

Avaliação de Impacto Ambiental - O Caso do Projeto “Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro - Tom Jobim” - Uma Aplicação do Método AMBITEC - AGRO





*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro Nacional de Pesquisa de Solos
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

ISSN 1678-0892

Dezembro, 2006

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 93

Avaliação de Impacto Ambiental O caso do projeto “Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro - Tom Jobim” - uma aplicação do método Ambitec - Agro

Sergio Gomes Tôsto

Cláudio Lucas Capeche

Rodrigo Peçanha Demonte Ferraz

Aluísio Granato de Andrade

Elisabeth Santos Brandão

Júlio Roberto Pinto Ferreira da Costa

Rio de Janeiro, RJ

2006

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Solos

Rua Jardim Botânico, 1.024 Jardim Botânico. Rio de Janeiro, RJ

Fone: (21) 2179-4500

Fax: (21) 2274.5291

Home page: www.cnps.embrapa.br

E-mail (sac): sac@cnps.embrapa.br

Comitê Local de Publicações

Presidente: Aluísio Granato de Andrade

Secretário-Executivo: Antonio Ramalho Filho

Membros: Marcelo Machado de Moraes, Jacqueline S. Rezende Mattos, Marie Elisabeth C. Claessen, José Coelho de A. Filho, Paulo Emílio F. da Motta, Vinícius de Melo Benites, Rachel Bardy Prado, Maria de Lourdes Mendonça S. Brefin, Pedro Luiz de Freitas.

Supervisor editorial: *Jacqueline Silva Rezende Mattos*

Revisor de Português: *André Luiz da Silva Lopes*

Normalização bibliográfica: *Marcelo Machado Moraes*

Editoração eletrônica: *Pedro Coelho Mendes Jardim*

1ª edição

1ª impressão (2006): online

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

333.714

T716a Tôsto, Sergio Gomes.

Avaliação de impacto ambiental – o caso do projeto “Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro – Tom Jobim” – Uma aplicação do Método Ambitec – Agro / Sergio Gomes Tôsto ... [et al.]. - Dados eletrônicos – Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

(Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Solos, ISSN 1678-0892 ; 93)

Sistema requerido: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: <<http://www.cnps.embrapa.br/solosbr/conhecimentos.html>>

Título da página da Web (acesso em 8 dez. 2006).

1. Impacto ambiental. 2. Ambitec. I. Capeche, Cláudio Lucas. II. Ferraz, Rodrigo Peçanha Demonte. III. Andrade, Aluísio Granato de. IV. Brandão, Elisabeth Santos. V. Costa, Júlio Roberto Pinto Ferreira da. VI. Título. VII. Série.

Sumário

Resumo	5
Abstract	7
Introdução	9
Descrição da Tecnologia	10
Metodologia	13
Resultados e Discussões	19
Referências Bibliográficas	20
Anexo - Planilhas de indicadores de eficiência	22

Avaliação de Impacto Ambiental - O caso do projeto “Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro - Tom Jobim” - uma aplicação do método Ambitec - Agro

Sergio Gomes Tôsto¹

Cláudio Lucas Capeche¹

Rodrigo Peçanha D. Ferraz¹

Aluísio Granato de Andrade¹

Elisabeth Santos Brandão¹

Júlio Roberto Pinto Ferreira da Costa¹

Resumo

Utiliza-se neste trabalho a metodologia “Sistema de Avaliação de Impacto Ambiental da Inovação Tecnológica Agropecuária” (Sistema Ambitec), segmento agropecuária (Ambitec Agro). Por se tratar de uma metodologia dirigida exclusivamente para avaliação de impactos ecológicos, os estudos devem ser complementados por avaliações específicas para as outras dimensões relevantes da avaliação de impactos. As estimativas obtidas validam a metodologia notadamente em suas características de praticidade, simplicidade, baixo custo e sua natureza integrativa de resultados. Os coeficientes e índices de impacto ambiental estimados permitem sugerir medidas de melhoria tecnológica mitigando resultados negativos e potencializando resultados positivos.

Palavras-chave: avaliação, impacto ambiental, inovação tecnológica, agropecuária, metodologia Ambitec.

¹Pesquisador Embrapa Solos, Rua Jardim Botânico 1024, Jardim Botânico, Rio de Janeiro, RJ.
E-mail: tosto@cnps.embrapa.br, capeche@cnps.embrapa.br, rodrigo@cnps.embrapa.br,
aluisio@cnps.embrapa.br, bethbrandao@cnps.embrapa.br, julio@cnps.embrapa.br.

Assessing the Environmental Impact - The Case of Project “Airport International of Rio de Janeiro - Tom Jobim” an Application of The Ambitec Agro System

Abstract

This paper discusses the application (and effectiveness) of the Ambitec System – Environmental Impact Assessment System for Agricultural Technology Innovation – in its segments of agriculture (Ambitec Agro). Because this methodology is restricted to ecological assessments, the studies must be complemented by specific assessments of the other relevant dimensions of impact assessment. The results of this study can be viewed as examples of valid tests of the Ambitec System, particularly in its features of practicability, simplicity and low cost, as well as of the integrative nature of the results. Environmental impacts indices and coefficients allowed to suggest measures of technological improvement that mitigated negative results and maximized positive ones.

Key-words: assessment, environmental impact, technological innovation, agricultural, Ambitec methodology.

Introdução

Nas últimas décadas, as questões ambientais têm sido discutidas, pesquisadas e submetidas aos mais diversos sistemas legais em todo o mundo com o objetivo principal de resgatar a qualidade de vida no planeta. Tais preocupações são, em grande parte, resultantes do grau de apropriação que a humanidade tem feito de recursos ambientais, às vezes muito além da capacidade regenerativa da natureza (Rodrigues, 1998). Além da imposição legal, outras razões como as de ordem econômica, social, ecológica e ética motivam as organizações a atingirem e demonstrarem uma relação saudável com o meio ambiente. Neste contexto emerge, como extremamente importante, o manejo dos impactos ambientais das atividades antrópicas. Conforme resolução do CONAMA¹, “considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que direta ou indiretamente, afetam: I – a saúde, a segurança e o bem-estar da população; II – as atividades sociais e econômicas; III – a biota; IV – as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; V – a qualidade dos recursos ambientais” (Mirra, 1998). Pelo menos três considerações relevantes devem ser ressaltadas em face desta conceituação de impacto ambiental. A primeira é que o termo ambiental abrange outras dimensões além da ecológica, tais como, social, econômica, cultural, saúde, segurança e bem-estar. A segunda refere-se ao impacto ambiental entendido como uma “significante degradação ambiental” conforme contornos dados à matéria por Brasil (1998)² e as dificuldades inerentes de qualificar o que seja significativa. A terceira é que tal conceito refere-se a impactos diretos ou indiretos oriundos de atividades humanas, ou seja, de ações antrópicas.

A questão principal é como mensurar o impacto ambiental nesta abrangência de aplicação, de tal forma que seja possível fazer uma avaliação (uma determinação da valia, uma apreciação, um ajuizamento). No caso da agricultura, um desafio adicional é como avaliar o impacto ambiental de tecnologias agropecuárias produzidas pela pesquisa no contexto das instituições, particularmente, pela natureza agressiva por definição das atividades agropecuárias e, pela interdependência e multiplicidade de fatores (inclusive de mercados) importantes determinantes destas

¹ CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA n. 1, de 23 de janeiro de 1986. **Diário Oficial da União**, Brasília, 17 fev. 1986.

² BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF: Senado, 1988. (Veja artigo 225, § 1.º, IV).

atividades. A tecnologia é apenas um desses fatores responsáveis pelas inovações no setor, conquanto possa ser um dos mais relevantes.

A metodologia do Sistema de Avaliação de Impacto Ambiental da Inovação Tecnológica Agropecuária (Sistema Ambitec), desenvolvida por pesquisadores da Embrapa Meio Ambiente (Rodrigues et al. 2002, 2003a, 2003b; Irias et al. 2003), é reproduzida aqui na sua íntegra e restringe-se à demanda institucional de avaliar impactos ambientais de inovação tecnológica agropecuária, segundo os objetivos de desenvolvimento sustentável. No contexto de desenvolvimento do Sistema Ambitec, entende-se por "ambientais" os impactos econômicos, ecológicos, sociais e sobre o conhecimento das inovações tecnológicas. O Sistema emprega uma plataforma (MS-Excel®) prática, de execução simples, de baixo custo, e passível de aplicação a todo universo tecnológico e ambiental de inserção institucional.

Descrição da Tecnologia

A construção de aeroportos, como em outras grandes obras civis, requer operações de terraplenagem e de extração de terra, com cortes e aterramentos do terreno comprometendo o solo, a fauna, a flora e os recursos hídricos locais. Estes processos, além de causarem grande impacto ambiental, deixam o solo e/ou subsolo expostos à ação dos agentes erosivos, resultando em erosão superficial, em sulcos e até voçorocas. A erosão além de causar voçorocamento e assoreamento das linhas de drenagem, pode, no seu estágio mais avançado, colocar em risco a estabilidade de edificações, pistas de pouso e decolagem e vias de acesso. Para minimizar estes impactos negativos e melhorar o aspecto paisagístico e ambiental dos aeroportos, a Embrapa Solos através de contrato firmado com a INFRAERO vem desenvolvendo um projeto de diagnóstico da situação, implantação, monitoramento e transferência de tecnologias para conservação do solo, manejo de resíduos e recuperação de áreas degradadas no Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro – Galeão / Antonio Carlos Jobim (Capeche et al. 2001a).

Para ordenar e quebrar a força da enxurrada foram utilizadas práticas mecânicas conservacionistas de baixo custo, tais como: a construção de terraços com bacias de captação e de escada dissipadora feita com material reaproveitado (placas de concreto descartadas no aeroporto). Construção de paliçadas nos taludes de corte, ao invés das descidas de água tradicionais de projetos de engenharia, utilizando materiais disponíveis na própria área (ex: restos de obras, bambu, pneus velhos, *pallets* de madeira, etc.).

Na ocasião da construção do aeroporto (década de 70), a área objeto do presente projeto recebeu aplicação de hidrossemeadura com gramíneas, que não garantiu uma proteção vegetal adequada, deixando a área exposta a erosão. Dessa forma, como alternativa para a revegetação e como estratégia para a recomposição de um fragmento de Mata Atlântica, priorizou-se o uso de espécies de leguminosas arbustivas, arbóreas e herbáceas noduladas e micorrizadas juntamente com outras espécies arbóreas de diferentes estágios sucessionais. Para proteger o solo e melhorar o armazenamento de água para o desenvolvimento das mudas, foi utilizado material proveniente do corte dos gramados como cobertura morta. Foram implantados também cordões vegetados com o capim Vetiver e o guandu anão. Como fonte de matéria orgânica e nutrientes para a adubação das mudas foi utilizado o lodo de esgoto (proveniente da estação de tratamento do próprio aeroporto) e o composto de lixo da COMLURB, complementado com adubação mineral (Capeche et al. 2001b).

A erosão hídrica acarreta, anualmente, prejuízos de grandes proporções para o meio ambiente e para a produção agropecuária de áreas tropicais. O presente projeto tem permitido usar as áreas degradadas do Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro para o aperfeiçoamento e o desenvolvimento de tecnologias alternativas de controle de erosão e revegetação de áreas degradadas. As tecnologias geradas podem ser utilizadas para áreas rurais e urbanas sob diferentes situações de degradação do solo, como: atividades agrícolas, de mineração, de construção de estradas, ferrovias, loteamentos, usinas hidrelétricas, aeroportos, etc.

As práticas mecânicas e vegetativas, conjugadas com o reaproveitamento de resíduos, são bem eficazes no controle dos processos erosivos e na formação de uma cobertura vegetal capaz de favorecer a recuperação do ecossistema original em áreas extremamente alteradas ambientalmente. Elas apresentam baixo custo de implantação e manutenção das plantas e estruturas de controle da erosão, quando comparadas as soluções tradicionais de engenharia de contenção de encostas, estabilização de taludes e condução das águas pluviais superficiais. Dessa forma, as tecnologias geradas se mostram altamente viáveis para aplicação em outras áreas degradadas.

Entre os resultados positivos dessas tecnologias podem ser descritos a recuperação de áreas degradadas, capacitação de recursos humanos nos novos conhecimentos, educação ambiental e transferência de tecnologias, beneficiando o meio ambiente e a sociedade em geral. Mais detalhes são citados a seguir.

Aproximadamente 10 ha do aeroporto apresentavam erosão laminar, em sulcos e voçorocas; atualmente estes processos estão controlados.

A colonização vegetal era praticamente inexistente, atualmente apresenta a ocorrência de vegetação de porte herbáceo, arbóreo e arbustivo, protegendo o terreno e permitindo seqüestro de carbono, através da incorporação na fitomassa aérea e radicular das plantas. Observa-se também o aparecimento de muitos propágulos entre a vegetação implantada. Neste ano será realizado um levantamento fitossociológico para acompanhar a evolução desse fragmento florestal em recuperação.

Através da formação da camada de serrapilheira, está sendo formada sobre a superfície degradada uma nova camada de solo, enriquecida com matéria orgânica.

Através de coleta e análise de amostras de solo, em diferentes locais das áreas degradadas, estão sendo monitoradas as melhorias nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, sendo objeto de uma monografia.

Foi avaliada a dinâmica hidrológica em uma voçoroca submetida a práticas de recuperação de áreas degradadas, com a caracterização físico-hídrica do solo e o monitoramento da precipitação externa e sob o reflorestamento, o que possibilitou a elaboração de uma Tese de Mestrado.

Os resultados com o experimento de lodo de esgoto indicam a total viabilidade do uso desse resíduo, usado como adubo e condicionador do solo para manutenção de áreas verdes já instaladas e para novos projetos de revegetação de áreas degradadas. Este experimento possibilitou a geração de uma Tese de Mestrado.

A apra de grama, anteriormente considerada lixo, foi utilizada no projeto melhorando o estabelecimento e o desenvolvimento das mudas.

Restos de obras, *pallets* de madeira e pneus velhos mostraram-se eficientes para a construção de barreiras e pequenas contenções. Análises químicas do solo não revelaram nenhuma contaminação das barreiras de pneus sobre o solo e estas foram totalmente recobertas pela vegetação.

Têm ocorrido ações de educação ambiental com realização de dias de campo e visitas técnicas desde as fases de implantação do projeto até o presente (Andrade et al. 2000).

Metodologia

A metodologia da estrutura do Sistema Ambitec – Agro é reproduzida aqui na sua íntegra (Rodrigues et al. 2002), e propõe-se a avaliar impactos da inovação tecnológica no agronegócio na dimensão ecológica para o segmento agropecuária (Ambitec Agro). O Sistema envolve três etapas. A primeira refere-se ao processo de levantamento e coleta de dados gerais sobre a tecnologia e o segmento do agronegócio ao qual ela se aplica, incluindo a obtenção de dados sobre o alcance da tecnologia (abrangência e influência), a delimitação da área geográfica e universo de adotantes da tecnologia. A segunda etapa trata da aplicação dos questionários em entrevistas individuais com os adotantes selecionados e inserção dos dados sobre os indicadores de impacto nas planilhas eletrônicas desenvolvidas em plataforma MS-Excel[®], obtendo-se os resultados quantitativos dos impactos, os coeficientes de impactos e o índice agregado de impacto ambiental da tecnologia selecionada. E a terceira e última etapa consiste na análise e interpretação desses índices e indicação de alternativas de manejo da tecnologia de forma a minimizar os impactos negativos e potencializar os impactos positivos, contribuindo assim para o desenvolvimento local sustentável.

O conjunto de planilhas eletrônicas permite a consideração de diversos aspectos³ ambientais de contribuição de uma dada inovação tecnológica dependendo do segmento ou da dimensão do agronegócio em avaliação. No caso do segmento **agropecuário** (expressão de impactos tecnológicos por unidade de área), são considerados os aspectos Alcance, Eficiência, Conservação e Recuperação Ambiental. Cada um destes aspectos é composto por um conjunto de indicadores organizados em matrizes de ponderação automatizadas, nas quais seus componentes são valorados com coeficientes de alteração, conforme conhecimento pessoal do adotante/ responsável da tecnologia. Diagramaticamente estas estruturas de aspectos, indicadores (e subindicadores) e componentes foram organizadas e hierarquizadas para cada um dos segmentos.

A aplicação do Sistema Ambitec envolve uma entrevista/vistoria conduzida pelo usuário do sistema e aplicada ao adotante/responsável pela atividade do agronegócio. O objetivo principal é a obtenção do **coeficiente de alteração dos**

³ Aspecto ambiental entendido como “*elemento das atividades, produtos ou serviços de uma organização que pode interagir com o meio ambiente. Um aspecto ambiental significativo é aquele que tem ou pode ter um impacto ambiental significativo*”.

componentes, para cada um dos indicadores de impacto. A inserção desses coeficientes seqüencialmente nas planilhas resulta 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 são expressos graficamente na planilha "AIA da Tecnologia". Finalmente, os indicadores são considerados em seu conjunto, para composição do Índice de Impacto Ambiental da Inovação Tecnológica do segmento respectivo. Este 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).

Na execução da avaliação, solicita-se ao adotante/responsável que indique a direção (aumento, diminuição, ou inalteração) dos coeficientes de alteração dos componentes que varia de -3 a $+3$, dependendo da intensidade do efeito (Tabela 1).

Para reduzir o grau de subjetividade das informações obtidas nestas entrevistas padroniza-se a interpretação dos coeficientes de alteração primeiramente pela seleção e formulação objetiva dos indicadores e componentes e, segundo, pela clara delimitação e definição desses componentes.

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 do agronegócio 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

Fonte: Rodrigues et al. (2003b).

Nas matrizes automáticas, incluem-se ainda fatores de ponderação que se referem à importância do componente para a formação do indicador e a escala geográfica de ocorrência da alteração no componente. Os valores dos fatores de importância variam com o número de componentes que formam um determinado indicador e somam um (1), constituindo, portanto, fatores de normalização definidos no teste de sensibilidade (Girardin et al. 1999). Os valores de importância dos componentes podem ser alterados pelo usuário do Sistema para melhor refletirem qualquer situação específica na qual certos componentes devem ser enfatizados, desde que o valor total de todos os componentes seja igual a um (1).

A escala de ocorrência⁴ explicita o espaço no qual se processa a alteração no componente do indicador, conforme a situação específica de aplicação da tecnologia, e pode ser:

- 1) Pontual: quando os efeitos da tecnologia no componente se restringem apenas ao local de sua ocorrência ou a unidade produtiva na qual esteja ocorrendo a alteração. Fator de ponderação igual a 1.
- 2) Local: quando os efeitos se fazem sentir externamente ao local de ocorrência ou à unidade produtiva, porém confinados aos limites do estabelecimento. Fator de ponderação igual a 2.
- 3) No entorno: quando os efeitos se fazem sentir além dos limites do estabelecimento. Fator de ponderação igual a 5.

Os valores (1 ou 2 ou 5) dos fatores para ponderação da escala de ocorrência são fixos, não podendo ser modificados pelo usuário do Sistema e expressam um valor proporcionalmente maior quando a tecnologia afeta um espaço ou um ambiente que extrapola os limites do estabelecimento.

Devido à característica muito localizada de alguns componentes de indicadores, algumas matrizes limitam a escala da ocorrência ao âmbito pontual, como por

⁴ Nas planilhas eletrônicas, uma das alternativas da escala de ocorrência é sem efeito, ou seja, a alteração devido à tecnologia não se aplicada àquele componente em particular (faz-se um x na planilha). Conquanto tenha o mesmo valor computacional de inalterado (alteração zero), essa situação é diferente quando a tecnologia se aplica, porém o componente permanece inalterado e no corpo da planilha (se pontual, ou local ou entorno) insere-se o valor zero (0).

exemplo, todos componentes do indicador uso de agroquímicos, no aspecto eficiência tecnológica do Ambitec Agro.

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

A estrutura do Ambitec Agro que contempla atividades do agronegócio relativas a lavouras, pastagens e reflorestamentos (alterações em termos de unidade de áreas) inclui os aspectos alcance, eficiência, conservação e recuperação ambiental e é composta por oito indicadores, avaliados por 37 componentes.

O alcance da tecnologia expressa a escala geográfica na qual a tecnologia influencia a atividade ou produto, e é definido pela abrangência (área total cultivada com o produto ou dedicada à atividade) 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 eletrônicas de avaliação, e deve ser obtido a partir das informações do projeto de desenvolvimento tecnológico, ou do pesquisador por ele responsável.

O aspecto eficiência tecnológica trata da contribuição da tecnologia para a sustentabilidade da atividade agropecuária a montante do processo produtivo, representado pelo uso de agroquímicos ("pesticidas" e fertilizantes), uso de energia (combustíveis fósseis, biomassa e eletricidade), e uso de recursos naturais.

Entre os agroquímicos, os "pesticidas" representam o uso de todos agrotóxicos e são avaliados em termos de alterações dos componentes quanto à frequência das aplicações, à variedade de seus ingredientes ativos (diferentes produtos) e da toxicidade (danos ambientais inclusive à saúde das pessoas). O uso de fertilizantes é avaliado em relação às alterações nas quantidades de NPK hidrossolúvel (lixiviação), na aplicação de calcário ou de calagem (melhoria das características físico-químicas do solo) e na reposição de micronutrientes do solo. O uso de energia é avaliado pelo consumo de combustíveis fósseis (alterações no uso de óleo combustível, gasolina, diesel e carvão mineral); pelo consumo de biomassa (alterações no uso de álcool, lenha, bagaço de cana e restos vegetais); e pelas

alterações na demanda de eletricidade. O uso dos recursos naturais é avaliado em termos da necessidade imposta pela tecnologia quanto às alterações no consumo de água para irrigação e para processamento e da incorporação de áreas (solos) para plantio.

O aspecto conservação é avaliado pelos impactos da tecnologia sobre a qualidade ambiental face às possibilidades de contaminação dos resíduos gerados pela atividade produtiva agropecuária, a depauperação dos *habitats* naturais e a diversidade biológica. São impactos avaliados por alterações nos componentes dos indicadores atmosfera, capacidade produtiva do solo, água e biodiversidade.

A qualidade atmosférica é avaliada por alterações provocadas pela tecnologia nos componentes emissão de gases de efeito estufa (por exemplo, dióxido de carbono e metano), de material particulado (poeiras) e fumaça, de odores e de ruídos. A capacidade produtiva dos solos, um dos principais indicadores de sustentabilidade das atividades agropecuárias, é avaliada pelas alterações em termos de erosão, perda de matéria orgânica, perda de nutrientes e compactação dos solos. A qualidade da água, um dos indicadores mais sensíveis às atividades agropecuárias, é avaliada por alterações na demanda bioquímica de oxigênio (conteúdo de matéria orgânica), na turbidez ou material em suspensão (particulado ou coloidal, orgânico ou inorgânico), nos materiais flotantes/óleos/espumas, e na sedimentação/assoreamento. A conservação da biodiversidade, fundamental para o desenvolvimento sustentável especialmente para o papel multifuncional da agricultura, é avaliada por alterações na perda da vegetação natural (ciliar, do topo de montanhas, de encostas íngremes, etc.), na perda de corredores de fauna, e na perda de espécies e de variedades caboclas de plantas e animais.

O aspecto recuperação ambiental se justifica pelo estado de degradação das áreas de produção agrícola em geral, impondo a necessidade de restaurar ecossistemas como objetivo comum das inovações tecnológicas no contexto da agricultura sustentável. Refere-se à efetiva contribuição da inovação tecnológica para promover a recuperação da qualidade ambiental e dos ecossistemas (princípio da resiliência), por meio da melhoria das condições ou propriedades de compartimentos ambientais ou estoque de recursos. Os componentes avaliados do indicador "variáveis de recuperação ambiental" são alterações na recuperação de solos degradados (física, química e biologicamente), nos ecossistemas degradados (áreas marginais expostas a queimadas, sobrepastoreio e outras formas de pressão), nas

áreas de preservação permanente (definidas em legislação pertinente), e nas áreas da reserva legal (quando ainda não consideradas).

O cálculo dos coeficientes de impacto ambiental para cada indicador é obtido pela expressão:

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

em que 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 é obtido pela expressão:

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

em que lia_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 nestes resultados o avaliador procede à avaliação contextual da inovação tecnológica, segundo o desempenho ambiental observado na situação específica de adoção considerada. Dessa forma, pode-se identificar os problemas e orientar sobre alternativas que possam contribuir para melhorar o desempenho ambiental da tecnologia no contexto específico do sistema produtivo do estabelecimento do agronegócio.

Resultados e Discussão

Os resultados do Sistema AmbiTec – Agro, obtidos no projeto de recuperação de áreas degradadas no Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro, são apresentados em forma de planilhas de indicadores de eficiência, indicando o seguinte:

- 1) A inovação tecnológica analisada atingiu um índice de impacto ambiental no valor geral de 3,53, sugerindo que os impactos ambientais da mesma tiveram efeitos benéficos sobre o meio ambiente.
- 2) O coeficiente de impacto referente ao “uso de agroquímicos” teve um valor de – 0,7. Este valor negativo reflete a introdução de produtos agroquímicos, principalmente as iscas para combate às formigas. A introdução e utilização de produtos naturais para o controle da praga deve ser implementada para reduzir e/ou eliminar possíveis contaminação e melhorar o valor deste indicador. O mesmo procedimento deve ser adotado em relação aos fertilizantes preconizados pela tecnologia, ou seja, tentar substituí-los por outros produtos menos degradantes do meio ambiente.
- 3) O bom desempenho do coeficiente para o uso de energia deveu-se principalmente à grande incorporação de biomassa na forma de restos vegetais (grama) ao sistema produtivo que alcançou o valor de 1,2. No geral, o coeficiente ficou com o valor de 0,7 devido a utilização de óleo combustível e diesel para a realização das obras de contenção de erosão. A queima destes combustíveis fósseis contribuem para a emissão de gases de efeito estufas – GEE's.
- 4) Em seguida vem o aspecto da biodiversidade com um impacto de 2,4, refletindo os efeitos desejáveis na recuperação de solos degradados proporcionando o restabelecimento de uma biodiversidade no solo.
- 5) Para o aspecto de recuperação ambiental com um impacto de 1,8 reflete os efeitos desejáveis na recuperação de solos degradados e ecossistemas degradados.
- 6) Para o coeficiente sobre atmosfera, obteve-se um índice de 1,8 o que representa que o sistema tem capacidade de contribuir para a redução dos gases de efeito estufa.

7) Para a água foi obtido o coeficiente de 1,75 devido a uma manutenção maior da água no sistema demonstrando a eficiência da tecnologia para este parâmetro.

8) A grande contribuição da tecnologia deu-se através da capacidade produtiva do solo obtendo-se os valores máximos para controle de erosão, incorporação de matéria orgânica, perdas de nutrientes e efeitos de compactação de solos perfazendo um coeficiente de impacto de valor 15.

9) O valor negativo de -0,3 coube ao indicador de uso de recursos naturais o que demonstra que o sistema esta consumindo muita água (irrigação das mudas). Recomenda-se em futuros trabalhos tentar diminuir o consumo de água através de métodos alternativos de irrigação de modo a melhor o seu desempenho.

Referências Bibliográficas

ANDRADE, A. G.; CAPECHE, C. L.; LUMBRERAS, J. F.; CALDERANO, S. B. **Plano de recuperação de áreas degradadas da Jazida do Itacolomi: Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro – Galeão / Antonio Carlos Jobim.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2000. 20 p. (Embrapa Solos. Relatório técnico, 20).

CAPECHE, C. L.; BARUQUI, A. F.; MOTTA, P. E. F.; ANDRADE, A. G. **Diagnóstico do estado de conservação do solo do Aeroporto do Galeão.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2001a. 30 p. (Embrapa Solos. Relatório técnico, 30).

CAPECHE, C. L.; BARUQUI, A. F.; MOTTA, P. E. F.; ANDRADE, A. G. **Projeto de recuperação de áreas degradadas do Aeroporto do Galeão.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2001b. 49 p.

GIRARDIN, P.; BOCKSTALLER, C.; VAN DER WERF, H. Indicators, tools to evaluate the environmental impacts of farming systems. **Journal of Sustainable Agriculture**, New York, v. 13, n. 4, p. 5-21, 1999.

IRIAS, L. J. M.; RODRIGUES, G. S.; CAMPANHOLA, C.; KITAMURA, P. C. **Avaliação de impacto ambiental de inovações tecnológicas nos segmentos agropecuário, produção animal e agroindústria (Sistema Ambitec).** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004. 17 p. (Embrapa Meio Ambiente. Circular Técnica). No prelo.

MIRRA, A. L. V. **Impacto ambiental**: aspectos da legislação brasileira. São Paulo: Oliveira Mendes, 1998. 156 p.

RODRIGUES, G. S. **Avaliação de impactos ambientais em projetos de pesquisa**: fundamentos, princípios e introdução à metodologia. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 1998. 66 p. (Embrapa Meio Ambiente, Documentos, 14).

RODRIGUES, G. S.; CAMPANHOLA, C.; KITAMURA, P. C. An environmental impact assessment system for agricultural R&D. **Environmental Impact Assessment Review**, Cambridge, v. 23, p. 219-244, october, 2003a.

RODRIGUES, G. S.; CAMPANHOLA, C.; KITAMURA, P. C. Avaliação de impacto ambiental da inovação tecnológica agropecuária: um sistema de avaliação para o contexto institucional de P&D. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 19, n. 3, p. 349-375, set./dez. 2002.

RODRIGUES, G. S.; CAMPANHOLA, C.; KITAMURA, P. C. **Avaliação de impacto ambiental da inovação tecnológica agropecuária**: Ambitec-Agro. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2003b. 93 p. (Embrapa Meio Ambiente, Documentos, 34).

ANEXO

Planilhas de indicadores de eficiência

Eficiência Tecnológica

Métodos para Avaliação de Impactos da Pesquisa - Dimensão Ambiental

Planilha de indicadores de eficiência da tecnologia

Tabela de coeficientes de alteração do uso de insumos								Averiguação fatores de ponderação
Uso de agroquímicos	Pesticidas			Fertilizantes				
	Frequência	Variedade de ingredientes ativos	Toxicidade	NPK hidrossolúvel	Calagem	Micro- nutrientes		
Fatores de ponderação								
k		0.2	0.2	0.3	0.1	0.1	0.1	
Escala da ocorrência =	Sem efeito							
	Marcar com X							
	Pontual	1	-1	-1	0	-1	-1	
	Local	2						
Entorno	5							
Coeficiente de impacto = (coeficientes de alteração * fatores de ponderação)								0.7

Tabela de coeficientes de alteração do uso de recursos						
Uso de recursos naturais			Recurso natural			Averiguação fatores de ponderação
			Água para irrigação	Água para processamento	Solo para plantio (área)	
Fatores de ponderação						
k			0.3	0.3	0.4	
Escala da ocorrência =	Sem efeito	Marcar com X				
	Pontual	1	1	0	0	
	Local	2				
	Entorno	5				
Coeficiente de impacto = (coeficientes de alteração * fatores de ponderação)			-0.3	0	0	-0.3

Eficiência Tecnológica

Métodos para Avaliação de Impactos da Pesquisa -Dimensão Ambiental

Planilha de indicadores de eficiência da tecnologia

Tabela de coeficientes de alteração do uso de fontes de energia										
Uso de energia	Combustíveis fósseis				Biomassa				Eletridade	Averiguação fatores de ponderação
	Óleo combustível	Gasolina	Diesel	Carvão mineral	Alcool	Lenha	Bagaço de cana	Restos vegetais		
Fatores de ponderação	0.3	0	0.2	0	0	0	0	0.4	0.1	1
Sem efeito										
Marcar com X										
Escala da ocorrência =	1	0	1		0	0	0	-3	0	
Pontual										
Local										
Entorno										
5										
Coeficiente de impacto = (coeficientes de alteração * fatores de ponderação)	-0.3	0	-0.2	0	0	0	0	1.2	0	0.7

Conservação Ambiental

Métodos para Avaliação de Impactos da Pesquisa - Dimensão Ambiental

Planilha de indicadores da contribuição da tecnologia para conservação ambiental

Tabela de coeficientes de alteração da emissão de poluentes					
Atmosfera		Tipo do poluente			
		Gases de efeito estufa	Material particulado / fumaça	Odores	Ruídos
Fatores de ponderação k		0.6	0.4	0	0
Escala da ocorrência =	Sem efeito				
	Marcar com X				
	Pontual	1	-3	0	0
	Local	2			
	Entorno	5			
Coeficiente de impacto = (coeficientes de alteração * fatores de ponderação)		1.8	0	0	0
					1.8

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 =	Sem efeito				
	Marcar com X				
	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

Tabela de coeficientes de alteração da variável					
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
Escala da ocorrência =	Sem efeito				
	Marcar com X				
	Pontual	1	-1	-3	0
	Local	2			
	Entorno	5			
Coeficiente de impacto = (coeficientes de alteração * fatores de ponderação)		0.25	0.75	0	0.75
					1.75

Tabela de coeficientes de alteração da variável					
Biodiversidade		Variável de biodiversidade			Averiguação fatores de ponderação
		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 =	Sem efeito				
	Marcar com X				
	Pontual	1	-3	-3	
	Local	2			
	Entorno	5			
Coeficiente de impacto = (coeficientes de alteração * fatores de ponderação)		1.2	0.9	0.3	2.4

Recuperação Ambiental

Métodos para Avaliação de Impactos da Pesquisa - Dimensão Ambiental

Planilha de indicadores da contribuição da tecnologia para recuperação ambiental

Tabela de coeficientes de alteração da variável					
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
Escala da ocorrência =	Sem efeito				
	Marcar com X				
	Pontual	1	3	3	1
	Local	2			
	Entorno	5			
Coeficiente de impacto = (coeficientes de alteração * fatores de ponderação)		0.6	0.6	0.2	0.4
		1.8			

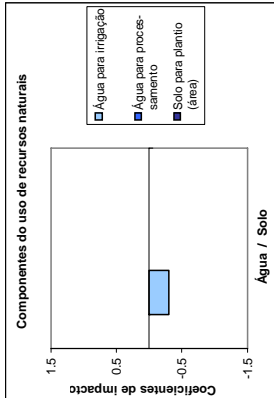
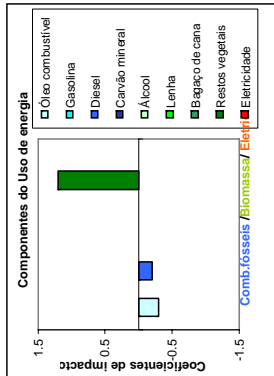
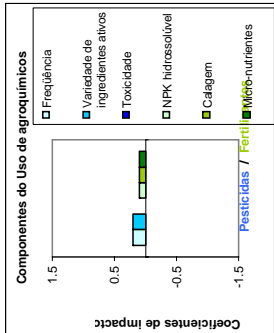
AIA da Tecnologia

Métodos para Avaliação de Impactos da Pesquisa - Dimensão Ambiental

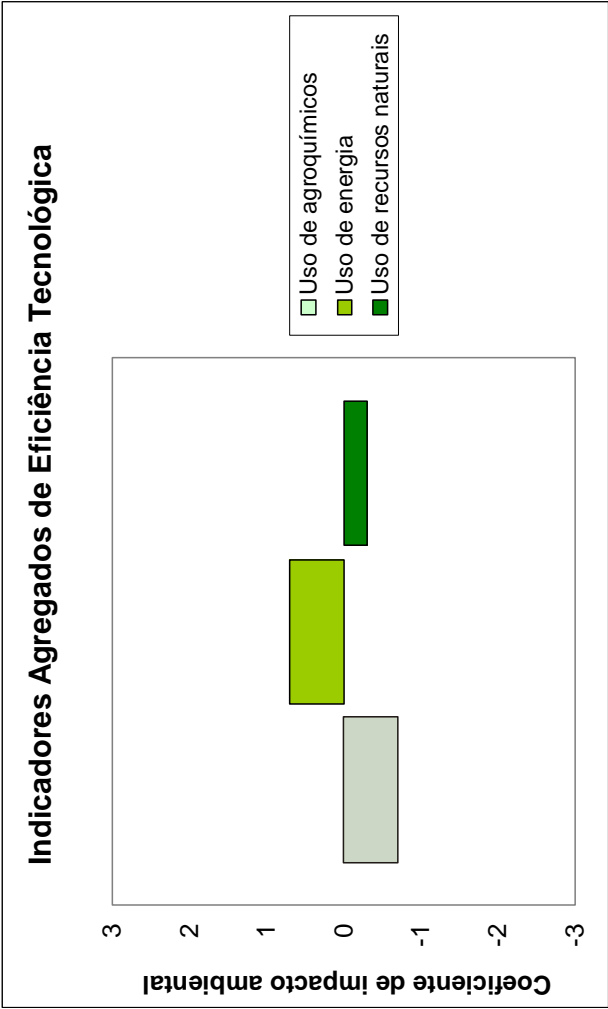
Planilha de resultado da avaliação de impacto ambiental

EFICIÊNCIA TECNOLÓGICA

Uso de agroquímicos	Sem efeito	Uso de energia	Sem efeito	Uso de recursos naturais	Sem efeito
Pesticidas	Frequência Variedade de ingredientes ativos Toxicidade	Combustíveis fósseis		Água para irrigação	
Fertilizantes	NPK hidrossolúvel Calagem Micronutrientes	Gasolina Diesel Carvão mineral Álcool Lenha Bagaço de cana Restos vegetais		Água para processamento Solo para plantio (área)	
		Biomassa			
		Eleticidade			

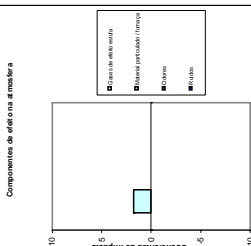
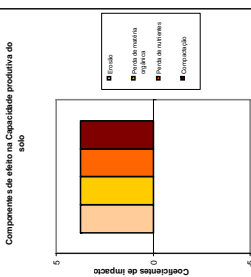
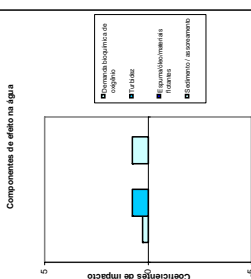
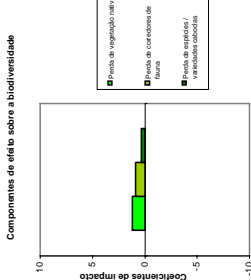


AIA da Tecnologia

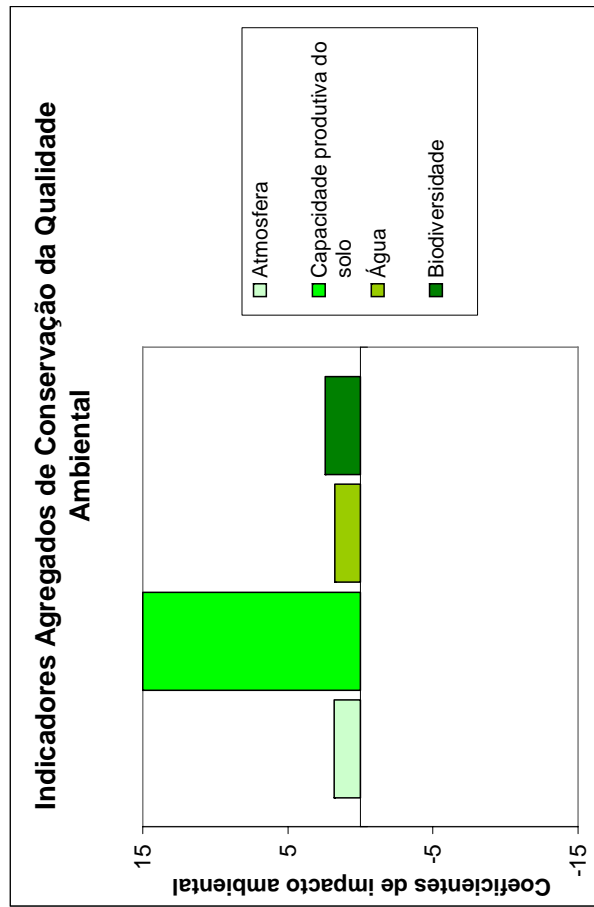


AIA da Tecnologia

CONSERVAÇÃO DA QUALIDADE AMBIENTAL

Atmosfera	Sem efeito	Capacidade produtiva do solo	Sem efeito	Água	Sem efeito	Biodiversidade	Sem efeito
Gases de efeito estufa Material particulado / fumaça Odores Ruídos		Erosão Perda de matéria orgânica Perda de nutrientes Compactação		DBO Turbidez Espuma/ óleos/ materiais flutuantes Sedimento / assoreamento		Perda de vegetação nativa Perda de corredores de fauna Perda de espécies / variedades caboclas	
Componentes de efeito na atmosfera		Componentes de efeito na Capacidade produtiva do solo		Componentes de efeito na água		Componentes de efeito sobre a biodiversidade	

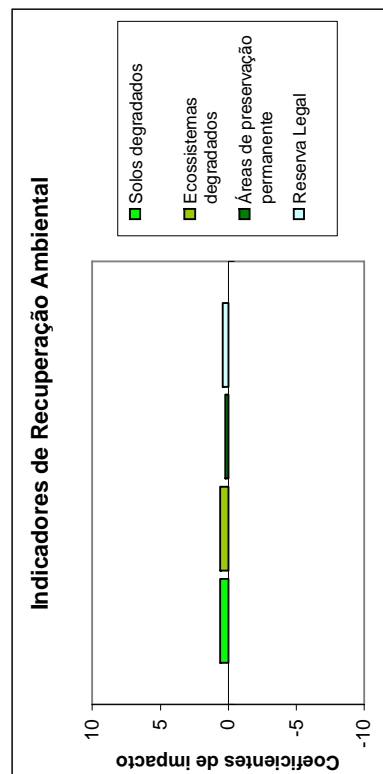
AIA da Tecnologia



AIA da Tecnologia

RECUPERAÇÃO AMBIENTAL

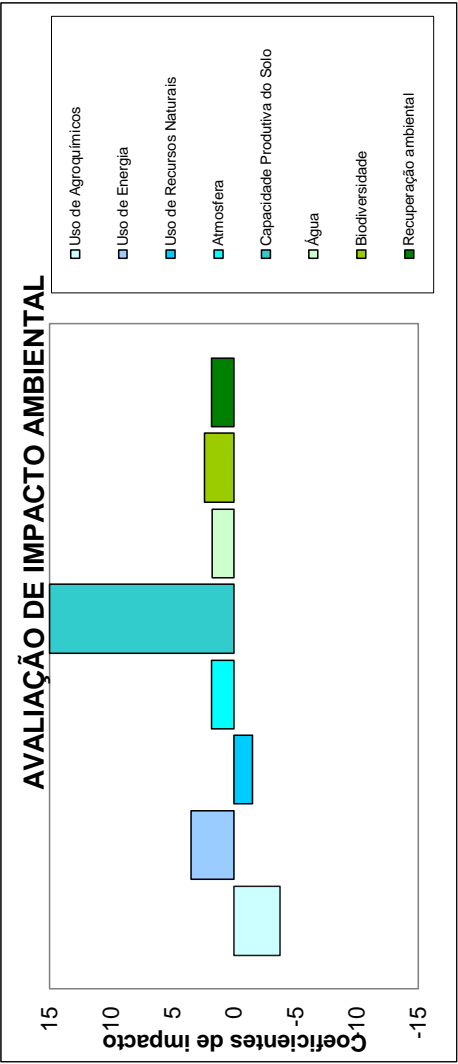
Recuperação ambiental	Sem efeito
Solos degradados	
Ecosistemas degradados	
Áreas de preservação permanente	
Reserva Legal	



AIA da Tecnologia

AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL

Uso de Agroquímicos	-0.7
Uso de Energia	0.7
Uso de Recursos Naturais	-0.3
Atmosfera	1.8
Capacidade Produtiva do Solo	15
Água	1.75
Biodiversidade	2.4
Recuperação ambiental	1.8



AIA da Tecnologia

