Pesquisa para agricultura auto-sustentável. **Revista de Economia e Sociologia Rural**. v. 29, n. 1, p. 1-21, 1991a.
- Flores, M. X.; Quirino, T. R.; Nascimento, J. C.; Rodrigues, G. S.; Buschinelli, C. Pesquisa para Agricultura Auto-Sustentável - perspectivas de política e organização na Embrapa. Brasília: Embrapa-SEA, v. 5, p. 28, 1991b.
- Gardner, J.; Roseland, M. Thinking globally: the role of social equity in sustainable development. **Alternatives**. v. 16, n. 3, p. 26-49, 1989.
- Girardin, P.; Bockstaller, C.; van der Werf, H. Indicators, tools to evaluate the environmental impacts of farming systems. **Journal of Sustainable Agriculture** v. 13, n. 4, p. 5-21, 1999.
- Girardin, P.; Bockstaller, C.; van der Werf, H. Assessment of potential impacts of agricultural practices on the environment: the AGRO*ECO method. **Environmental Impact Assessment Review**. v. 20, p. 227-239, 2000.
- Green, C. H.; Tunstall, S. M.; N'Jai, A.; Rogers, A. Economic evaluation of environmental goods. **Project Appraisal**. v. 5, n. 2, p. 70-82, 1990.
- Haque, M. M. Sustainable development and environment: a challenge to technology choice decision-making. **Project Appraisal**. v. 6, n. 3, p. 149-157, 1991.
- IBAMA. Avaliação de Impacto Ambiental: Agentes Sociais, Procedimentos e Ferramentas. Brasília: IBAMA/DIRPED/DEDIC/DITEC, 1995. 134 p.
- Johansen, G. The Danish Experience - The perspective of the Ministry of Environment. In: de Boer, J.J.; Sadler, B., Eds. **Environmental Assessment of Policies: Briefing Papers on Experience in Selected Countries**. Zoetermeer, The Netherlands: Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment, Strategic Environmental Assessment, vol. 54. 1996. p. 47-50.
- Lee, N.; Walsh, F. Strategic environmental assessment: an overview. **Project Appraisal** v. 7, n. 3, p. 126-136, 1992.

- Lewandowski, I.; Hardtlein, M.; Kaltschmitt, M. Sustainable crop production: definition and methodological approach for assessing and implementing sustainability. **Crop Sciences**. v. 39, p. 184-193, 1999.
- Lima, M. A. de. Emissão de gases do efeito estufa provenientes de sistemas agrícolas no Brasil. **Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**. n. 17, p. 38-43, 2000.
- Lowrance, R.; Hendrix, P. F.; Odum, E. P. A hierarchical approach to sustainable agriculture. **American Journal of Alternative Agriculture**. v. 1, n. 4, p. 169-173, 1986.
- Lubchenco, J.; Olson, A. M.; Brubaker, L. B.; Carpenter, S. R.; Holland, M. M.; Hubbell, S. P.; Levin, S. A.; MacMahon, J. A.; Matson, P. A.; Melillo, J. M.; Mooney, H. A.; Peterson, C. H.; Pulliam, H. R.; A., Real, L.; Regal, P. J.; Risser, P. G. The Sustainable Biosphere Initiative: an ecological research agenda. **Ecology**. v. 72, n. 2, p. 371-412, 1991.
- Lutz, E.; Munasinghe, M. Integration of environmental concerns into economic analyses of projects and policies in an operational context. **Ecological Economics**. v. 10, n. 1, p. 37-46, 1994.
- Marsden, T. Rural futures: the consumption countryside and its regulation. **Sociologia Ruralis**. v. 39, n. 4, p. 501-520, 1999.
- Milare, F. Estudo prévio de impacto ambiental no Brasil. In: Muller-Plantenberg, C.; Ab'Saber, A. N., Eds. **Previsão de Impactos: o estudo de impacto ambiental no Leste, Oeste e Sul. Experiências no Brasil, na Rússia e na Alemanha**. São Paulo. Editora da Universidade de São Paulo, 1994. p. 51-83.
- Mitchell, G.; May, A.; McDonald, A. PICABUE: a methodological framework for the development of indicators of sustainable development. **International Journal of Sustainable Development and World Ecology**. v. 2, p. 104-123, 1995.
- Morvaridi, B.; Weiss, J.; Weiss, J. Sustainable development and project appraisal. The economics of project appraisal and the environment. Aldershot, UK: Edward Elgar Publishing Ltd., 1994. p. 184-196.
- Neher, D. Ecological sustainability in agricultural systems: definition and measurement. **Journal of Sustainable Agriculture**. v. 2, n. 3, p. 51-61, 1992.

- OECD OECD Core set of indicators for environmental performance reviews. Environmental Monographs. 83. Organisation for Economic Cooperation and Development. Paris. 1993
- Orea, D. G. Evaluación de Impacto Ambiental. Madrid: Editorial Agricola Española, S A., 1998. 260 p.
- Paschoal, A. D. O ônus do modelo da agricultura industrial. **Revista Brasileira de Tecnologia**. v. 14, n. 1, p. 17-27, 1983
- Pessoa, M. C. P. Y.; Luchiani Jr., A.; Fernandes, E. N.; Lima, M. A. de Principais Modelos Matematicos e Simuladores Utilizados para Analise de Impactos Ambientais das Atividades Agricolas. Documentos. 8. Embrapa - CNPMA. Jaguariuna, SP 1997.
- Pezzey, J. Sustainable development concepts: an economic analysis. **World Bank Environment Paper**. v. xiv, n. 2, p. 71, 1992.
- Pimentel, D. Judicious use of pesticides - economic and environmental benefits. In Rodrigues, G.S., Ed. Racionalização do Uso de Pesticidas no Cone Sul Montevideo: IICA/PROCISUR, Dialogo, vol. 50. 1998. p. 81-84.
- Pimentel, D.; Stachow, U.; Takacs, D. A.; Brubaker, H. W.; Dumas, A. R.; Meaney, J. J.; O'Neil, J. A. S.; Onsi, D. E.; Corzilius, D. B. Conserving biological diversity in agricultural/forestry systems. **BioScience**. v. 42, p. 354-362, 1992.
- Pinfield, G. Strategic environmental assessment and land-use planning. **Project Appraisal**. v 7, n. 3, p. 157-163, 1992
- Pinheiro, S. L. G. Alternativas para avaliação de impactos ambientais, sociais e regionais na análise de projetos de desenvolvimento. **Revista de Economia e Sociologia Rural**. v. 28, n. 1, p. 47-70, 1990.
- Pinho, P.; Pires, A. R. Social impact analysis in environmental impact assessment. a Portuguese agricultural case study **Project Appraisal** v 6, n. 1, p. 2-6, 1991.
- Poore, D.; Sayer, J. The Management of Tropical Moist Forest Lands Ecological Guidelines. Cambridge, UK IUCN, 1991. 78 p.
- Porter, A. L. Technology assessment. **Impact Assessment**. v. 13, p. 135-151, 1995.

- Quirino, T. R.; Irias, L. J. M.; Wright, J. T. C.; Rodrigues, G. S.; Rodrigues, I.; Corrales, F. M.; Dias, E. C.; Luiz, A. J. B.; Cavalcanti, I. P. **Impacto Agroambiental**. São Paulo: Edgard Blücher Ltda., 1999. 184 p.
- Rodrigues, G. S. Avaliação de Impactos Ambientais em Projetos de Pesquisas - Fundamentos, Princípios e Introdução à Metodologia. Jaguariúna (SP): Embrapa Meio Ambiente, Documentos. 14. 1998a. 66 p.
- Rodrigues, G. S. Pesticide contamination in the South Cone: a review. **Ciência e Cultura**. v. 50, n. 5, p. 342-354, 1998b.
- Rodrigues, G. S., Ed. Racionalización del Uso de Pesticidas en el Cono Sur. Montevideo. PROCISUR/IICA, Dialogo. 50. 1998c. 89 p.
- Rodrigues, G. S. **Conceitos ecológicos aplicados à agricultura**. **Revista Científica Rural**. v. 4, n. 2, p. 155-166, 1999.
- Rodrigues, G. S. Impacto das atividades agrícolas sobre a biodiversidade: causas e consequências. In: Garay, I.; Dias, B., Eds. **Conservação da Biodiversidade em Ecossistemas Tropicais**. Petrópolis: Editora Vozes, 2001. p. 128-139.
- Rodrigues, G. S.; Brown, M. T.; Miller, W.; Ruz, E.; Riquelme, H. Natural resource valuation, environmental impact assessment, and sustainability: the role of the NIARs in the Southern Cone. In: Puignau, J.P., Ed. **Valoración Económica en el Uso de los Recursos Naturales y el Medio Ambiente**. Montevideo: IICA/PROCISUR, Dialogo, vol. 51. 1998. p. 113-116.
- Rodrigues, G. S.; Buschinelli, C. C. de A.; Irias, L. J. M.; Ligo, M. A. V. Avaliação de Impactos Ambientais em Projetos de Pesquisa II: Avaliação da Formulação de Projetos - Versão I. Jaguariúna (SP): Embrapa Meio Ambiente, Boletim de Pesquisa. 10. 2000. 28 p.
- Rodrigues, G. S., Rodrigues, I. A. A imagem do Brasil na mídia. In: Quirino, T.R.; Irias, L.J.M.; Wright, J.T.C., Eds. **Impacto Agroambiental**. São Paulo: Edgard Blücher Ltda., 1999. p. 85-94.
- Rossi, R.; Nota, D. Nature and landscape production potentials of organic types of agriculture: a check of evaluation criteria and parameters in two Tuscan farm-landscapes. **Agriculture, Ecosystems and Environment**. v. 77, p. 53-64, 2000

- Ruegg, E. F.; Puga, F. R.; Souza, M. C. M. de; Ungaro, M. T. S.; Ferreira, M. da S., Yokomizo, Y.; Almeida, W. F. Impactos dos agrotóxicos sobre o ambiente e a saúde. In: Martine, G.; Garcia, R.C., Eds. Os Impactos sociais da modernização agrícola. São Paulo, Brazil: Caetes, 1987. p. 171-207.
- Sadler, B., Ed. Environmental Assessment in a Changing World: Evaluating Practice to Improve Performance. Canadian Environmental Assessment Agency and International Association for Impact Assessment, 1996. 248 p
- Secretaria do Meio Ambiente de São Paulo. Estudo de Impacto Ambiental - EIA, Relatório de Impacto Ambiental - RIMA: Manual de Orientação ISSN 0101-2623. Coordenadoria de Planejamento Ambiental. São Paulo May, 1992. 39 p.
- Shiva, V. Dr Vandana Shiva responds. *Ecologist* v. 27, n. 5, p. 211-212, 1997
- Silveira, J. M. F. J. da; Futino, A. M. O Plano Nacional de defensivos agrícolas e a criação da indústria brasileira de defensivos. **Agricultura em São Paulo**, v. 37, n. 3, p. 129-146, 1990.
- Sippe, R. A. D. The Australian State Experience - Western Australia. In: de Boer, J.J., Sadler, B., Eds. Environmental Assessment of Policies. Briefing Papers on Experience in Selected Countries. Zoetermeer, The Netherlands: Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment, Strategic Environmental Assessment, vol 54. 1996. p. 5-26.
- Smith, C. S.; McDonald, G. T. Assessing the sustainability of agriculture at the planning stage. **Journal of Environmental Management**, v. 52, p. 15-37, 1998
- SURHEMA-GTZ. Manual de Avaliação de Impactos Ambientais. Curitiba, PR Secretaria Especial do Meio Ambiente, 1992.
- Tacconi, L.; Tisdell, C. Holistic sustainable development. Implications for planning processes, foreign aid and support for research. **Third World Planning Review**, v. 15, n. 4, p. 411-428, 1993.
- van Pelt, M. J. F. Ecologically sustainable development and project appraisal in developing countries. **Ecological Economics** v. 7, n. 1, p. 19-42, 1993.
- van Pelt, M. J. F. Sustainability-oriented appraisal of agricultural projects. **Journal of International Development** v. 6, n. 1, p. 57-78, 1994

- Vitousek, P. M.; Ehrlich, P. R.; Ehrlich, A. H.; Matson, P. A. Human appropriation of the products of photosynthesis. **BioScience**. v. 36, n. 6, p. 368-373, 1986.
- Warford, J. Environment, growth and development. **Project Appraisal**. v. 2, n. 2, p. 75-87, 1987.

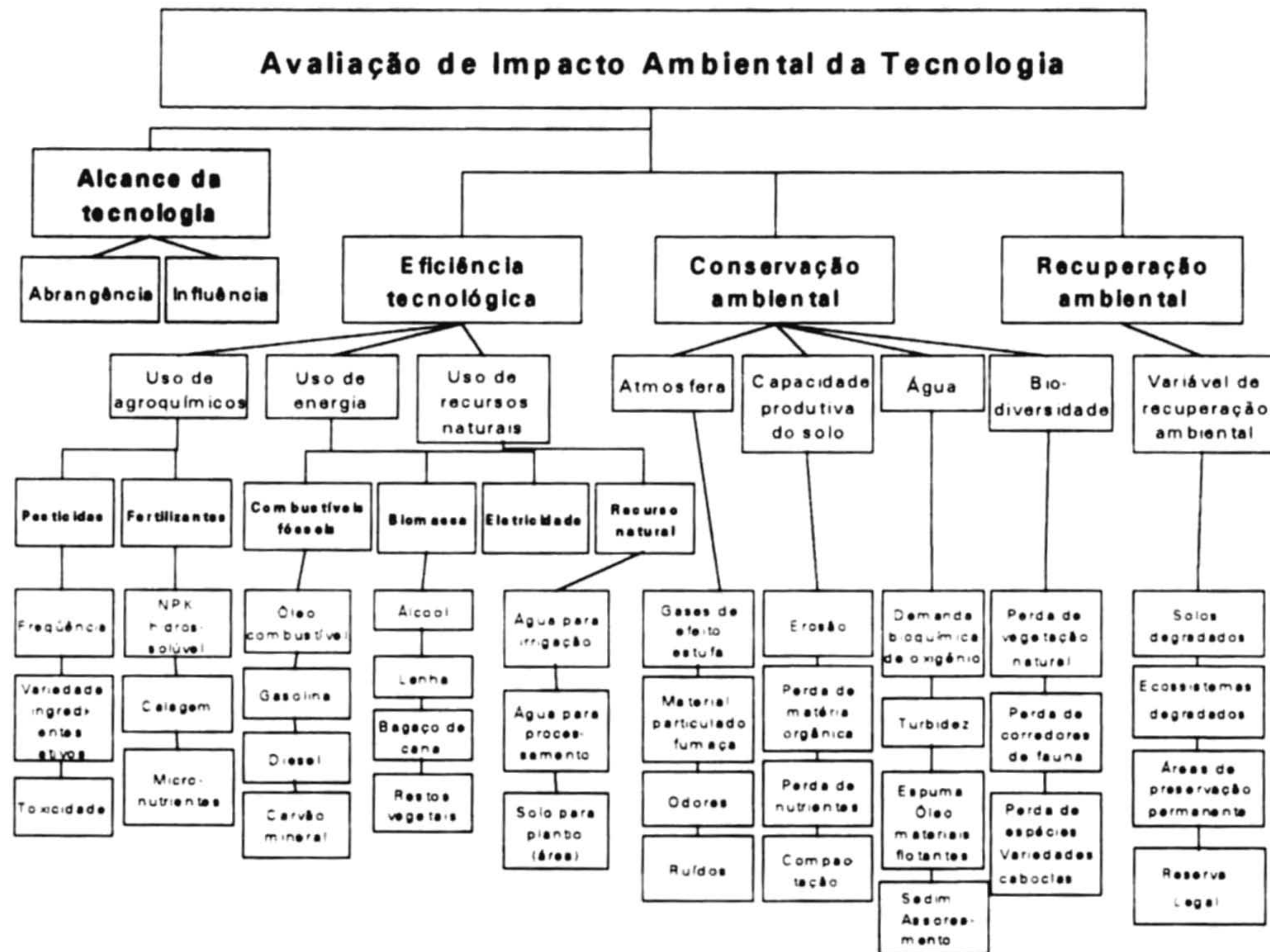


Figura 1. Diagrama de Avaliação de Impacto Ambiental da Inovação Tecnológica Agropecuária, apresentando os aspectos, indicadores e componentes do sistema AMBITEC – AGRO

Tabela de coeficientes de alteração do uso de insumos							
Uso de agroquímicos		Pesticidas			Fertilizantes		
		Frequência	Variedade de ingredientes ativos	Toxicidade	NPK hidrossolúvel	Calagem	Micro-nutrientes
Fatores de ponderação		0.2	0.2	0.3	0.1	0.1	0.1
Escala da ocorrência =	Não se aplica					X	
	Pontual	1	1	1	-1		1
	Local						
	Entorno						
Coeficiente de impacto = (coeficientes de alteração * fatores de ponderação)		-0.2	-0.2	-0.3	0.1	0	-0.1
							-0.7

Figura 2. Matriz de ponderação dos componentes do indicador Uso de Agroquímicos, do aspecto Eficiência Tecnológica, do sistema de Avaliação de Impacto Ambiental da Inovação Tecnológica Agropecuária, AMBITEC – AGRO.

Tabela de coeficientes de alteração do uso de fontes de energia										Averiguação fatores de ponderação
Uso de energia	Combustíveis fósseis				Biomassa				Eletricidade	
	Óleo combustível	Gasolina	Diesel	Carvão mineral	Alcool	Lenha	Bagaco de cana	Restos vegetais		
Fatores de ponderação	0.1	0.1	0.1	0.1	0.075	0.075	0.075	0.075	0.3	1
Não se aplica					X	X	X	X	X	
Pontual	1	-3	-3	-3	-3					
Local	2									
Entorno	5									
Coeficiente de impacto = (coeficientes de alteração * fatores de ponderação)		0.3	0.3	0.3	0.3	0	0	0	0	1.2

Figura 3. Matriz de ponderação dos componentes do indicador Uso de Energia, do aspecto Eficiência Tecnológica, do sistema de Avaliação de Impacto Ambiental da Inovação Tecnológica Agropecuária, AMBITEC – AGRO.

Tabela de coeficientes de alteração do uso de recursos						
Uso de recursos naturais			Recurso natural			Averiguação fatores de ponderação
			Água para irrigação	Água para proces-samento	Solo para plantio (área)	
Fatores de ponderação			0.3	0.3	0.4	1
Escala da ocorrência =	Não se aplica	Marcar com X		X		
	Pontual	1	-3		-3	
	Local	2				
	Entorno	5				
Coeficiente de impacto = (coeficientes de alteração * fatores de ponderação)			0.9	0	1.2	2.1

Figura 4. Matriz de ponderação dos componentes do indicador Uso de Recursos Naturais, do aspecto Eficiência Tecnológica, do sistema de Avaliação de Impacto Ambiental da Inovação Tecnológica Agropecuária, AMBITEC – AGRO.

Tabela de coeficientes de alteração da emissão de poluentes						Averiguação fatores de ponderação
Atmosfera		Tipo do poluente				
		Gases de efeito estufa	Material particulado / fumaça	Odores	Ruidos	
Fatores de ponderação k		0.4	0.4	0.1	0.1	
Escala da ocorrência =	Não se aplica		X	X		
	Pontual	1	-3			
	Local	2			-1	
	Entorno	5				
Coeficiente de impacto = (coeficientes de alteração * fatores de ponderação)		1.2	0	0	0.2	1.4

Figura 5. Matriz de ponderação dos componentes do indicador de qualidade da Atmosfera, do aspecto Conservação Ambiental, do sistema de Avaliação de Impacto Ambiental da Inovação Tecnológica Agropecuária, AMBITEC – AGRO.

Tabela de coeficientes de alteração da variável					
Capacidade produtiva do solo		Variável de capacidade produtiva do solo			
		Erosão	Perda de matéria orgânica	Perda de nutrientes	Compactação
Fatores de ponderação k		0.25	0.25	0.25	0.25
Escala da ocorrência =	Não se aplica				
	Pontual	1	-3	-3	-3
	Local	2			
	Entorno	5			
Coeficiente de impacto = (coeficientes de alteração * fatores de ponderação)		3.75	3.75	3.75	3.75
					15

Figura 6. Matriz de ponderação dos componentes do indicador de Capacidade Produtiva do Solo, do aspecto Conservação Ambiental, do sistema de Avaliação de Impacto Ambiental da Inovação Tecnológica Agropecuária, AMBITEC – AGRO.

Tabela de coeficientes de alteração da variável						Averiguação fatores de ponderação
Água		Variável de qualidade da água				
		Demanda bioquímica de oxigênio	Turbidez	Espuma/óleo/ materiais flotantes	Sedimento / assoreamento	
Fatores de ponderação k		0.25	0.25	0.25	0.25	1
Escala da ocorrência =	Não se aplica	Marcar com X	X		X	
	Pontual	1		-3		-3
	Local	2				
	Entorno	5				
Coeficiente de impacto = (coeficientes de alteração * fatores de ponderação)		0	0.75	0	0.75	1.5

Figura 7. Matriz de ponderação dos componentes do indicador de qualidade da Água, do aspecto Conservação Ambiental, do sistema de Avaliação de Impacto Ambiental da Inovação Tecnológica Agropecuária, AMBITEC – AGRO.

Tabela de coeficientes de alteração da variável					Averiguação fatores de ponderação	
Biodiversidade		Variável de biodiversidade				
		Perda de vegetação nativa	Perda de corredores de fauna	Perda de espécies / variedades caboclas		
Fatores de ponderação k		0.4	0.3	0.3	1	
Escala da ocorrência =	Não se aplica	Marcar com X				
	Pontual	1	-3	-3		-3
	Local	2				
	Entorno	5				
Coeficiente de impacto = (coeficientes de alteração * fatores de ponderação)		1.2	0.9	0.9	3	

Figura 8. Matriz de ponderação dos componentes do indicador Biodiversidade, do aspecto Conservação Ambiental, do sistema de Avaliação de Impacto Ambiental da Inovação Tecnológica Agropecuária, AMBITEC – AGRO.

Tabela de coeficientes de alteração da variável						Averiguação fatores de ponderação
Recuperação ambiental		Variável de recuperação ambiental				
		Solos degradados	Ecossistemas degradados	Áreas de preservação permanente	Reserva Legal	
Fatores de ponderação k		0.2	0.2	0.2	0.4	1
Escala da ocorrência =	Não se aplica	Marcar com X				
	Pontual	1	3	3		
	Local	2		3	3	
	Entorno	5				
Coeficiente de impacto = (coeficientes de alteração * fatores de ponderação)		0.6	0.6	1.2	2.4	4.8

Figura 9. Matriz de ponderação dos componentes do indicador de Recuperação Ambiental do sistema de Avaliação de Impacto Ambiental da Inovação Tecnológica Agropecuária, AMBITEC – AGRO.

Uso de agroquímicos		Não se aplica	Uso de energia		Não se aplica	Uso de recursos naturais	Não se aplica
Pesticidas	Frequência		Combustíveis fósseis	Óleo combustível		Água para irrigação	
	Variedade de ingredientes ativos			Gasolina		Água para processamento	X
	Toxicidade			Diesel		Solo para plantio (área)	
Fertilizantes	NPK hidrossolúvel		Biomassa	Carvão mineral			
	Calagem	X		Alcool	X		
	Micronutrientes			Lenha	X		
				Bagaco de cana	X		
			Eletricidade		X		

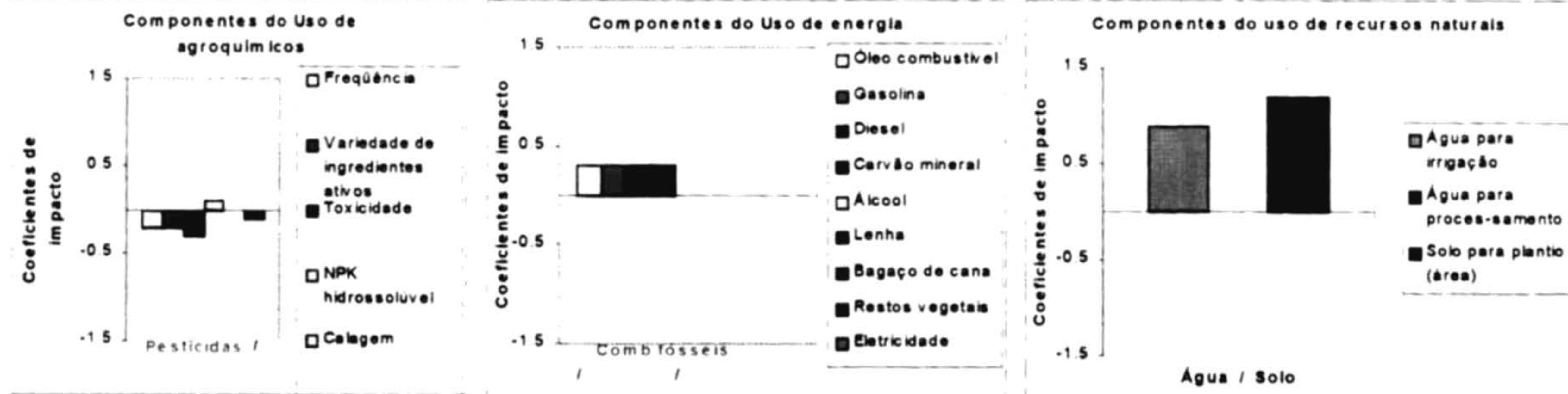


Figura 10. Expressão dos resultados dos indicadores de Uso de Agroquímicos, uso de Energia e Uso de Recursos Naturais, do aspecto Eficiência Tecnológica, do sistema de Avaliação de Impacto Ambiental da Inovação Tecnológica Agropecuária, AMBITEC – AGRO.

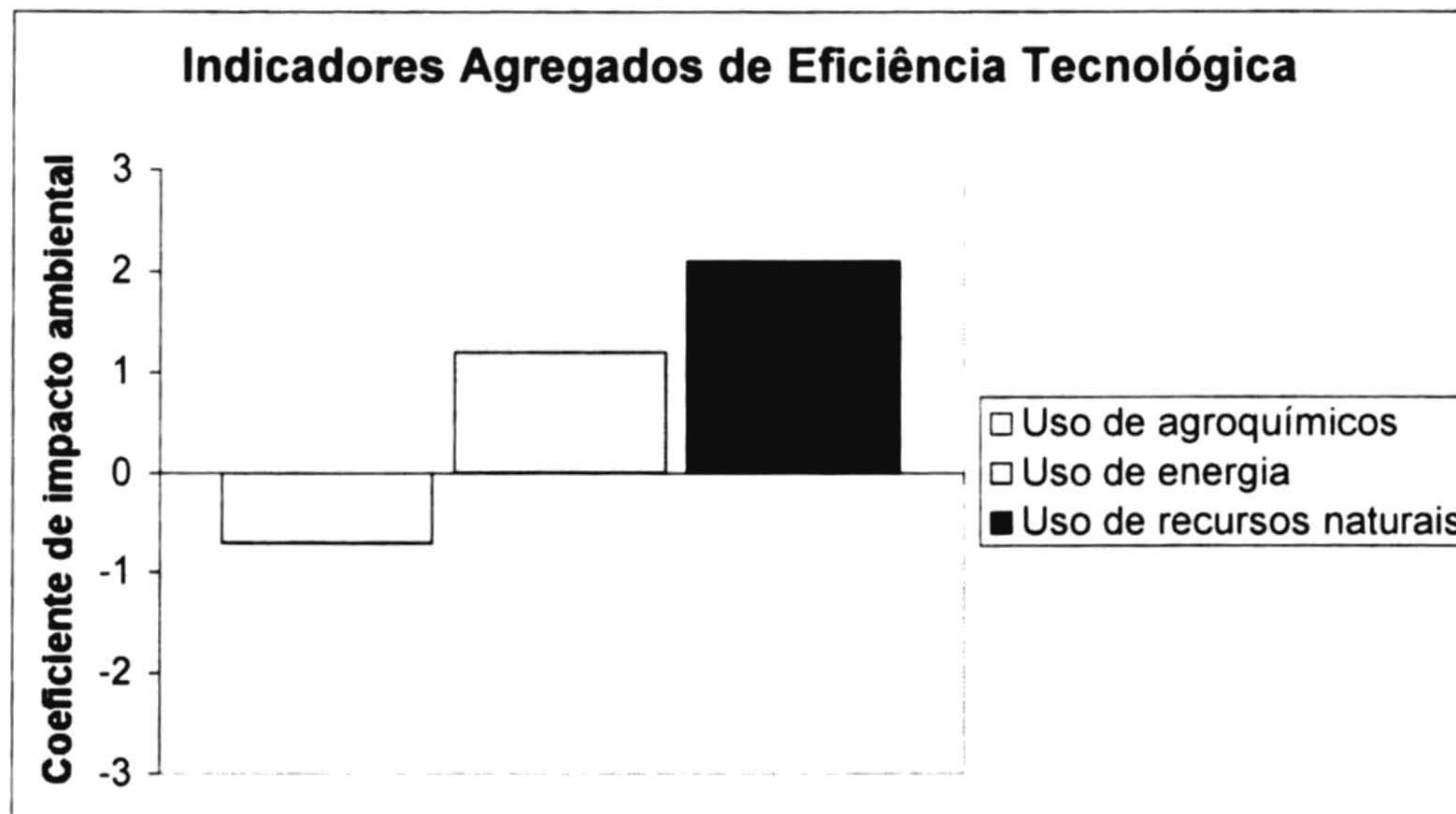


Figura 11. Expressão gráfica agregada do aspecto Eficiência Tecnológica, do sistema de Avaliação de Impacto Ambiental da Inovação Tecnológica Agropecuária, AMBITEC – AGRO.

Atmosfera	Não se aplica	Capacidade produtiva do solo	Não se aplica	Água	Não se aplica	Biodiversidade	Não se aplica
Gases de efeito estufa		Erosão		DBO	X	Perda de vegetação nativa	
Material particulado / fumaça	X	Perda de matéria orgânica		Turbidez		Perda de corredores de fauna	
Odores	X	Perda de nutrientes		Espuma/ óleos/ materiais flotantes	X	Perda de espécies / variedades caboclas	
Ruidos		Compactação		Sedimento / assoreamento			

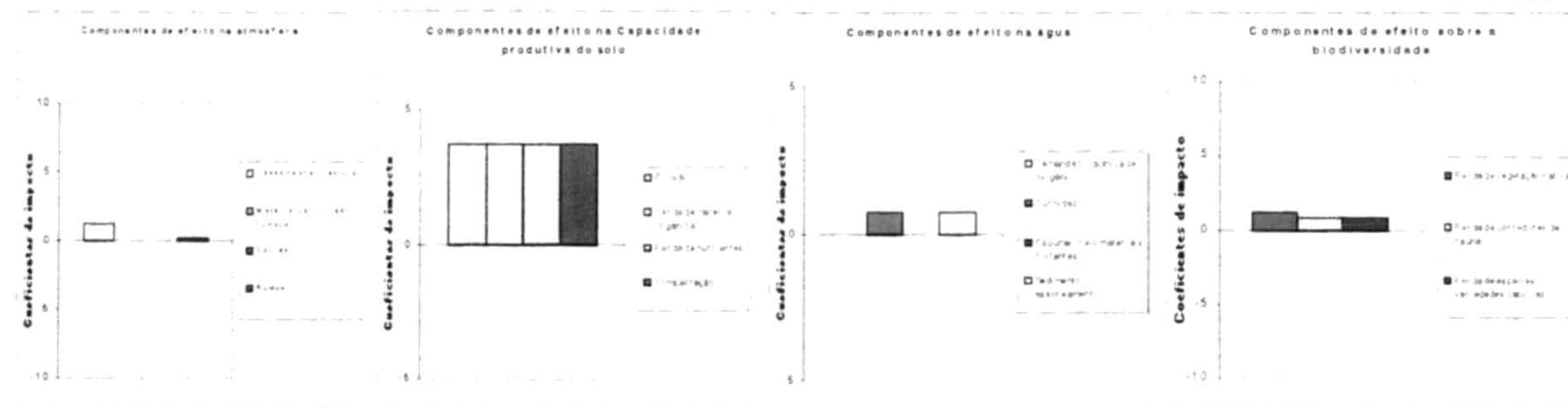


Figura 12. Expressão dos resultados dos indicadores de Qualidade da Atmosfera e da Água, de Capacidade Produtiva do Solo, e de Biodiversidade, do aspecto Conservação Ambiental, do sistema de Avaliação de Impacto Ambiental da Inovação Tecnológica Agropecuária, AMBITEC – AGRO

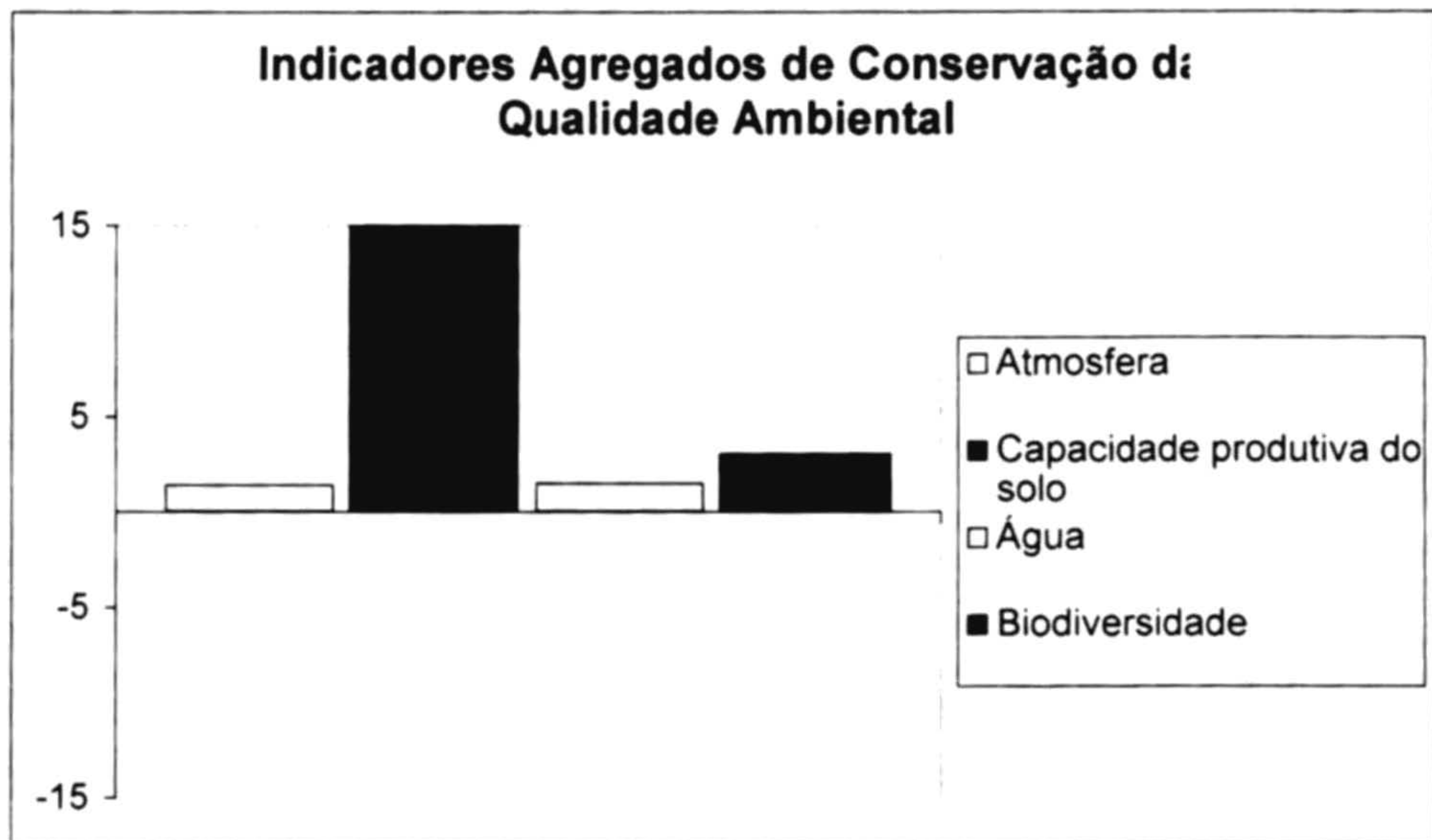


Figura 13 Expressão gráfica agregada do aspecto Conservação Ambiental, do sistema de Avaliação de Impacto Ambiental da Inovação Tecnológica Agropecuária, AMBITEC – AGRO.

Recuperação ambiental	Não se aplica
Solos degradados	
Ecossistemas degradados	
Áreas de preservação permanente	
Reserva Legal	

Indicadores de Recuperação Ambiental

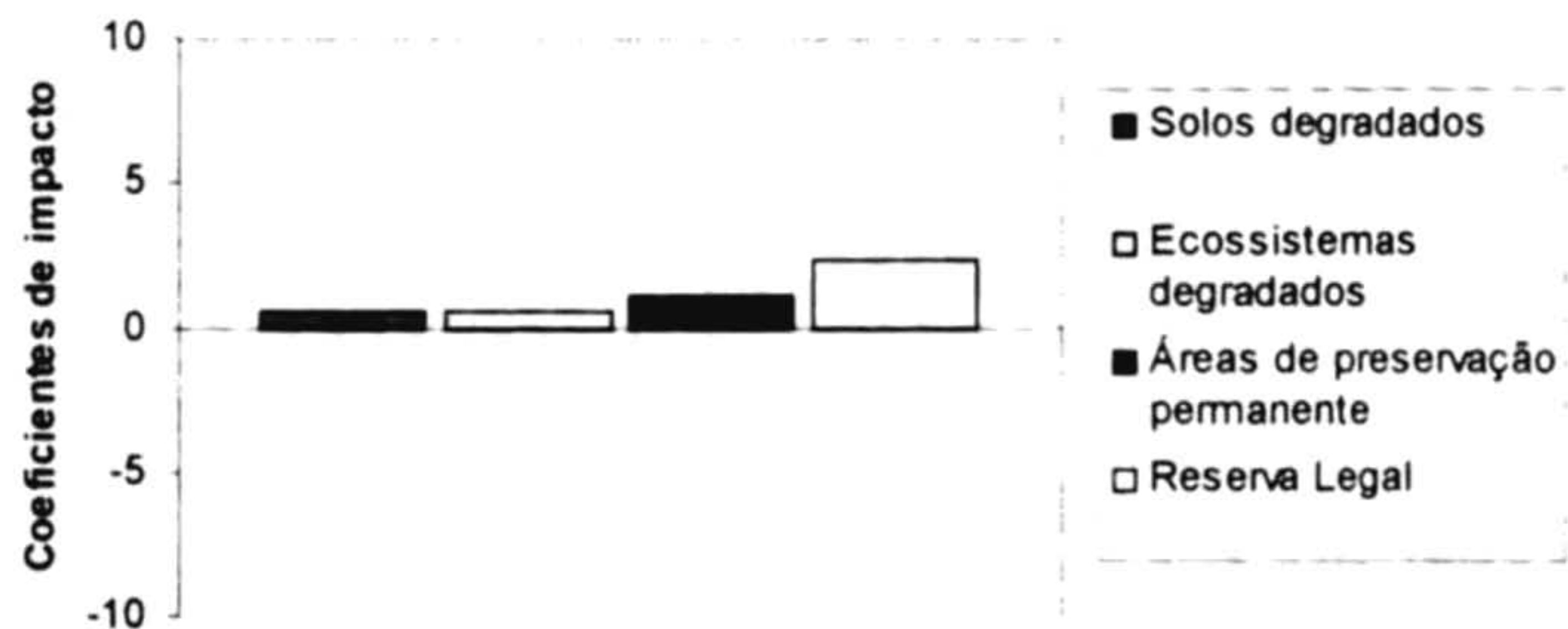


Figura 14. Expressão dos resultados dos indicadores de Recuperação Ambiental, do sistema de Avaliação de Impacto Ambiental da Inovação Tecnológica Agropecuária. AMBITEC – AGRO.

Uso de Agroquímicos	-3.5
Uso de Energia	6
Uso de Recursos Naturais	10.5
Atmosfera	1.4
Capacidade Produtiva do Solo	15
Água	1.5
Biodiversidade	3
Recuperação ambiental	4.8

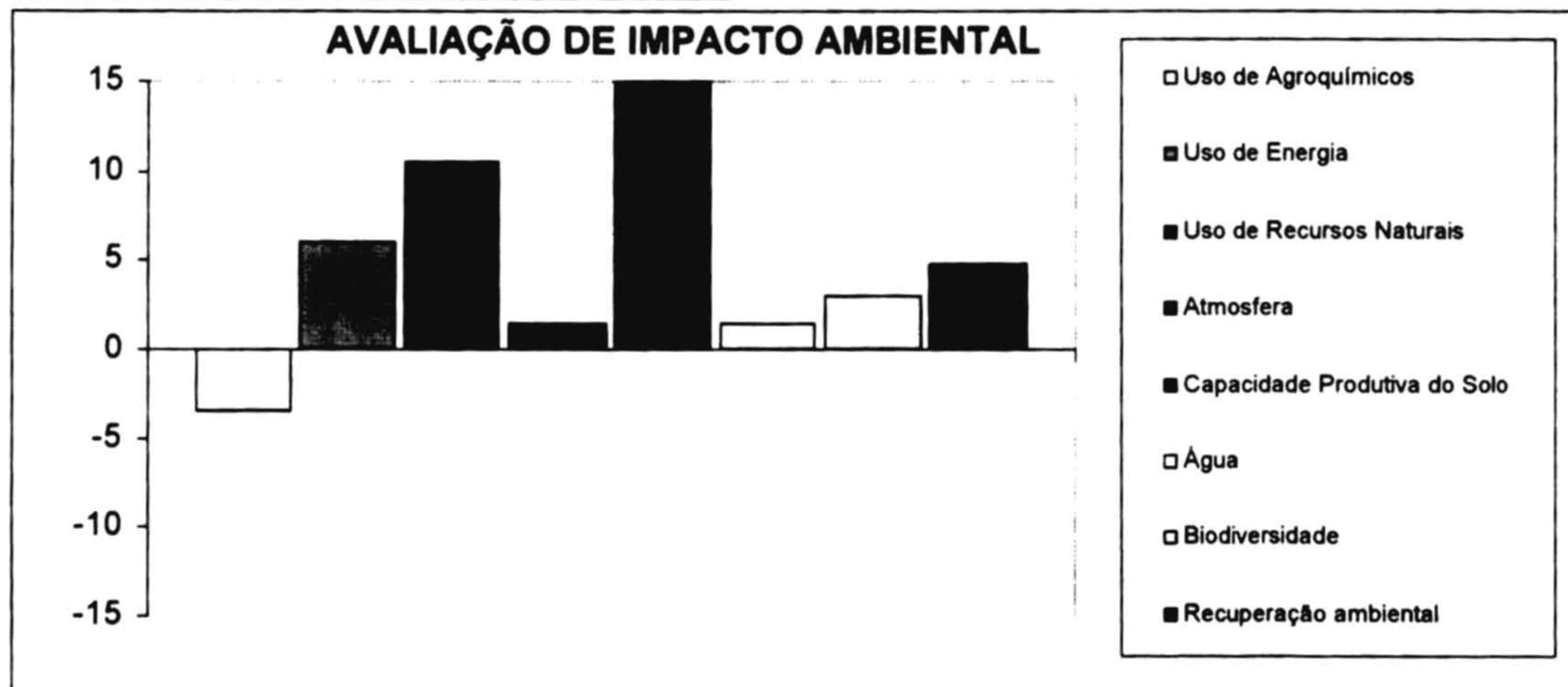


Figura 15 Resultados agregados da Avaliação de Impacto Ambiental da Inovação Tecnológica Agropecuária. AMBITEC – AGRO.

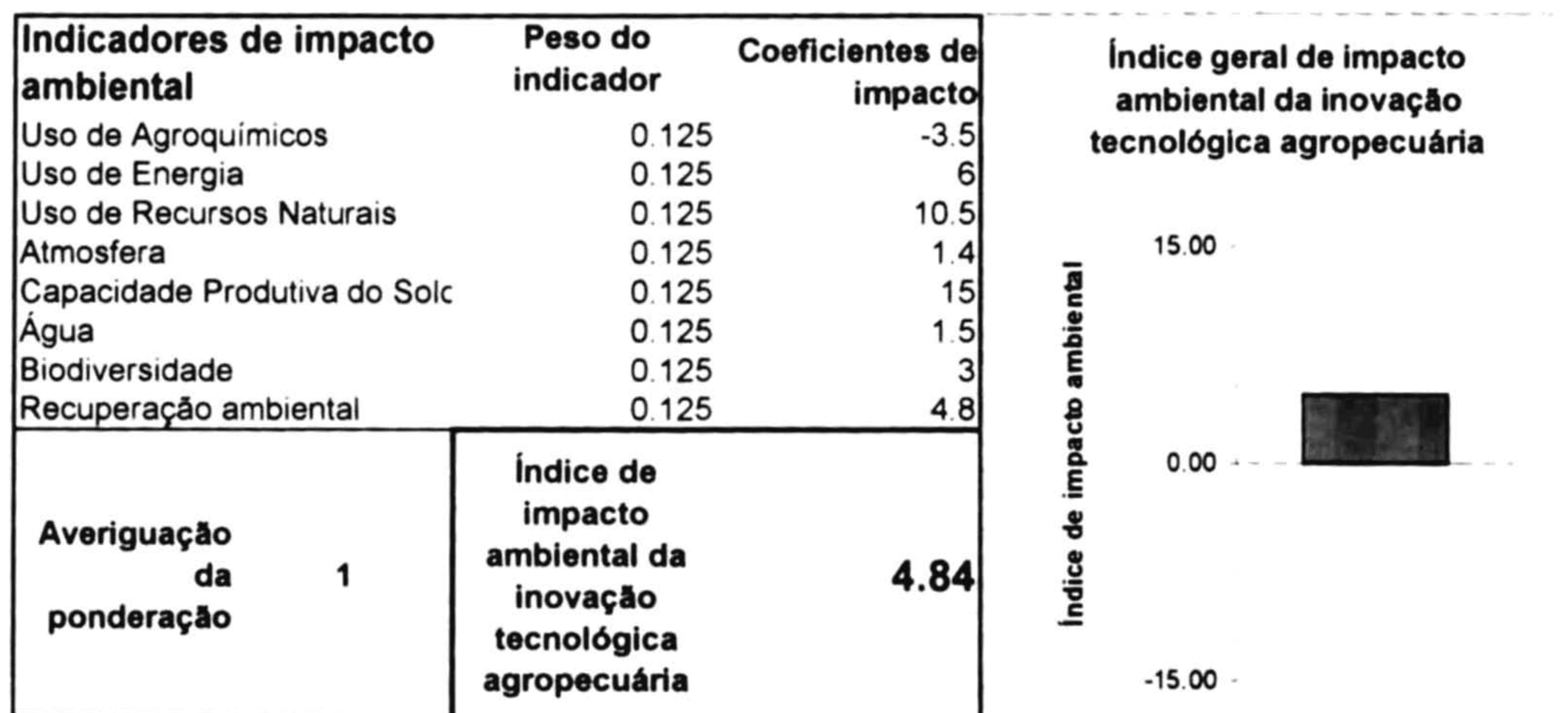


Figura 16 Avaliação final, ponderação dos indicadores e expressão do Índice de Impacto Ambiental da Inovação Tecnológica Agropecuária, do sistema AMBITEC – AGRO.