

Sistema integrado de avaliação de impacto ambiental aplicado a atividades do Novo Rural⁽¹⁾

Geraldo Stachetti Rodrigues⁽²⁾ e Clayton Campanhola⁽²⁾

Resumo – O objetivo deste trabalho foi apresentar o sistema de Avaliação Ponderada de Impacto Ambiental de Atividades do Novo Rural (APOIA-NovoRural), que consiste de um conjunto de planilhas eletrônicas (plataforma MS-Excel) que integram 62 indicadores da performance ambiental de uma atividade econômica em um estabelecimento rural. Cinco dimensões de avaliação foram consideradas: ecologia da paisagem, qualidade ambiental (atmosfera, água e solo), valores socioculturais, valores econômicos e gestão e administração. Os indicadores foram construídos em matrizes de ponderação, nas quais dados quantitativos, obtidos em campo e laboratório, foram automaticamente transformados em índices de impacto, expressos graficamente. O índice de impacto de cada indicador foi traduzido a um valor de utilidade, empregando-se funções e coeficientes especificamente derivados para cada indicador. Os valores de utilidade foram agregados para compor o Índice de Impacto Ambiental da atividade avaliada. Os resultados da avaliação permitem ao produtor/administrador averiguar quais atributos da atividade podem estar desconformes com seus objetivos de sustentabilidade e ao tomador de decisões a indicação de medidas de fomento ou controle das atividades, segundo planos de desenvolvimento local; proporcionam, ainda, uma unidade de medida objetiva de impacto para auxiliar na qualificação e certificação de atividades agropecuárias.

Termos para indexação: sustentabilidade, teste de desempenho, métodos, meio rural, certificação.

A comprehensive system for the environmental impact assessment of emerging activities of the “new rural scenario”

Abstract – The objective of this paper was to present the Environmental Impact Assessment System of New Rural Activities (APOIA-NovoRural), which consists of a set of electronic spreadsheets (MS-Excel platform) that integrate 62 indicators of environmental performance of an economic activity at the farmstead level. Five assessment dimensions were considered: landscape ecology, environmental quality (atmosphere, water and soil), sociocultural values, economic values and management. Each indicator was constructed into a weighing matrix in which field- and laboratory-obtained data with the appropriate measurement units were automatically transformed into impact indices. The impact index for each indicator was translated into a utility value by multi-coefficient functions specifically derived for each indicator. The utility values for all indicators were aggregated to compose the Environmental Impact Index for the activity under consideration. The indicator level output offers a diagnostic tool for farmers, pointing out specific attributes of the activity that may be failing to comply with defined benchmarks. The dimension-wise output shows decision makers the major contributions of the activity towards local sustainable development, facilitating the definition of control actions and promotion measures. Finally, the aggregated Environmental Impact Index is a yardstick of environmental performance, serving as a straightforward certification tool for rural activities.

Index terms: sustainability, evaluation techniques, methods, rural environment, certification.

⁽¹⁾ Aceito para publicação em 9 de janeiro de 2003.

Trabalho realizado com apoio da Fapesp, CNPq e Embrapa.

⁽²⁾ Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Monitoramento e Avaliação de Impacto Ambiental, Rodovia SP 340, km 127,5, CEP 13820-000 Jaguariúna, SP.
E-mail: stacheti@cnpma.embrapa.br,
clayton@cnpma.embrapa.br

Introdução

Uma tendência socioeconômica vem sendo observada em muitas áreas rurais do Brasil – o sistemático decréscimo do número de pessoas ocupadas em atividades agrícolas tradicionais, concomitante a um consistente acréscimo do número total de pessoas

ocupadas. Este fenômeno resulta da emergência de atividades alternativas não-agrícolas em substituição aos tradicionais usos agrícolas da terra, configurando o que tem sido denominado de “Novo Rural” (Campanhola & Silva, 2000).

Profundas alterações socioeconômicas e ambientais resultam dessas mudanças, promovendo tanto perspectivas quanto ameaças ao desenvolvimento local sustentável. Para um melhor planejamento dessas mudanças e assessoramento dos produtores rurais e tomadores de decisão quanto às melhores opções de práticas, atividades e formas de manejo a serem implementadas, torna-se necessário a avaliação do impacto ambiental (AIA) dessas atividades emergentes do meio rural.

Métodos de AIA são mecanismos estruturados para identificação, coleção e organização de dados sobre impactos ambientais (Erickson, 1994). Inicialmente, AIA foi concebida especificamente para o abatimento dos impactos, definidos como “qualquer alteração nas características físicas, químicas ou biológicas do ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia derivada das atividades humanas, e que possa direta ou indiretamente afetar: a saúde, segurança e o bem-estar da população, as atividades econômicas e sociais; a biota; as condições estéticas e sanitárias; e a qualidade dos recursos naturais” (São Paulo, 1992). É importante incluir na AIA as dimensões de manutenção da capacidade de suporte dos ecossistemas, a conservação da qualidade do ambiente, e as dimensões socioculturais, econômicas e institucionais.

Uma ampla variedade de métodos de AIA está disponível em trabalhos dedicados ao tema e inseridos em várias linhas metodológicas principais, a saber: métodos *ad hoc*; listas de verificação e matrizes, descritivas ou escalares; sobreposição de mapas; redes de interação; diagramas de sistemas; e modelos de simulação (Rodrigues, 1998). Cada método apresenta vantagens e desvantagens, e trata mais adequadamente de problemas e objetivos específicos, podendo-se assumir que a seleção, adaptação e desenvolvimento de métodos e sistemas de AIA dependem dos objetivos da avaliação (Canter, 1977).

No âmbito das alterações socioeconômicas e ambientais em curso no contexto do Novo Rural, é importante que se tenha um método que atenda à

grande variedade de atividades agrícolas e não-agrícolas desenvolvidas nas mais diferentes condições ambientais. O método deve ser apropriado para guiar a escolha de atividades, tecnologias e formas de manejo, de acordo com as potencialidades e restrições de uso do espaço rural e de sua inserção nos objetivos de desenvolvimento local sustentável.

Com este conjunto de características particulares, não se obteve um método completamente satisfatório, que estivesse disponível para utilização em um programa de AIA das atividades emergentes no Novo Rural e, assim, optou-se por se compor um sistema dedicado a esta finalidade, adotando-se os seguintes princípios: ser aplicável a qualquer atividade do meio rural brasileiro, indicando pontos críticos para correção do manejo; atender ao rigor da comunidade científica e ao mesmo tempo permitir o uso prático pelos agricultores/empresários rurais; contemplar, de forma abrangente, os aspectos ecológicos, econômicos e sociais em um número adequado e suficiente de indicadores específicos; ser informatizado e prover uma medida final integrada do impacto ambiental da atividade.

Este último requisito – prover uma avaliação geral de impacto ambiental segundo um padrão ou linha de base objetiva (*benchmark*) – é essencial para permitir a certificação ambiental das atividades, em atendimento à demanda voluntária dos proprietários rurais e de suas organizações. A certificação ambiental deve contribuir com dois objetivos principais. Primeiro, em sua vertente de interesse público, garantir que recomendações obtidas na AIA para reparar impactos sejam efetivamente realizadas. Segundo, em sua vertente privada, servir como instrumento de divulgação e promoção da atividade desenvolvida, quando esta se qualificar como promotora de práticas sustentáveis.

O objetivo deste trabalho é apresentar como o sistema APOIA-NovoRural foi concebido, os seus componentes e as possibilidades de sua utilização prática.

Material e Métodos

O sistema APOIA-NovoRural (Avaliação Ponderada de Impacto Ambiental de Atividades do Novo Rural) consiste de um conjunto de matrizes escalares formuladas de

maneira a permitir a valoração de indicadores da performance ambiental de uma atividade agropecuária, considerando cinco dimensões: ecologia da paisagem, qualidade dos compartimentos ambientais, valores socioculturais, valores econômicos e gestão e administração. O estabelecimento rural constituiu-se na escala espacial de análise e, como corte temporal, adota-se a situação anterior e posterior à implantação, ou a área com e sem influência, da nova atividade.

O sistema consta de 62 indicadores, compostos a partir de uma revisão de métodos de AIA (Neher, 1992; Stockle et al., 1994; Bockstaller et al., 1997; McDonald & Smith, 1998; Girardin et al., 1999; Bosshard, 2000; Rodrigues et al., 2000; Rossi & Nota, 2000), discussões em grupos e outras fontes. Os indicadores foram selecionados, compostos e organizados de forma a cobrir a gama possível de efeitos ambientais diretamente definidos como impactos e de forma a serem aplicados em sua totalidade a qualquer atividade agropecuária. Os dados para AIA referem-se à alteração causada nos indicadores em consequência da efetiva implantação da atividade, nas condições específicas do estabelecimento rural avaliado. O conjunto de dimensões e indicadores, com suas respectivas unidades de medida obtidas no campo e no laboratório, encontra-se na Tabela 1.

Grande parte das informações constitui-se de conhecimento tácito do proprietário ou responsável e é obtida diretamente com o auxílio de um questionário. Outros indicadores requerem a avaliação sensorial (não simplesmente a percepção individual) do responsável, balizada por atributos dos indicadores, construídos nas matrizes de avaliação. O técnico responsável pela aplicação do questionário deve estar bem treinado para realizar as entrevistas com os responsáveis, de modo a eliminar a subjetividade na coleta das informações sobre as transformações que ocorreram após a introdução da nova atividade. Os dados compõem-se de unidades quantitativas contínuas, tais como: porcentagem da área ou do tempo de ocorrência, número de pessoas, hectares ou horas semanais. Em complemento, o entrevistador deve realizar vistorias locais para verificação das informações fornecidas. O grau de subjetividade do entrevistador é reduzido na medida em que são estabelecidos critérios para cada um dos indicadores e seus subcomponentes, os quais fazem parte do manual orientador para a aplicação do método.

Algumas variáveis de qualidade da água devem ser analisadas no local por meio de kit de diagnóstico. Outras variáveis de qualidade da água e do solo são analisadas em laboratórios. Todas as variáveis consideradas são tipicamente de rotina, e não demandam capacidade laboratorial ou instrumental especial.

As matrizes de avaliação são construídas em plataforma MS-Excel de forma a ponderar automaticamente os indicadores e seus atributos e expressar graficamente o índice de impacto resultante (Figura 1). Este índice de impacto do indicador é transformado por uma função de valor que o relaciona com a performance ambiental da atividade em uma escala de utilidade (Bisset, 1987) que varia de 0 a 1, a exemplo do que foi utilizado por Dee et al. (1973), Canter & Hill (1979), Andreoli & Tellarini (2000) e Girardin et al. (2000). Vinte e quatro dos 62 indicadores são expressos em duas medidas, a saber: o índice de impacto primário referente ao indicador e a variação porcentual, proporcional, ou relativa induzida pela atividade agropecuária; cada qual com seu respectivo valor de utilidade.

A composição das curvas de correspondência entre os indicadores e a performance ambiental definida em valores de utilidade baseou-se em testes de sensibilidade e de probabilidade, para cada indicador (Girardin et al., 1999). No teste de sensibilidade define-se, de acordo com o objetivo do sistema de avaliação, o significado e a importância da alteração causada pela atividade. O significado permite julgar se uma alteração é aceitável ou não (se é positiva ou negativa), e a importância determina a extensão em que a alteração contribui (ou prejudica) para se atingir o objetivo. No teste de probabilidade, estabelece-se a relação de valor entre o indicador e a performance, segundo correspondência entre a escala de ocorrência e o padrão ou *benchmark*, permitindo definir a função de transformação (Girardin et al., 1999).

As curvas de correspondência entre índices de impacto dos indicadores e valores de utilidade foram expressas em equações multicoeficientes, derivadas caso a caso, com ajustes mínimos correspondentes a $R^2 = 0,95$ (Hyams, 1995). As equações e coeficientes foram inseridos nas matrizes de ponderação e vinculados aos índices de impacto, traduzindo-os diretamente em valores de utilidade para expressão gráfica e cálculo do índice de impacto ambiental da atividade agropecuária para cada indicador (Figura 1).

O exemplo apresentado na Figura 1 refere-se ao indicador “Risco de Incêndio”, que faz parte do componente “Ecologia da Paisagem” e tem por objetivo ilustrar o funcionamento de uma matriz de ponderação. A tarefa do avaliador consiste em preencher a matriz com as informações obtidas com o responsável. No presente caso, após a implantação da nova atividade, houve redução do risco de incêndio devido à adoção de medidas preventivas no pasto plantado, o qual representa 22% da área de risco de incêndio do estabelecimento. No pasto natural (20% da área com risco de incêndio), houve eliminação da prática de queimadas. Na área de culturas (18% da área com risco de incêndio), foram construídos aceiros para proteção contra

Tabela 1. Dimensões e indicadores de impacto ambiental do sistema APOIA-NovoRural e unidades de medida utilizadas para caracterização em levantamentos de campo e laboratório.

Dimensões e indicadores	Unidades de medida obtidas no campo e laboratório
	Dimensão Ecologia da Paisagem
Fisionomia e conservação dos habitats naturais	Porcentagem da área da propriedade
Diversidade e condições de manejo das áreas de produção	Porcentagem da área da propriedade
Diversidade e condições de manejo das atividades confinadas (agrícolas/não-agrícolas e de confinamento animal)	Porcentagem da renda da propriedade, excluídas atividades não confinadas
Cumprimento com requerimento da reserva legal	Porcentagem da área averbada como reserva legal na propriedade
Cumprimento com requerimento de áreas de preservação permanente	Porcentagem da área da propriedade
Corredores de fauna	Área (ha) e número de fragmentos
Diversidade da paisagem ⁽¹⁾	Índice de Shannon-Wiener (dado)
Diversidade produtiva ⁽¹⁾	Índice de Shannon-Wiener (dado)
Regeneração de áreas degradadas ⁽¹⁾	Porcentagem da área da propriedade
Incidência de focos de doenças endêmicas	Número de criadouros
Risco de extinção de espécies ameaçadas	Número de (sub)populações ameaçadas
Risco de incêndio	Porcentagem da área atingida pelo risco
Risco geotécnico	Número de áreas influenciadas
	Dimensão Qualidade dos Compartimentos Ambientais
	Atmosfera
Partículas em suspensão/fumaça	Porcentagem do tempo de ocorrência
Odores	Porcentagem do tempo de ocorrência
Ruídos	Porcentagem do tempo de ocorrência
Óxidos de carbono	Porcentagem do tempo de ocorrência
Óxidos de enxofre	Porcentagem do tempo de ocorrência
Óxidos de nitrogênio	Porcentagem do tempo de ocorrência
Hidrocarbonetos	Porcentagem do tempo de ocorrência
	Água superficial
Oxigênio dissolvido ⁽¹⁾	Porcentagem de saturação de O ₂
Coliformes fecais ⁽¹⁾	Número de colônias/100 mL
DBO ₅ ⁽¹⁾	Miligrama/L de O ₂
pH ⁽¹⁾	pH
Nitrato ⁽¹⁾	Miligrama de NO ₃ /L
Fosfato ⁽¹⁾	Miligrama P ₂ O ₅ /L
Sólidos totais ⁽¹⁾	Miligrama sólidos totais/L
Clorofila a ⁽¹⁾	Micrograma clorofila/L
Condutividade ⁽¹⁾	Micro ohm/cm
Poliuição visual da água	Porcentagem do tempo de ocorrência
Impacto potencial de pesticidas	Porcentagem da área tratada
	Água subterrânea
Coliformes fecais ⁽¹⁾	Número de colônias/100 mL
Nitrato ⁽¹⁾	Miligrama de NO ₃ /L
Condutividade ⁽¹⁾	Micro ohm/cm
	Manutenção da capacidade produtiva do solo
Matéria orgânica	Porcentagem de matéria orgânica
pH ⁽¹⁾	pH
P resina ⁽¹⁾	Miligrama P/dm ³
K trocável ⁽¹⁾	Milimol de carga/dm ³
Mg (e Ca) trocável ⁽¹⁾	Milimol de carga/dm ³
Acidez potencial (H + Al) ⁽¹⁾	Milimol de carga/dm ³
Soma de bases ⁽¹⁾	Milimol de carga/dm ³
Capacidade de troca catiônica ⁽¹⁾	Milimol de carga/dm ³
Volume de bases ⁽¹⁾	Porcentagem de saturação
Potencial de erosão	Porcentagem da área
	Dimensão Valores Socioculturais
Acesso à educação ⁽¹⁾	Número de pessoas
Acesso a serviços básicos	Acesso a serviços básicos (1 ou 0)
Padrão de consumo	Acesso a bens de consumo (1 ou 0)
Acesso a esporte e lazer	Horas dedicadas
Conservação do patrimônio histórico, artístico, arqueológico e espeleológico	Número de monumentos/eventos do patrimônio
Qualidade do emprego	Porcentagem dos trabalhadores
Segurança e saúde ocupacional	Número de pessoas expostas
Oportunidade de emprego local qualificado	Porcentagem do pessoal ocupado
	Dimensão Valores Econômicos
Renda líquida do estabelecimento	Tendência de atributos da renda (1 ou 0)
Diversidade de fontes de renda	Proporção da renda domiciliar
Distribuição de renda	Tendência de atributos da renda (1 ou 0)
Nível de endividamento corrente	Tendência de atributos da renda (1 ou 0)
Valor da propriedade	Proporção da alteração de valor
Qualidade da moradia	Proporção dos residentes
	Dimensão Gestão e Administração
Dedicação e perfil do responsável	Ocorrência de atributos (1 ou 0)
Condição de comercialização	Ocorrência de atributos (1 ou 0)
Reciclagem de resíduos	Ocorrência de atributos (1 ou 0)
Relacionamento institucional	Ocorrência de atributos (1 ou 0)

⁽¹⁾Indicador expresso em duas medidas: índice de impacto e variação porcentual, proporcional, ou relativa; cada qual com seu respectivo valor de utilidade.

o fogo, e na vegetação nativa (5% da área com risco), os aceiros já existiam antes da implantação da nova atividade, por isso a sua inclusão como “inalterado”. Por fim, no caso da infra-estrutura, foram tomadas medidas preventivas, colocando todo o material inflamável em local apropriado, segundo as normas de segurança vigentes. A coluna de averiguação é preenchida automaticamente e serve para identificar erros de cálculo, pois a soma deve ser sempre igual a 100%, que corresponde ao total da área com risco de incêndio. O símbolo que aparece no eixo da abscissa do gráfico posiciona-se no valor calculado para o índice de incêndio, que varia de -100 a 100. À direita aparece a transformação desse índice para valor de utilidade, que sempre varia de 0 a 1. O resultado obtido neste exemplo ($U-IRInc = 0,94$) reflete a boa eficácia das medidas de controle do fogo, introduzidas no estabelecimento após a implantação da nova atividade.

Os resultados da avaliação são apresentados em uma planilha de AIA da atividade agropecuária, expressos graficamente para cada dimensão considerada, permitindo ave-

riguar a performance da atividade para cada indicador comparativamente ao *benchmark* estabelecido. Esta avaliação pontual refere-se aos indicadores propriamente ditos (62), bem como aos que representam a tendência da alteração causada pela atividade, segundo a variação relativa (24), em um total de 86 indicadores individuais.

Os resultados são, então, agregados pelo valor médio de utilidade para o conjunto de indicadores primários, em cada dimensão, e expressos em um gráfico-síntese de impacto ambiental da atividade nas cinco dimensões. Finalmente, o valor médio de utilidade para os 62 indicadores primários expressa o índice de impacto ambiental da atividade em avaliação. O procedimento geral para AIA de uma atividade consiste em: 1) identificação dos limites espaço-temporais da atividade, aplicação do questionário/vistoria no campo, coleta de dados e amostras para análise laboratorial; 2) inserção dos dados nas matrizes de avaliação, obtenção dos índices de impacto referentes aos indicadores e conversão para valores de utilidade; 3) agregação dos índices de impacto por análise multiatributo, em todas

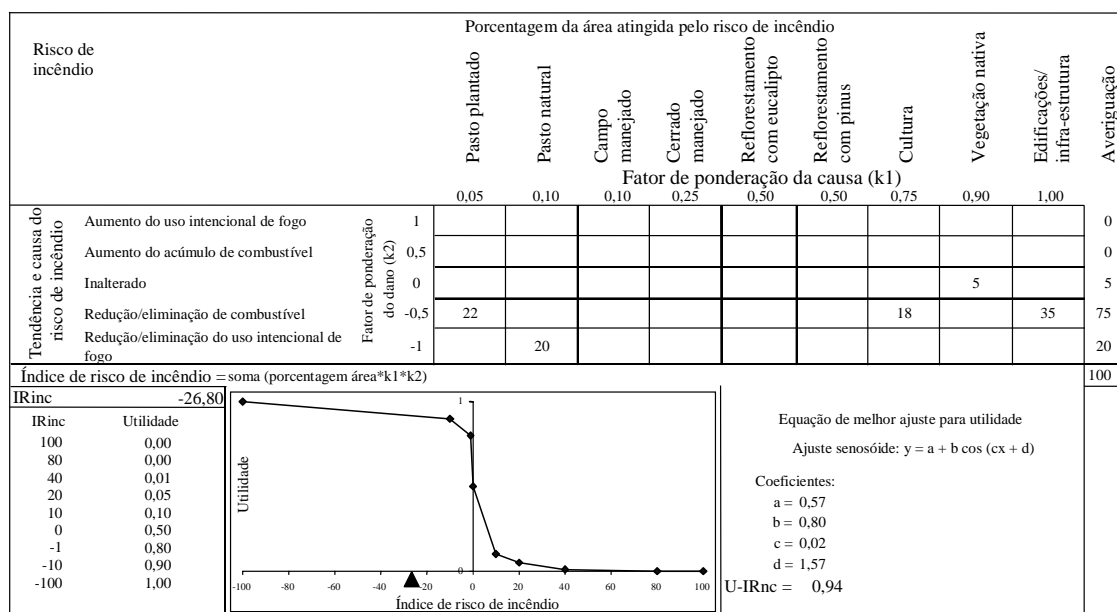


Figura 1. Exemplo de matriz de ponderação para indicador de avaliação de impacto ambiental do sistema APOIA-NovoRural, contendo atributos do indicador (fatores de dano e de causa), fatores de ponderação (k1 e k2, que representam, respectivamente, o peso de cada fator de causa e dano na composição do indicador), expressão de cálculo do índice de impacto, tabela de correspondência entre índice de impacto e performance ambiental em valores de utilidade, expressão gráfica da performance da atividade avaliada, equação e coeficientes para conversão do índice de impacto do indicador em valor de utilidade. A coluna de averiguação confere o dado inserido na matriz, que, no exemplo, deve corresponder à porcentagem da área sob risco de incêndio na propriedade (averiguação = 100%).

as dimensões componentes. Desse modo, obtém-se um índice geral da contribuição da atividade para a sustentabilidade do estabelecimento rural; 4) análise dos resultados gráficos e identificação dos indicadores que mais restringem a sustentabilidade, averiguação da desconformidade com o *benchmark*; 5) indicação de medidas corretivas, recomendação de adequação tecnológica e de manejo para abatimento dos impactos ambientais negativos.

O sistema passou por uma validação preliminar em estabelecimentos selecionados, de várias escalas, dedicados a atividades de horticultura orgânica diversificada, horticultura convencional especializada (tomate), produção orgânica integrada de hortalças e leite, hidroponia e agroturismo (incluindo pesque-pagues). Com base nesta fase de validação, indicadores foram incluídos e ajustados, e o sistema concluído para aplicação experimental no campo.

Resultados e Discussão

O sistema de Avaliação Ponderada de Impacto Ambiental de Atividades do Novo Rural (APOIA-NovoRural) consiste de um método abrangente, suficiente para aplicação em campo na avaliação do impacto de atividades agropecuárias. O método integra as dimensões ecológicas, sociais e econômicas, inclusive as relativas à gestão e administração, proporcionando uma medida objetiva da contribuição da atividade agropecuária para o desenvolvimento local sustentável. O método é de aplicação relativamente simples, desde que conduzido por avaliadores devidamente treinados; permite ativa participação dos produtores/responsáveis, 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.

A apresentação gráfica dos resultados de performance ambiental da atividade para cada indicador individual oferece um diagnóstico para o produtor/administrador, mostrando a situação de conformidade com padrões ambientais em cada aspecto do impacto da atividade nas condições do estabelecimento. Adicionalmente, vários indicadores incluem uma medida da variação relativa, permitindo averiguar a tendência temporal do impacto imposto pela atividade.

Os gráficos agregados dos resultados para as diferentes dimensões ambientais proporcionam aos tomadores de decisão uma visão das contribuições, positivas ou negativas, da atividade para o desenvolvimento local sustentável, facilitando a definição de medidas de promoção ou controle da atividade no âmbito da comunidade.

O Índice de Impacto Ambiental configura-se em uma unidade padrão de performance ambiental da atividade, servindo como medida objetiva para a qualificação e certificação de atividades agropecuárias e não-agropecuárias do Novo Rural.

Ao ser aplicado em estabelecimentos que desenvolvem horticultura orgânica, horticultura convencional, agroturismo e pesque-pagues, o método APOIA-NovoRural atingiu seus objetivos, e foi adequado para avaliar todas as atividades acima, sendo sensível às transformações introduzidas, além de prático e viável, pois, mesmo em situações mais complexas, o tempo necessário para aplicação do questionário foi de duas horas. O método também mostrou-se adequado para comparar um conjunto de estabelecimentos com horticultura orgânica a outro conjunto com horticultura convencional, mesmo em estabelecimentos com características bastante distintas.

Um dos requisitos mais importantes para a eficácia do método proposto é a coleta de informações confiáveis quanto à situação anterior e posterior à implantação da atividade. Significa dizer que qualquer nova atividade, mesmo agrícola, pode ser avaliada com o método formulado.

A grande vantagem do método APOIA-NovoRural em relação aos métodos disponíveis é agregar componentes de diferentes naturezas, permitindo a composição de índices parciais de impacto ambiental para cada dimensão – ecológica, sociocultural, econômica e de gestão –, e ao mesmo tempo de um índice agregado de avaliação de impacto ambiental.

Referências

ANDREOLI, M.; TELLARINI, V. Farm sustainability evaluation: methodology and practice. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 77, p. 43-52, 2000.

- BISSET, R. Methods for environmental impact assessment: a selective survey with case studies. In: BISWAS, A. K.; GEPING, Q. (Ed.). **Environmental impact assessment for developing countries**. London: Tycooly International, 1987. p. 3-64.
- BOCKSTALLER, C.; GIRARDIN, P.; WERF, H. M. G. van der. Use of agro-ecological indicators for the evaluation of farming systems. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v. 7, p. 261-270, 1997.
- BOSSHARD, A. A methodology and terminology of sustainability assessment and its perspectives for rural planning. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 77, p. 29-41, 2000.
- CAMPANHOLA, C.; SILVA, J. G. da. **O novo rural brasileiro: uma análise nacional**. Jaguariúna: Embrapa-CNPMA, 2000. 190 p.
- CANTER, L. W. **Environmental impact assessment**. New York: McGraw-Hill Book, 1977. 331 p. (Series in Water Resources and Environment Engineering).
- CANTER, L. W.; HILL, G. L. **Handbook of variables for environmental impact assessment**. Ann Arbor: Ann Arbor Science, 1979. 203 p.
- DEE, N.; BAKER, J.; DROBNY, N.; DUKE, K. An environmental evaluation system for water resource planning. **Water Resources Research**, Washington, v. 9, n. 3, p. 523-535, 1973.
- ERICKSON, P. A. **A practical guide to environmental impact assessment**. San Diego: Academic, 1994. 266 p.
- GIRARDIN, P.; BOCKSTALLER, C.; WERF, H. van der. Assessment of potential impacts of agricultural practices on the environment: the AGRO*ECO method. **Environmental Impact Assessment Review**, New York, v. 20, p. 227-239, 2000.
- GIRARDIN, P.; BOCKSTALLER, C.; WERF, H. van der. Indicators: tools to evaluate the environmental impacts of farming systems. **Journal of Sustainable Agriculture**, Binghamton, v. 13, n. 4, p. 5-21, 1999.
- HYAMS, D. **CurveExpert 1.37**: a curve fitting system for Windows. Seattle: Microsoft, 1995. Software. 1 CD-ROM.
- McDONALD, G. T.; SMITH, C. S. Assessing the sustainability of agriculture at the planning stage. **Journal of Environmental Management**, London, v. 52, p. 15-37, 1998.
- NEHER, D. Ecological sustainability in agricultural systems: definition and measurement. **Journal of Sustainable Agriculture**, Binghamton, v. 2, n. 3, p. 51-61, 1992.
- RODRIGUES, G. S. **Avaliação de impactos ambientais em projetos de pesquisas: fundamentos, princípios e introdução à metodologia**. Jaguariúna: Embrapa-CNPMA, 1998. 66 p. (Documentos, 14).
- 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: Embrapa-CNPMA, 2000. 28 p. (Boletim de Pesquisa, 10).
- 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**, Amsterdam, v. 77, p. 53-64, 2000.
- SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. **Estudo de impacto ambiental - EIA, relatório de impacto ambiental - RIMA: manual de orientação**. São Paulo, 1992. 39 p.
- STOCKLE, C. O.; PAPENDICK, R. I.; SAXTON, K. E.; CAMPBELL, G. S.; EVERT, F. K. van. A framework for evaluating the sustainability of agricultural production systems. **American Journal of Alternative Agriculture**, Greenbelt, v. 9, n. 1/2, p. 45-51, 1994.