

*Inovação e Sustentabilidade sob a Ótica da
Economia Ecológica. VITÓRIA/ES, 17 A 21 DE SETEMBRO DE 2013.
Hotel Vitória Grand Hall*

**X ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA
DE ECONOMIA ECOLÓGICA**



X ENCONTRO DA ECOECO

Setembro de 2013

Vitória - ES - Brasil

**DETERMINAÇÃO DE ÍNDICE DE SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL: UMA CONTRIBUIÇÃO DA
ANÁLISE MULTICRITÉRIO PARA FORMULAÇÃO DE POLÍTICAS PÚBLICAS**

Sérgio Gomes Tôsto (Embrapa) - sergio.tosto@embrapa.br

Dr. Desenvolvimento, Espaço e Meio Ambiente

Lauro Charlet Pereira (Embrapa) - lauro.pereira@embrapa.br

Dr. Planejamento e gestão ambiental

Ademar Ribeiro Romeiro (Unicamp) - ademar@eco.unicamp.br

Prof. Dr. Titular em Economia

João Alfredo de Carvalho Mangabeira (EMBRAPA) - joao.mangabeira@embrapa.br

Dr. Desenvolvimento, Espaço e Meio Ambiente

DETERMINAÇÃO DE ÍNDICE DE SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL: UMA CONTRIBUIÇÃO DA ANÁLISE MULTICRITÉRIO PARA FORMULAÇÃO DE POLÍTICAS PÚBLICAS

**Eixo Temático: STA – Sustentabilidade dos Biomas Brasileiros e as Políticas
Públicas**

RESUMO

O setor agropecuário é responsável por produzir grande quantidade de alimentos e de fibras porém o uso de tecnologias inadequadas nesse setor tem ocasionado uma série de efeitos indesejáveis no sistema produtivo. A Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento, ocorrida em 1992 (Rio-92), ratificou a necessidade de se integrar meio ambiente e desenvolvimento para a formulação de políticas públicas. Nesse sentido a formulação de indicadores ambientais representam ferramentas para a comunicação de informações sintéticas sobre o estado do meio ambiente, tanto aos formuladores de política quanto ao público em geral. Este trabalho foi desenvolvido no município de Araras, que possui cerca de 53% de suas terras ocupadas com a atividade de cana-de-açúcar, seguida de citricultura com 19% e mata ciliar com 12%, além de culturas anuais e pastagem que totalizam cerca de 5% e o restante é ocupado por corpos d'água e cidade. O objetivo foi elaborar índices de sustentabilidade ambiental para as atividades agrícolas e floresta do município utilizando-se como instrumental básico a análise multicritério de apoio à decisão, que se baseia em um paradigma construtivista, para definir os indicadores de sustentabilidade. Os piores índices foram da pastagem e culturas anuais e os melhores foram o da floresta seguido pela cafeicultura.

ABSTRACT

The agricultural sector is responsible for producing large quantities of food and fiber but the use of inappropriate technologies in this sector has led to a number of undesirable effects in the production system. The United Nations Conference on Environment and Development, held in 1992 (Rio-92), ratified the need to integrate environment and development for the formulation of public policies. In this sense the formulation of

environmental indicators are tools for reporting summary information on the state of the environment, both to policy makers as to the general public. This study was conducted in the municipality of Macaws, which has about 53% of their land occupied with the activity of cane sugar, citrus followed with 19% and 12% riparian forest, and annual crops and pasture totaling about 5% and the rest is occupied by bodies of water and the city. The goal was to develop indices of environmental sustainability for agricultural activities and forest municipality using as basic instruments multicriteria analysis decision support, based on a constructivist paradigm to define sustainability indicators. The worst was the index of cane sugar burned and the best performance was that the coffee culture.

PALAVRAS-CHAVE: pesquisa operacional; planejamento e gestão ambiental; qualidade ambiental.

INTRODUÇÃO

A ocupação do município de Araras iniciou-se na segunda metade do século XIX com o estabelecimento da cultura do café, atraída principalmente pela alta fertilidade natural das terras. Nesse período, grandes extensões de florestas e áreas de cerrados foram desmatadas para dar suporte à introdução da atividade agrícola. Com o movimento de desconcentração das atividades econômicas e industriais ocorrida a partir da década de 70, forma-se uma malha urbana contígua à metrópole e no sentido dos grandes eixos rodoviários, beneficiando assim a região. O município de Araras, SP, está localizado entre as longitudes de 47°15' e 47°30' a oeste de Greenwich e as latitudes de 22°10' e 22°30' no hemisfério Sul, distando 174 km da capital do estado de São Paulo, ocupando uma área de 64.341,60 ha.

Indicadores ambientais representam ferramentas para a comunicação de informações sintéticas sobre o estado do meio ambiente aos formuladores de política e ao público em geral. São obtidos através de parâmetros estatísticos e podem ser baseados em medidas físicas, químicas ou biológicas associadas com os aspectos ambientais de fatores socioeconômicos. São considerados também como ferramentas para a provisão de bases sólidas para a tomada de decisão em todos os níveis, contribuindo para uma relação sustentável entre sistema econômico e meio ambiente (GUTIÉRREZ-ESPELETA, 1998).

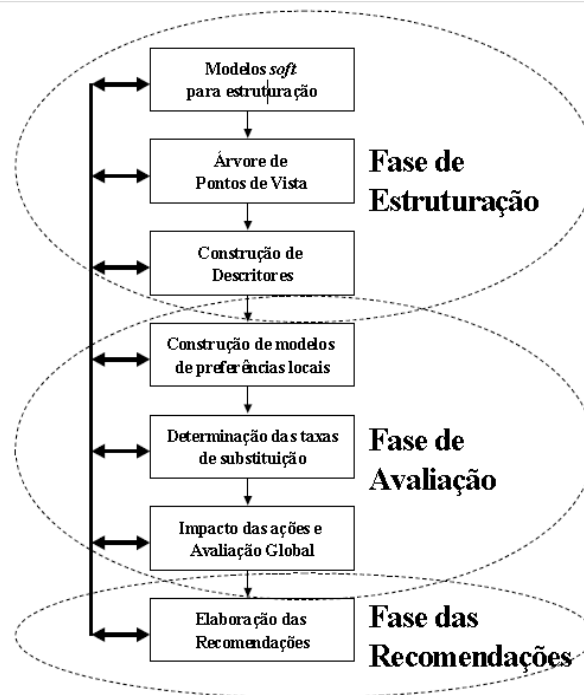
Ainda de acordo com Gutiérrez-Espeleta (1998), indicadores ambientais devem agregar informações básicas em simples ou complexas medições de maneira que sua utilidade seja determinada pela dinâmica do processo de tomada de decisões. Por si sós, os indicadores ambientais são incapazes de resolver os problemas ambientais, mas eles podem (e devem) ser considerados como importantes mecanismos de suporte à tomada de decisões envolvendo questões ambientais. Este trabalho foi desenvolvido no município de Araras, que possui cerca de 53% de suas terras ocupadas com a atividade de cana-de-açúcar, seguida de citricultura com 19% e mata ciliar com 12%, além de culturas anuais e pastagem que totalizam cerca de 5% (TÔSTO, 2010). Para a elaboração do trabalho utilizou-se como fundamento básico a análise multicritério de apoio à decisão, que se baseia em um paradigma construtivista, que tem como objetivo gerar indicadores de sustentabilidade para dois sistemas de produção de cana-de-açúcar.

METODOLOGIA

Cientistas da área da Pesquisa Operacional (PO) desde a década de 1970, vêm desenvolvendo métodos que visem a solucionar problemas envolvendo múltiplos objetivos, a partir de 1980, com a contribuição de pesquisadores da escola européia, principalmente o trabalho de Roy (1986), consolidou-se um corpo teórico prático em que a construção do procedimento analítico para o problema em questão é realizada em conjunto com os decisores, ou seja, com as pessoas que são conhecedoras dos problemas. Dessa forma, criaram-se as bases dos métodos multicritérios de apoio à decisão construtivista- MCDA-C (ROY, 1986).

Para a elaboração do trabalho utilizou-se como fundamento básico a análise multicritério de apoio à decisão, que se baseia em um paradigma construtivista, cujas convicções que norteiam o modelo são: (i) a consideração simultânea dos elementos de natureza objetiva e subjetiva; e (ii) a convicção construtivista, que tem a participação e a aprendizagem dos decisores como pilares do paradigma.

No processamento metodológico considerou-se três fases de execução, que podem definidas como: estruturação, avaliação e recomendações conforme ilustrado na Figura 1.



poio à decisão.

Fonte: Ensslin, S. (2001)

Para a estruturação do problema contou-se com o auxílio de um facilitador, ou seja, de um profissional possuidor do domínio das técnicas de análise multicriterial, e de um decisor com um grande conhecimento das questões ambientais da região. A partir da interação desses agentes foi possível identificar os critérios e subcritérios relevantes para a elaboração dos índices de sustentabilidade ambiental para a cultura da cana-de-açúcar, sob os dois sistemas de manejo considerados: colheita mecanizada e colheita com auxílio da queimada, conforme apresentado na Figura 2.

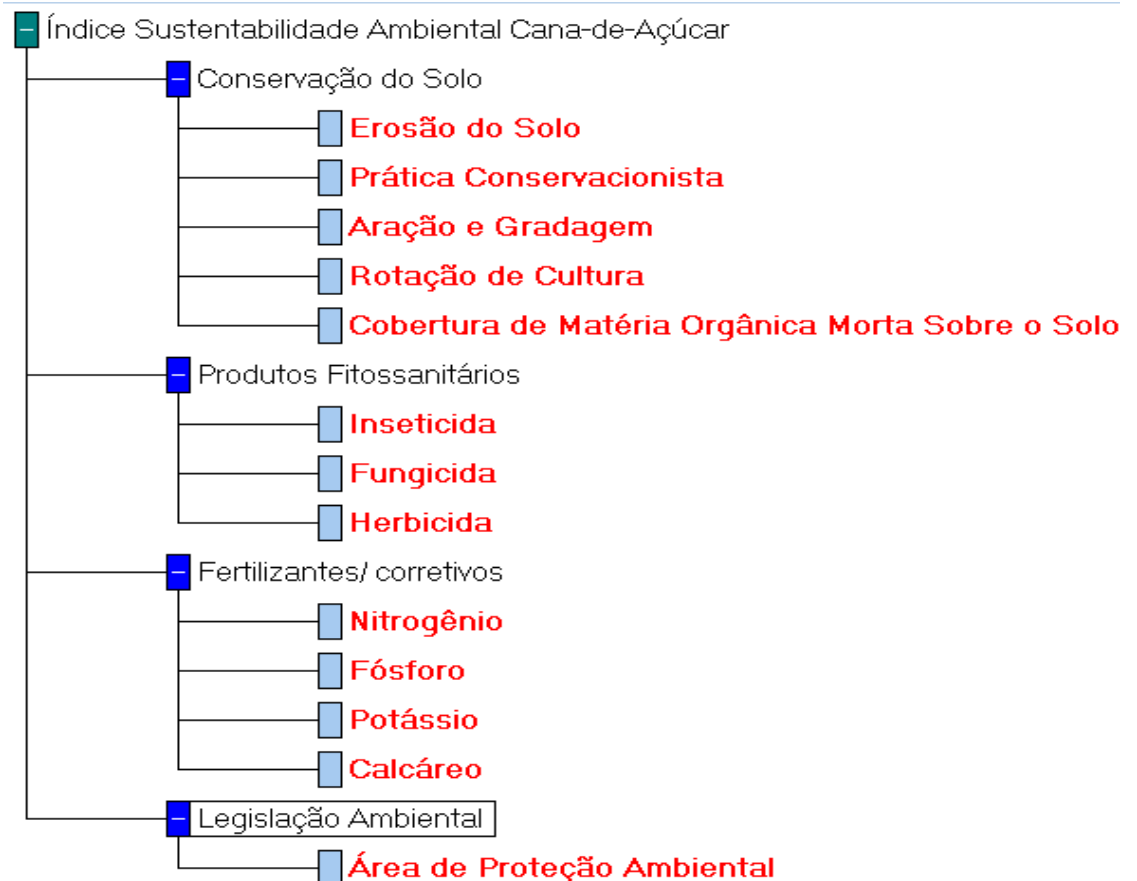


Figura 2 – Estrutura de critérios e subcritérios

Fonte: Dados gerados pela pesquisa

A seguir foi realizado o levantamento de dados e informações quantitativas referentes a cada subcritério. Para a estimativa do subcritério da taxa de erosão do solo foi utilizado o modelo USLE – Universal Soil Loss Equation (WISCHMEIER e SMITH, 1978), também conhecido por Equação Universal de Perda de Solo (EUPS), adaptada para uso nas condições brasileiras por Bertoni e Lombardi (1978). Para os demais critérios (produtos fitossanitários; fertilizantes/corretivos e legislação ambiental) foram realizadas entrevistas junto à extensionistas rurais da Coordenadoria de Assistência Técnica de São Paulo - CATI, dois gerente de Usina, contato direto com quatro produtores rurais, dois pesquisadores da Embrapa Meio Ambiente e consulta a legislação ambiental vigente.

No processo de avaliação utilizou-se o software - Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique - MACBETH, desenvolvido por (BANA

e COSTA et. al., 1995), que emprega uma série de categorias semânticas para determinar a função de valor, através de modelos de Programação Linear. Nesta avaliação o decisor foi questionado sobre a diferença de atratividade entre duas categorias, ou seja, qual a sua percepção quanto a decisão de sair de uma categoria boa para outras piores, considerando as seguintes:

- CO: nenhuma diferença (nula)
- C1: diferença muito fraca
- C2: diferença fraca
- C3: diferença moderada
- C4: diferença forte
- C5: diferença muito forte
- C6: diferença extrema

Para a determinação dos pesos, adotou-se o método do Swing Weight. Na etapa de recomendações é feita uma análise de cada critério/subcritério, a fim de identificar os piores desempenho com o objetivo de propor ações de melhorias que possam alavancar o desempenho dos respectivos critérios/subcritérios (ENSSLIN et al., 2001).

RESULTADOS

A partir das interpretações geradas pelo modelo para definir o índice de sustentabilidade ambiental para a cana-de-açúcar queimada verificou-se que o índice de sustentabilidade ambiental total foi baixo da média, alcançando o valor de 41,8 numa escala de zero a cem conforme ilustrado na Tabela 1.

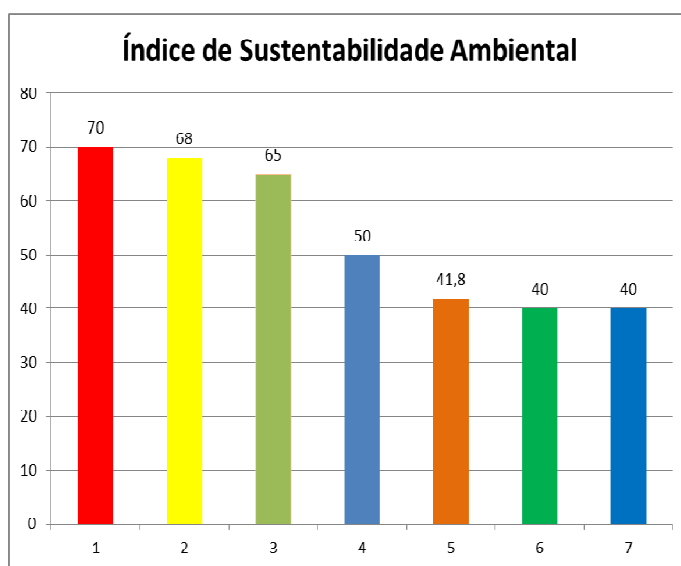
Tabela 1 - Índices de sustentabilidade ambiental para a cana-de-açúcar queimada

Crítérios	Peso (%)	Performance dos	Índice parcial	Contribuição (%)
		crítérios		
Conservação de solos	28,00	15,91	4,5	10,8
Fertilizantes	24,00	48,5	11,6	27,8
Legislação ambiental	23,00	54,3	12,2	29,2
Produtos fitossanitários	25,00	53,2	13,5	32,2
Índice Total			41,8	100

FONTE: Dados gerados pela pesquisa

Observou-se que os critérios conservação de solo e uso de fertilizantes tiveram índices abaixo da média e os critérios de legislação ambiental e o uso de produtos fitossanitários tiveram índices ligeiramente superiores à média. O pior índice ficou com o critério da conservação de solos pois, verificou-se que prática importante para o manejo e a conservação dos solos como a adoção do uso de leguminosas não são seguidas pelos produtores. Segundo os extensionistas rurais do município o uso de fertilizantes nem sempre são baseados em análise de solo o que acarreta um sobreuso e contribui para uma possível contaminação de solo e água penalizando o índice parcial de sustentabilidade. O índice parcial de sustentabilidade relativamente baixo para o respeito à legislação vigente corresponde a uma taxa de ocupação de matas ciliares por cultura da cana-de-açúcar queimada que no município é da ordem de 50% (TÔSTO, 2010). Numa avaliação global o baixo valor do índice de sustentabilidade ambiental para a cana-de-açúcar queimada reflete uma condição de manejo inadequado, com graves consequências ambientais, econômicas e sociais.

Adotando-se os mesmos procedimentos metodológicos foi encontrado os Índice de Sustentabilidade para as demais atividades agrícolas e floresta do município, conforme mostra a Tabela 2.



Fonte: Dados da pesquisa

- 1- Floresta Secundária
- 2- Cafeicultura
- 3- Cana-de-açúcar mecanizada
- 4- Pastagem
- 5- Cana-de-açúcar queimada
- 6- Citricultura
- 7- Culturas anuais (Soja + Milho)

O índice de 6,8 para a cana-de-açúcar mecanizada, se deve principalmente às melhores condições de manejo da cultura, resultando maior conservação do solo, usos mais adequados de produtos fitossanitários e fertilizantes além de maior respeito à legislação ambiental.

A palhada da cana-de-açúcar mecanizada deixada sobre o solo proporciona melhoria nas suas propriedades física e química, reduzi a perda de erosão, mantém o solo mais úmido e reduz a perda de água e disponibiliza uma quantia de água maior para a cultura contribuindo para uma maior produtividade. Todos esses fatores conjugados contribuíram para o índice alcançado.

O índice de sustentabilidade ambiental da cana-de-açúcar mecanizada foi aproximadamente 50% superior ao encontrado para a cana-de-açúcar queimada.

A partir de uma análise comparativa dos índices de sustentabilidade, verificou-se que apesar da cana-de-açúcar mecanizada ser superior, isto não reflete suas condições ótimas de exploração, necessitando portanto de melhoria de manejo nos critérios avaliados.

CONCLUSÕES

O uso da análise multicritério de apoio à decisão construtivista – MCDA-C pode se constituir em uma ferramenta útil para a definição de índice de sustentabilidade ambiental.

Considerando os resultados encontrados, verificou-se na cultura da cana-de-açúcar que o sistema mecanizado, mesmo tendo uma performance maior no índice de sustentabilidade, pode melhorar o manejo da atividade e alcançar índices maiores. No caso da cana-de-açúcar queimada deve-se utilizar o manejo mais adequado como: técnicas de conservação do solo, respeito à legislação ambiental, produtos

fitossanitários alternativos com dosagens adequadas promovendo assim um uso mais sustentável do cultivo.

Os resultados mostram que com a metodologia adotada, os índices de sustentabilidade ambiental estão estritamente relacionados com o manejo adotado pelos produtores rurais.

Para estudos futuros, a inclusão de novos critérios ambientais, como: qualidade de água, emissão de gases de efeito estufa e biodiversidade, por exemplo, devem ser considerados, visando o aprimoramento metodológico e a melhor avaliação de uso das terras dentro do contexto de sustentabilidade ambiental.

Uma análise sistêmica mais aprofundada pode ser um desdobramento do trabalho, com a inclusão de outras dimensões, como a social, ambiental e institucional.

A metodologia empregada pode auxiliar os tomadores de decisão pública para a área ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BANA E COSTA, C.A; STEWART, T. J.; VANSNICK, J.C. Multicriteria decision analysis: some thoughts based on the tutorial and discussion sessions of the ESIGMA meetings. In: **Euro Conference**, 14, 1995, Jerusalem. Anais... Jerusalém, p. 261-272, 2001.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 3 ed. São Paulo: Icone, 1978. 355p.

ENSSLIN, L. **Apoio à decisão: metodologias para estruturação de problemas e avaliação multicritério de alternativas**. Ed. Insular, Florianópolis, SC. 2001.84p.

GUTIÉRREZ-ESPELETA, E. E. **Designing environmental indicators for decision makers**. International Statistical Institute. 1998. Disponível em: <<http://isi.cbs.nl/iamamember/CD5-Mexico1998/inviter/DIN7SP2.HTM>>. Acesso em: 14 maio 2009.

ROY, B. **Multicriteria Methodology for Decision Aiding**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. 1986.167p.

TÔSTO, S.G. **Sustentabilidade e valoração de serviços ecossistêmicos no espaço rural do município de Araras, SP**. Tese de Doutorado. Instituto de Economia, UNICAMP, Campinas, 2010. 217 p.

WISCHIMEIER, W. H.; SMITH, D.D. **Predicting rainfall erosion losses: a guide to a conservation planning**. Washington: USDA, 1978. 58p. (Agriculture Handbook, 537).