

INDICADORES AMBIENTAIS PARA AVALIAÇÃO DE AGROECOSSISTEMAS¹

*Helga Dulce Bispo Passos²
Mônica de Moura Pires³*

RESUMO: O progresso na área de desenvolvimento de indicadores ambientais inicia-se no final da década de 1980, no Canadá e em países da Europa. Entretanto, a construção e seleção de indicadores são relativamente complexas e de aplicação normalmente restrita devido a diversos fatores teóricos e metodológicos. Assim, o estudo objetivou identificar e analisar os indicadores comumente empregados na análise da sustentabilidade ambiental de agroecossistemas, comparando aspectos entendidos como mais relevantes. Fez-se uma revisão bibliográfica selecionando, através de amostragem por acessibilidade, estudos sobre indicadores ambientais, publicados no período de 1999 a 2005. Os estudos foram analisados com base em Camino e Muller (1993), e no marco para indicadores ambientais “Pressão-Estado-Resposta”-PER da OECD. Identificou-se um total de 216 indicadores nos 11 trabalhos pesquisados. Quase 96% desses indicadores abordavam aspectos internos aos agroecossistemas, sendo 66% referentes aos recursos endógenos e, aproximadamente 30%, às operações desenvolvidas internamente. Aproximadamente 55% enfocavam as condições dos recursos, pouco mais de 28% as ações impactantes e, 17% ações voltadas para a recuperação/mitigação do estado de degradação. Constata-se a diversidade de indicadores e metodologias existentes para avaliar a sustentabilidade ambiental de agroecossistemas, o que torna os estudos nessa área bastante complexos e específicos e de difícil reaplicação em realidades diferentes.

PALAVRAS-CHAVE: Indicadores ambientais, agroecossistemas, especificidades, reaplicação.

ENVIRONMENTAL INDICATORS FOR EVALUATION OF AGROECOSYSTEMS

ABSTRACT: The progress in the development of environmental indicators starts in the late 1980's, in Canada and in European countries. Meanwhile, the construction and selection of indicators are relatively complicated and usually restricted due to several factors theoretical and methodological. The study aimed to identify and analyze the indicators commonly used in the analysis of the environmental sustainability of agroecosystems, comparing aspects perceived as more relevant. They did a literature review selecting, through analysis of accessibility, studies on environmental indicators, published from 1999 to 2005. The studies were analyzed based on Camino and Muller (1993) and in March for environmental indicators "Pressure-State-Response" PER-OECD. It was a total of 216 indicators in the 11 studies analyzed. Almost 96% of these indicators to tackle internal aspects agroecosystems, with 66% referring to resources endógenos and about 30%, the operations developed internally.

¹ Estudo realizado com base em parte da dissertação de mestrado da primeira autora, sob a orientação da segunda.

² Economista, Mestranda em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente do Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente-PRODEMA da Universidade Estadual de Santa Cruz-UESC/BA. Email: helgadulce@yahoo.com.br

³ Doutora em Economia Rural pela Universidade Federal de Viçosa-UFV/MG, Professora Titular do Departamento de Ciências Econômicas da Universidade Estadual de Santa Cruz - UESC/BA, bolsista produtividade FAPESB. Email: mpires@uesc.br

Approximately 55% focusing on the conditions of resources, just over 28% and impacting the shares, 17% initiatives for recovery / mitigation of the state of degradation. There is a variety of indicators and methodologies available to assess the environmental sustainability of agroecosystems, which makes the studies in this area very complex and specific and difficult to reapplication in different realities.

KEY-WORDS: Environmental indicators, agroecosystems, specificities, reapplication.

JEL: Q57

CONTEXTUALIZAÇÃO

Desde que a discussão sobre a questão ambiental emerge e difunde-se no âmbito acadêmico, político e social, os indicadores socioeconômicos passam a se apresentar como insuficientes para aferir o grau de desenvolvimento do bem-estar social para inúmeros níveis de agregação humana.

A preocupação quanto ao envolvimento da dimensão ambiental em avaliações sobre sistemas sociais, especificamente os econômicos, ganha consistência com o artigo de Nicholas Georgescu-Roegen, intitulado “A lei da entropia e o processo econômico”, publicado em 1971 (MONTIBELLER FILHO, 2004, p. 116-117). Não obstante, o progresso substantivo na área de desenvolvimento de indicadores ambientais inicia-se no final da década de 1980, no Canadá e em alguns países da Europa (MOURA, 2002, p. 38; CEPAL, 2001, p. 15).

Em 1989, a *Organization for Economic Cooperation and Development* (OECD) manifesta sua preocupação na Conferência Econômica do G7 e, em 1992, a temática é retomada com um novo impulso a partir da publicação do relatório da Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento-CNUMAD - (HAMMOND et al., 1995, apud MOURA, 2002, loc. cit.). Nos últimos anos, as investigações referentes a indicadores ambientais e de sustentabilidade intensificaram-se, buscando construir indicadores bem como instrumentos adequados para aferir a sustentabilidade em diferentes contextos.

Nesse sentido, os sistemas rurais têm sido um dos principais alvos dos estudos sobre a temática, sobretudo por estarem estreitamente vinculados à base dos recursos naturais. Mesmo com relevantes avanços observados na literatura existente sobre indicadores para a avaliação da sustentabilidade de agroecossistemas, as metodologias empregadas mostram-se ainda restritas a determinados contextos e realidades.

Isso ocorre porque, tanto a construção como a seleção de indicadores sob a ótica da sustentabilidade, envolvendo aspectos concernentes às condições e à disponibilidade dos recursos e serviços ambientais, tornam-se significativamente mais complexas e de aplicação normalmente limitada. Alguns fatores que contribuem podem ser destacados para que essa situação se verifique:

- falta de consenso sobre os conceitos de Desenvolvimento Sustentável-DS e de sustentabilidade, sendo que esta ainda varia em conformidade com o espaço e o tempo;
- diversidade de enfoques acerca do desenvolvimento do meio rural e da agricultura (convencional, alternativa – orgânica, biodinâmica, agroecológica, etc);
- diversidade de níveis de análise (global, nacional, regional, de propriedade, de sistema de produção) e de possibilidades que, considerando apenas os tipos de sistema de produção (combinação entre os tipos de cultivos, criações, práticas,

manejos, instrumentos de trabalho, insumos, tipo de produtor, etc.), variam ao infinito;

- a miríade de tipos de ecossistemas e agroecossistemas existentes segundo as condições bióticas e abióticas, sendo que as mesmas mantêm relações de interdependência, num processo de coevolução (NORGAARD e SIKOR, 1999, p. 32-35) com condições relativas a outras dimensões que não a ambiental (social, econômica, cultural, política, dentre outras).

A junção desses fatores dificulta e limita, tanto a seleção quanto a reaplicação dos indicadores ambientais para realidades diferentes. Nessas circunstâncias, o presente trabalho identifica e analisa os indicadores empregados na análise da sustentabilidade ambiental de agroecossistemas, comparando aspectos que se compreende como mais relevantes.

2 MODELO TEÓRICO

O modelo teórico empregado na pesquisa envolve dois conceitos básicos: o de agroecossistemas e o de indicadores de sustentabilidade. Para a definição do primeiro, embasa-se em Hecht (1999) e Whittlesay (1936). Acerca do segundo, fundamenta-se principalmente em Moura (2002), Camino e Muller (1993) e Daniel (2000). Na seqüência, explanam-se sobre esses assuntos.

2.1 Os Agroecossistemas

Agroecossistema é uma denominação dada aos sistemas rurais, referindo-se a ecossistemas “semi-domesticados” que se situam num gradiente entre uma série de ecossistemas que sofreram um mínimo de impacto humano. Hecht afirma que a magnitude das diferenças da função ecológica entre um ecossistema natural e um agrícola depende em grande medida da intensidade e freqüência das perturbações naturais e humanas que se fazem sentir no ecossistema. Nesse sentido, a interação entre essas características endógenas (biológicas e ambientais) no empreendimento agrícola, com fatores exógenos (sociais e econômicos) é que geram a estrutura particular do agroecossistema (HECHT, 1999, p. 18-19).

Tratam-se de sistemas abertos, de difícil delimitação, que recebem insumos do exterior e dão como resultado produtos que podem ingressar em sistemas externos. Segundo Whittlesay (1936), citado por Altieri (1999, p. 49), os agroecossistemas podem ser classificados de acordo com os seguintes critérios:

1. a associação de cultivos e gado;
2. os métodos de produção dos cultivos e do gado;
3. a intensidade no uso da mão-de-obra, do capital, a organização e a produção resultante;
4. a distribuição dos produtos para o consumo (se são utilizados para a subsistência no imóvel ou para a venda);
5. o conjunto de estruturas usadas para a casa e para facilitar as operações do imóvel.

Quanto ao controle dos agroecossistemas, sejam eles modernos ou tradicionais, diversos teóricos e estudos práticos apontam para o uso de critérios para se identificar os resultados das interações entre suas dimensões (sociais, econômicos, ambientais, dentre outras possíveis).

2.2 Indicadores de sustentabilidade

Segundo Guijt (1999), citado por Moura (ibid., p. 40), o indicador constitui-se numa característica quantitativa ou qualitativa de um processo ou atividade acerca dos quais se deseja mensurar as alterações ocorridas, de tal forma que se configura num instrumento para comunicar processos, fatos ou tendências complexas a um público mais amplo.

Com relação aos indicadores de sustentabilidade, a World Wide Fund for Nature-WWF (2000) os define como “medidas, geralmente numéricas na sua forma, apresentadas de modo gráfico, que pretendem contribuir para a compreensão e realização do desenvolvimento sustentável nas comunidades” (apud MOURA, 2002, p. 40). Acrescenta-se, contudo, que o emprego de recursos gráficos é algo facultativo nos estudos sobre indicadores de sustentabilidade.

Vê-se que “é a definição de sustentabilidade que vai determinar o que é importante ser medido, quais serão os componentes dos indicadores e como avaliar e interpretar os resultados” (LOPES, 2001, p. 39).

Acerca dos estorvos nos quais esbarram o processo de definição do desenvolvimento sustentável ou da sustentabilidade e, conseqüentemente, dos instrumentos para avaliá-los, Moura (ibid, p. 32) afirma que se deve partir do pressuposto que esses conceitos se tratam de noções comparativas, de modo que um critério é mais ou menos sustentável em dado contexto, não existindo medidas exatas para cada critério. Não obstante, embasando-se em diversos autores, elenca uma série de características de sistemas sustentáveis e metas a serem perseguidas para que um agroecossistema caminhe em direção à sustentabilidade. Tais características e metas constituem-se, assim, em aspectos fundamentais a serem observados para a definição e seleção de indicadores de sustentabilidade.

Nesse sentido, Moura declara que os indicadores de sustentabilidade

devem basear-se nos ciclos de ecossistemas naturais; ter uma perspectiva multidimensional com a incorporação da problemática sócio-ambiental, integrando as diferentes dimensões; a noção de complexidade que exige uma visão integrada de cada sistema; a incorporação de uma escala temporal e a consciência da finitude da base de recursos que pode ser alterada ou ampliada através de inovações tecnológicas, o que, no entanto, pode provocar efeitos colaterais não desejáveis (MOURA, 2002, p. 32).

Os indicadores precisam ser os mais específicos possíveis, de modo a se evitar ambigüidades e problemas de validade e confiabilidade, devendo incluir: o objetivo ou a meta a ser alcançado; o aspecto a ser medido; o período abrangido e a área física em questão. Além de específicos, devem ser mensuráveis, atingíveis, relevantes e oportunos (GUIJT, 1999, citado por MOURA, 2002, p. 44 e 46).

Moura (ibid, p. 44) pontua que os objetivos e metas da avaliação devem considerar “o contexto, a definição e os critérios de sustentabilidade adotados, as expectativas dos atores locais e a viabilidade de obtenção das informações”.

Quanto à necessidade de definição da escala espacial, esta se assenta no fato de que, devido às características próprias e distintas de cada ecossistema, não existe um indicador ou conjunto de indicadores único aplicável de modo universal (CAMINO e MÜLLER, 1993, apud MOURA, Ibid, p. 44).

A utilização de indicadores de sustentabilidade, por conseguinte, deve se fundamentar nos objetivos ou metas do desenvolvimento sustentável de determinada realidade. Nas palavras de Clara Nicholls (2001), citado por Moura (2002, p. 42), isto significa “definir prioridades onde é inevitável a subjetividade”, mesmo que já existam metas estabelecidas – em legislação local ou convenções e protocolos internacionais – para alguns indicadores.

Com referência à escala temporal, esta evoca, por um lado, o conceito de desenvolvimento sustentável, buscando conciliar as necessidades das gerações presentes com as das gerações futuras. Por outro, exige que não se olvide da viabilidade da obtenção de dados, conforme a proposta definida.

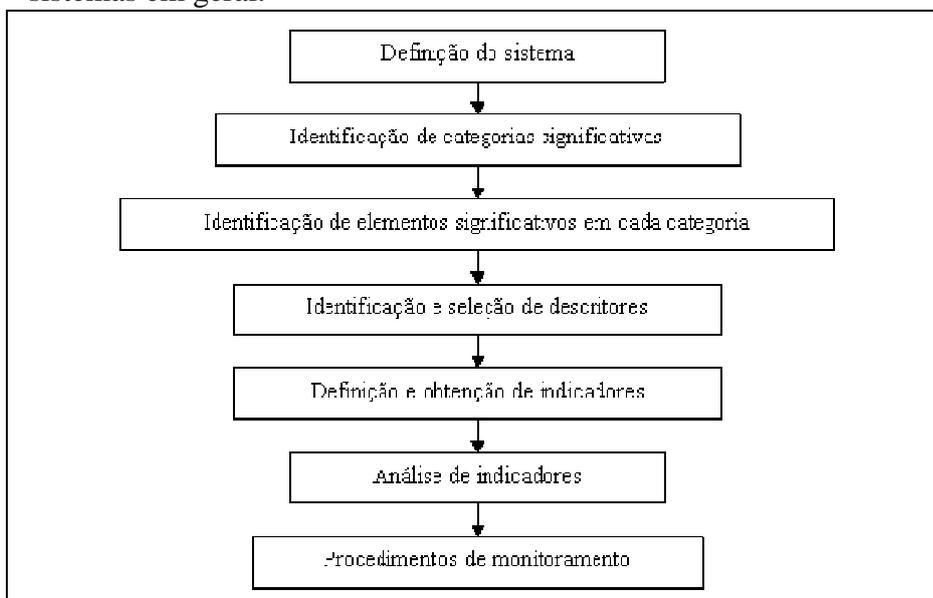
Camino e Muller (1993) sugerem uma estrutura metodológica para a definição de indicadores de sustentabilidade para qualquer tipo de sistema, a qual é adotada no presente estudo (citados por MOURA, 2002, p. 46; DANIEL, 2000, p. 24). Na proposta dos autores, o processo de definição de indicadores é composto por sete etapas, conforme mostra a Figura 1.

De maneira geral, um sistema apresenta dois grupos de características: a estrutural e a funcional (ROSNAY, 1975, apud MOURA, 2002, p. 53). Assim, o primeiro passo, onde é definido o sistema a ser avaliado, implica não apenas na delimitação espacial do objeto de estudo, mas também na caracterização desse, identificando sua estrutura (elementos físicos, biológicos e socioeconômicos), seus limites, e as interações existentes entre os seus subsistemas e elementos internos e entre o próprio sistema e o meio externo (inclusive com os supra-sistemas do qual fazem parte).

Em relação à aplicação dessa abordagem sistêmica à agricultura, Conway (1993, apud MOURA, 2002, p. 51) afirma que, para a compreensão e avaliação da sustentabilidade da mesma, “a visão do sistema em suas diferentes dimensões, a análise de sua estrutura e função e a identificação das inter-relações intra e inter-sistemas constituem elementos básicos”.

O segundo e terceiro passos referem-se, respectivamente, à identificação das categorias e dos elementos do sistema, entendidos como relevantes, seja pelo grau de influência desses na sustentabilidade do sistema, seja pela importância que eles assumem ante a finalidade do estudo. As categorias e elementos significativos referem-se ao que Hansen (1996) e Marzall (1999), mencionados por Lopes (2001, p. 39), denominam de atributos-chave que se acredita influenciar na sustentabilidade do sistema.

Figura 1 - Estrutura metodológica para definição de indicadores de sustentabilidade para sistemas em geral.



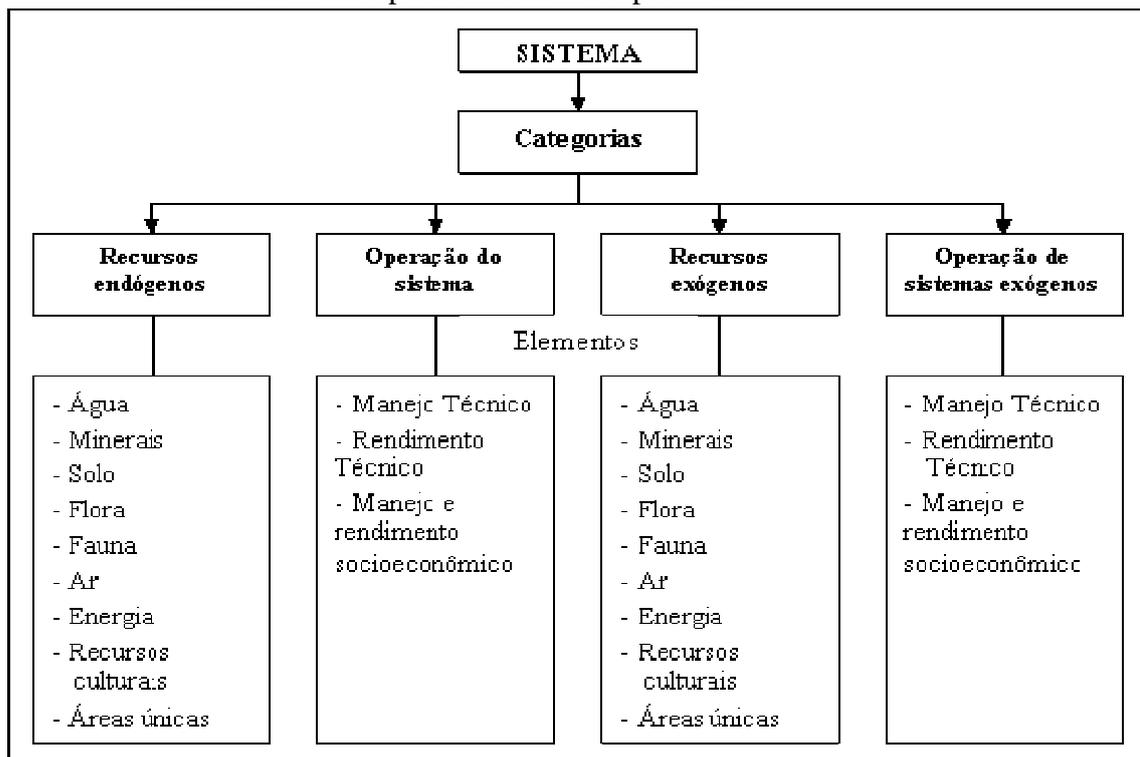
Fonte: DANIEL, 2000, p. 24, baseado em CAMINO e MÜLLER (1993).

Segundo Avila (1989), Torquebiau (1989) e Camino e Muller (1993), citados por Daniel (2000, p. 24), para qualquer sistema e em qualquer nível de organização ou agregação, podem ser utilizadas as categorias constantes na Figura 2, quais sejam:

- **recursos endógenos:** tratam-se da base de recursos do sistema e, portanto, compõem a parte estrutural desse. Os indicadores relacionados a essa categoria devem evidenciar se o sistema impacta negativamente ou se melhora a base de recursos;
- **operação do sistema:** são as atividades necessárias à exequibilidade do sistema, ou seja, constituem a sua parte funcional. “Os indicadores desta categoria devem mostrar se o seu manejo e desempenho são compatíveis com as exigências da sustentabilidade”;
- **recursos exógenos:** são os recursos de sistemas externos com os quais o sistema estudado mantém relações, ou seja, afetam e são afetados. Também se referem à parte estrutural, nesse caso, de sistemas exógenos;
- **operação de sistemas exógenos:** são atividades exógenas necessárias à exequibilidade do sistema. Constituem, portanto, a parte funcional.

Essa estrutura foi empregada por Daniel (2000) na definição de indicadores de sustentabilidade para SAF, e também tomada como base para a análise dos indicadores ambientais empregados nos estudos pesquisados no presente trabalho.

Figura 2 - Sugestão de estrutura para definição de um grupo de indicadores de sustentabilidade para um sistema específico.



Fonte: DANIEL, 2000, p. 25, baseado em CAMINO e MÜLLER (1993).

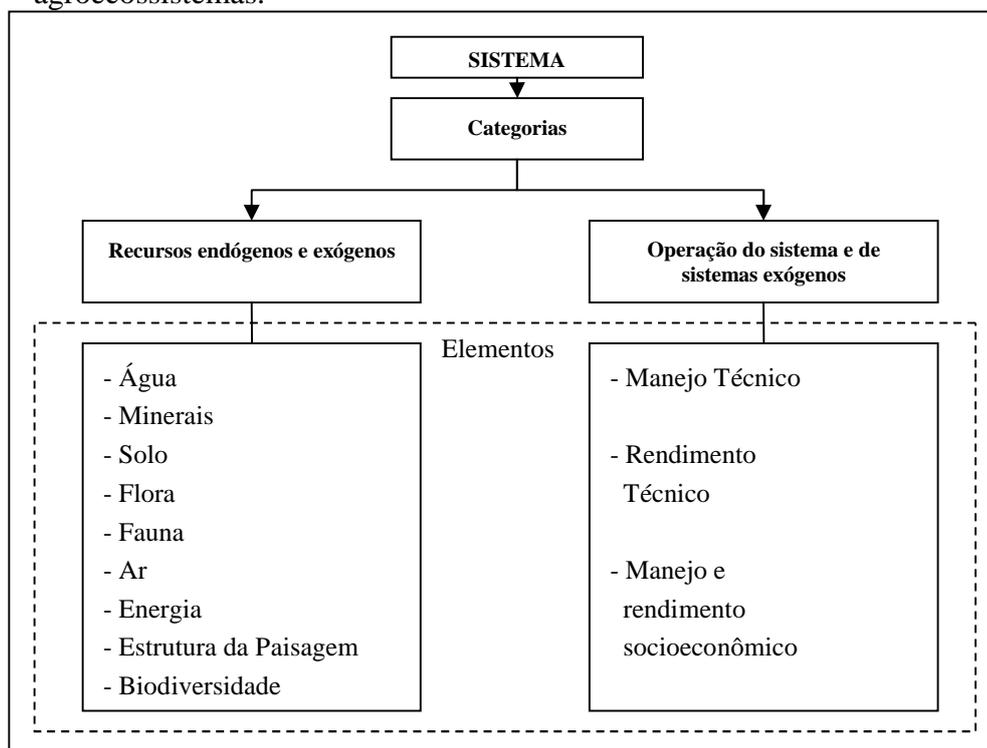
Os dois passos seguintes tratam da escolha dos descritores – aspectos relevantes dos elementos selecionados na etapa anterior – e dos indicadores, ou seja, das medidas importantes para esses descritores. No quinto passo também é realizada a pesquisa de campo. As etapas subsequentes envolvem a análise dos indicadores e o acompanhamento da evolução desses ao longo do tempo.

3 MODELO ANALÍTICO

Os indicadores foram analisados sob uma perspectiva sistêmica, de modo que se empregaram dois modelos analíticos para se identificar e categorizar as questões concernentes à sustentabilidade ambiental dos agroecossistemas abordadas nos estudos pesquisados.

O primeiro modelo aplicado para a realização das análises dos aspectos comuns dos estudos refere-se à estrutura conceitual para classificação de indicadores de sustentabilidade para agroecossistemas, apresentada pela Figura 3, de modo que os indicadores foram agrupados segundo categorias e elementos do sistema avaliado, constantes nesse esquema.

Figura 3 – Estrutura conceitual para classificação de indicadores de sustentabilidade para agroecossistemas.



Fonte: Elaborado a partir de Camino e Müller, 1993, citados por Daniel, 2000, p. 25.

Nota: Os elementos “Estrutura da Paisagem” e “Biodiversidade” referem-se respectivamente aos fatores de zoneamento/organização do espaço do agroecossistema e às áreas de proteção e condições relativas à diversidade de espécies em geral.

O segundo modelo analítico empregado para a classificação foi o marco ordenador dos indicadores ambientais “Pressão-Estado-Resposta”-PER, proposto pela OECD (CEPAL, 2001, p.108-109; TOMASONI, 2006, p. 99). Neste marco, os indicadores se agrupam em três categorias:

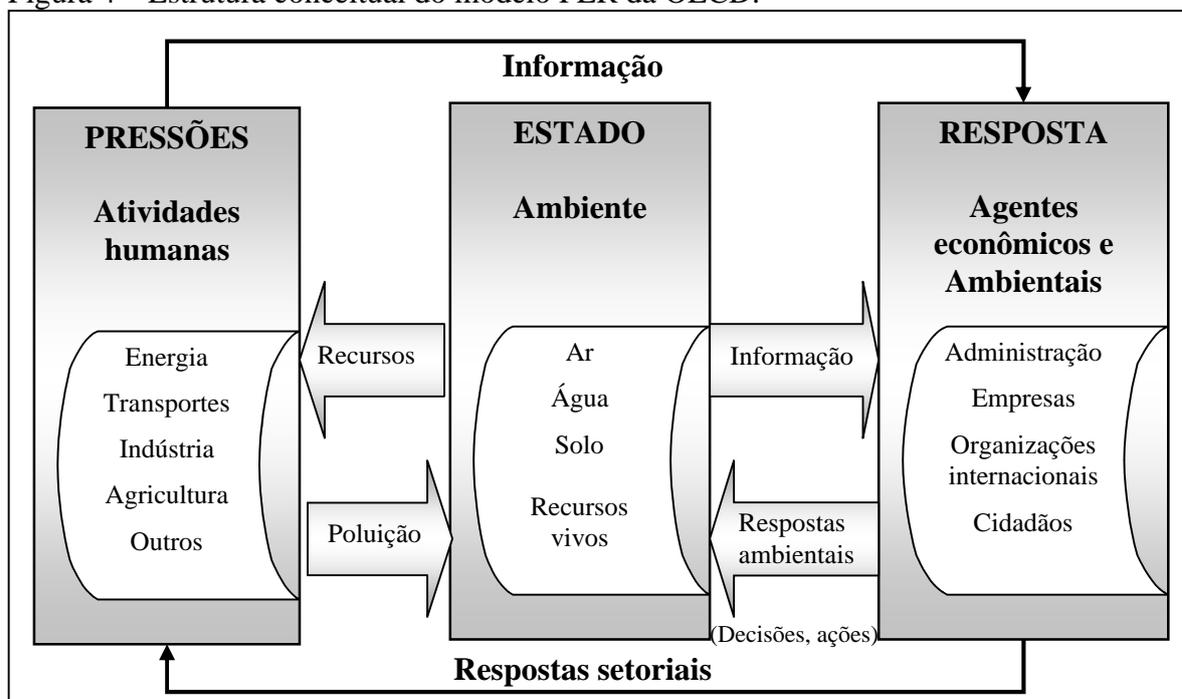
Indicadores de pressão: denominados também de indicadores de *stress*, tratam de responder perguntas sobre as causas dos problemas no meio ambiente. Consideram, assim, as atividades antrópicas como as causadoras desses problemas, tais como a emissão e acumulação de dejetos.

Indicadores de estado: também conhecidos como indicador de qualidade ou efeito, respondem sobre o estado do ambiente. Ressaltam a qualidade e a quantidade de recursos naturais disponíveis, na presença da atividade humana.

Indicadores de resposta: também definidos como indicador de resposta social, tratam de responder perguntas sobre o que se está fazendo para resolver os problemas ambientais, ou seja, as ações e decisões tomadas para mitigar/resolver os impactos nos recursos naturais.

O fluxograma representado na Figura 4 mostra a estrutura conceitual do modelo PER proposto pela OECD, apresentando uma das possíveis interpretações de como se dá a interação entre as ações humanas e as condições ambientais de um dado sistema.

Figura 4 – Estrutura conceitual do modelo PER da OECD.



Fonte: GOMES et. al., 2000, apud TOMASONI, 2006, p. 99.

4 OPERACIONALIZAÇÃO DOS MODELOS

O procedimento metodológico adotado foi a revisão bibliográfica a partir da seleção de textos e publicações sobre o tema indicadores ambientais. Selecionaram-se, através de uma amostra por acessibilidade, estudos sobre indicadores de sustentabilidade aplicados a agroecossistemas. Foram considerados os indicadores denominados de ambientais, ecológicos, agroecológicos e biofísicos, comparando-os quanto a aspectos metodológicos, quais sejam:

- tipos de agroecossistemas avaliados;
- técnicas de coleta de dados empregadas;
- tipos de variáveis que compõem os indicadores (quantitativas, qualitativas);
- métodos de cálculo e operacionalização dos indicadores;
- quantidade e tipo de indicadores ambientais usados;
- possíveis fatores limitantes da reaplicação das metodologias noutras realidades

Na composição de um indicador pode-se incluir mais de uma variável (ou parâmetro), de modo que muitas vezes, num único indicador, mesmo esse tendo certa especificidade (ex.: indicadores ambientais), são reunidos parâmetros diversos.

Nesse sentido, os indicadores constituídos pelo somatório de vários parâmetros foram desagregados de forma que cada parâmetro passasse a ser considerado um indicador. Por

exemplo: Práticas conservacionistas = Uso de equipamento de proteção individual (E.P.I.) + Uso de esterco + Proteção do solo + Controle biológico + Proporção de matas na propriedade. Como esse tipo de somatório poderia reunir num único indicador elementos distintos relativos às questões ambientais, optou-se por esse método com o intuito de identificar com maior fidedignidade os elementos de maior preocupação dos estudos.

De outro modo, os indicadores auferidos por expressões matemáticas que estabeleçam uma relação entre os parâmetros, como proporção (ex.: Área de matas/área total), proporção complementar (ex.: 1- (Consumo intermediário/Produto bruto total)), foram mantidos tal como se apresentavam.

Após esse tratamento, os indicadores foram lançados em planilhas do Microsoft Excel sendo categorizados conforme os dois modelos analíticos adotados. Analisaram-se ainda aspectos relativos à reaplicação das metodologias noutras realidades, a fim de se identificar possíveis fatores limitantes a seu uso. Os dados foram tabulados e submetidos à estatística descritiva.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram analisados 11 trabalhos de avaliação de sustentabilidade de agroecossistemas, incluindo teses, dissertações, monografias, artigos, relatórios e manuais técnicos publicados entre os anos de 1999 a 2005.

Esses estudos tratavam-se de avaliação da sustentabilidade de agroecossistemas, cujos principais aspectos metodológicos adotados encontram-se sintetizados no Quadro 1. As informações apresentadas nesse quadro exemplificam a diversidade de metodologias quanto à temática, verificando-se uma miríade de possibilidades que vão desde o tipo de técnica de coleta de dados até os métodos de operacionalização dos indicadores. Essas questões serão retomadas de forma mais detalhada no item 5.3 deste capítulo, onde se discutirá sobre a metodologia de mensuração da sustentabilidade para SAF típicos da região Sul da Bahia ou similares.

Assim, os resultados e discussões que seguem a partir deste ponto centram-se especificamente nos indicadores ambientais empregados nos estudos analisados.

Dos trabalhos analisados identificou-se um total de 216 indicadores, com repetição, apresentando indicadores em todas as classes de elementos, exclusive a de “minerais” – que não está inserida na tabela por não apresentar ocorrências nos estudos –, o que certamente decorre das características dos sistemas avaliados nesta pesquisa (Tabela 1).

Os indicadores relativos aos manejos técnicos empregados nos sistemas avaliados, ou seja, práticas e insumos utilizados apresentaram a maior incidência (25,0%), estando ausente em apenas um dos trabalhos analisados.

Em se tratando dos recursos naturais, as questões relativas ao solo foram as mais referidas (20,4%) nas avaliações ambientais. Fato esperado, posto que se referem ao bem ambiental cujas atividades rurais estabelecem maior dependência e que, portanto, constitui-se em um recurso passível de um maior número de impactos. Outrossim, o *know-how* atinente à avaliação das condições do solo, tratado e sistematizado pelas Ciências Agrárias e do Solo, é mais aprofundado e amplo do que de outro bem natural listado.

Na seqüência, apresentaram-se a flora (12,0%) e a fauna (10,6%), empregadas em cinco e quatro dos estudos, respectivamente. A água, por sua vez, embora se constitua em um recurso relevante para as atividades agropecuárias, não foi um dos principais alvos dos estudos. Já biodiversidade, estrutura da paisagem, ar e recursos energéticos reuniram um número menor de indicadores, sendo que os três últimos estiveram presentes em poucos dos trabalhos pesquisados.

Quadro 1 – Quadro síntese dos aspectos metodológicos dos estudos sobre sustentabilidade de agroecossistemas analisados

AUTOR ¹	Sistema avaliado	Denominação dos indicadores ambientais	Técnica de coleta	Tipo de variáveis ²	Definição de escala das variáveis ³	Operacionalização dos indicadores
Daniel	Agrissilvipastoril	Biofísicos	Entrevista com produtores; Observação direta; Laboratório instrumental e de campo	Quali e Quanti	Qualitativa: binária; Quantitativa: conforme valor observado.	Plotação dos indicadores em gráfico radar e cálculo do índice de sustentabilidade através da área do gráfico
BNB	Agricultura em geral	Performance ambiental	Entrevista com produtores	Quali	Arbitrária. Cinco escalas, valores de dois em dois decis.	Obtenção do índice de sustentabilidade pelo cálculo da proporção de condições ideais sobre o número total de aspectos avaliados
REBRAF	SAF na área de Mata Atlântica	De Solo, Ecológicos e da Paisagem	Observação direta de técnicos na área	Quali	Arbitrária. Valores de 1 a 4.	Cálculo dos indicadores pela média aritmética. Não calcula um índice de sustentabilidade geral.
Lesama	Agricultura familiar	Agroecológicos	Entrevista com produtores	Quali	Segundo a percepção do agricultor. Normalmente variam de zero a 15.	Cálculo dos indicadores pelo somatório. Não calcula um índice de sustentabilidade geral.
Moura	Fumicultura familiar	Ambientais	Entrevista com produtores	Quali e Quanti	Qualitativa: arbitrária, variando normalmente de 0 a 4; Quantitativa: conforme valor observado.	Cálculo dos indicadores e do índice de sustentabilidade geral por média aritmética.
Severo	Extrativistas familiares de samambaia	Ambientais	Entrevista com produtores	Quali e Quanti	Qualitativa: arbitrária, variando normalmente de 0 a 1; Quantitativa: conforme valor observado.	Cálculo dos indicadores e do índice de sustentabilidade geral por média aritmética.
Albé	Pequenos/médios produtores	Integridade ecológica	Entrevista com produtores	Quali	Arbitrária. Três escalas, valores de 1 a 3.	Frequência relativa dos fatores analisados em cada indicador. Não calcula um índice de sustentabilidade geral.
Ribeiro	Agrissilvicultura na Amazônia	Edafo-climáticos e potencialidade agroflorestal para produção	Entrevista com produtores; Laboratório instrumental e de campo	Quanti	Arbitrária. Cinco escalas, valores de 1 a 10.	Cálculo dos indicadores por regressão linear simples e o índice de sustentabilidade por média aritmética.
Lopes	Agrissilvicultura	Ambientais	Entrevista com produtores	Quali	Arbitrária. Valores múltiplos de 10, sendo zero o valor menor.	Cálculo dos indicadores por média aritmética e do índice de sustentabilidade por média harmônica.
Macedo	Agrissilvicultura familiar	Nutricionais e de desenvolvimento das espécies frutíferas	Laboratório instrumental e de campo	Quanti	Conforme valores observados	Cálculo dos indicadores pela média aritmética. Não calcula um índice de sustentabilidade geral.
Fernandes	Agricultores de uma APA	Conservação de recursos	Entrevista com produtores	Quali	Arbitrária. Três escalas, valores de 1 a 10.	Cálculo dos indicadores pela média aritmética. Não calcula um índice de sustentabilidade geral, este é apenas visualizado num gráfico tipo radar.

Fonte: Dados da pesquisa.

(1) Nome do primeiro autor.

(2) Quali: Qualitativas; Quanti: Quantitativas.

(3) A arbitrariedade refere-se à falta de justificativas quanto à definição do número de escalas e, ou dos valores dessas.

Tabela 1 - Tipo e quantidade de indicadores, identificados por autor e por elemento do sistema

Autor ¹		Manejo técnico	Solo	Flora	Fauna	Água	Biodiversidade	Estrutura da paisagem	Ar	Recursos energéticos	Rendimento técnico	Rendimento socioeconómico	Total geral
Daniel ²		15	8	10	13	3	2	-	2	1	3	-	57
BNB		16	12	-	3	10	1	-	6	2	-	-	50
REBRAf		1	16	7	3	-	8	9	-	-	1	-	45
Lesama		5	1	2	4	-	-	3	-	-	1	-	16
Moura		7	1	-	-	-	1	-	-	4	-	1	14
Severo		3	-	-	-	-	1	1	-	-	-	4	9
Albé		2	1	-	-	1	-	-	-	-	2	-	6
Ribeiro		1	1	3	-	1	-	-	-	-	-	-	6
Lopes		3	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5
Macedo		1	2	-	-	-	1	-	-	-	-	-	4
Fernandes		-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	4
Total geral	Nº	54	44	26	23	15	14	13	8	7	7	5	216
	%	25,0	20,4	12,0	10,6	6,9	6,5	6,0	3,7	3,2	3,2	2,3	100,0

Fonte: Dados da pesquisa.

(1) Nome do primeiro autor.

(2) Considerou-se a relação que continha um conjunto mínimo de indicadores biofísicos proposto pelo autor.

Pode-se constatar que as atenções dos estudos se fixaram quase que totalmente (95,8%) dentro dos sistemas avaliados, ou seja, Operação do sistema + Recursos endógenos, ver Tabela 2. Assim, a maior parte dos indicadores, 66,2%, enquadrava-se como recursos endógenos e em segundo lugar, com quase 30%, como operação do sistema. Reduzido foi o percentual dos recursos exógenos (4,2%).

Nenhum dos indicadores trabalhados nos estudos pesquisados se enquadrou na categoria “Operação de sistemas exógenos”, confirmando que os olhares dos estudiosos no momento de avaliar a sustentabilidade ambiental de agroecossistemas se centram quase exclusivamente dentro dos limites dos sistemas avaliados. Mesmo estes mantendo contínuo fluxo de relações – ora na condição de influenciadores, ora na condição de influenciados –, num processo de co-evolução com sistemas existentes no seu entorno, ou com macro sistemas dos quais fazem parte.

Tabela 2 - Distribuição dos indicadores empregados segundo as categorias de sistema

Categorias	Nº	%
Operação do sistema	64	29,6
Recursos endógenos	143	66,2
Recursos exógenos	9	4,2
Total geral	216	100,0

Fonte: Dados da pesquisa.

Noutras palavras, verificou-se que o nível de análise dos estudos de avaliação de sustentabilidade de agroecossistemas normalmente é circunscrito à unidade de produção. Entende-se que essa situação pode decorrer provavelmente de duas questões. A primeira

relativa às restrições financeiras e ao tempo para o levantamento de dados relativos aos impactos no meio externo ao sistema, inclusive pela possibilidade de se deduzir tais impactos pelos já ocasionados dentro do próprio sistema. A segunda, pelo fato de que dificilmente o tomador de decisão do sistema avaliado poderá interferir em sistemas externos ao seu e que não sejam de sua propriedade, portanto, os indicadores respeitantes aos sistemas exógenos, enquanto influenciadores das condições do agroecossistema estudado teriam pouca ou nenhuma serventia para a avaliação da sustentabilidade deste último.

As investigações relativas àquela segunda questão, habitualmente ocorrem quando se supõe que o impacto do sistema externo sobre o interno é conhecido, recorrendo-se normalmente a instrumentos da política pública ambiental para regularizar e/ou contornar situações indesejáveis.

Em se tratando dos indicadores segundo a classificação do marco PER, aqueles relativos à quantidade e à qualidade dos recursos e serviços ambientais – indicadores de estado – tiveram a maior incidência, 54,6% (Tabela 3). Já as avaliações sobre a pressão sofrida pelos sistemas envolveram mais de 28% dos indicadores utilizados. Os 17% restantes tratavam de ações/práticas voltadas para a redução dos impactos e das pressões exercidas sobre o ambiente – indicadores resposta.

Tabela 3 - Distribuição dos indicadores empregados segundo o marco PER

Especificação	Nº	%
Estado	118	54,6
Resposta	37	17,1
Pressão	61	28,2
Total geral	216	100,0

Fonte: Dados da pesquisa.

Há que se esclarecer que as três classificações propostas pela OECD podem ser empregadas para se analisar uma mesma situação, inclusive de forma complementar. Haja vista que cada tipo de indicador – pressão, estado, resposta – denotam ângulos distintos de uma mesma realidade e podem ser tomados enquanto avaliações processuais, numa sucessão de causa e efeito. Assim, o avaliador poderá levantar as pressões sobre o meio, como tipo de práticas e atividades desenvolvidas, verificar as condições nas quais os recursos se encontram em decorrência dessas ações impactantes e, após um processo de intervenção no intuito de mitigar e/ou reverter o processo de degradação, constatando, por meio de indicadores de estado, os resultados obtidos dessas ações-respostas.

Essa possibilidade, não obstante, demanda, normalmente, um espaço de tempo longo, sobretudo quando se trata de se identificar efeitos de ações sobre determinados recursos, como degradação e/ou recuperação de solo, água, mata, etc. Acerca disso, observou-se que em todos os estudos analisados apenas um fragmento temporal mais restrito do agroecossistema avaliado é abordado, de modo a não empregarem tal possibilidade metodológica.

O Quadro 2, por sua vez, apresenta os tipos de agroecossistemas avaliados nos estudos, seus aspectos metodológicos e possíveis limitações quanto à reaplicação em sistemas e realidades diferentes.

Verificou-se que apenas dois dos 11 estudos avaliados envolviam indicadores referentes aos sistemas exógenos àqueles agroecossistemas avaliados. Seis dos estudos eram voltados especificamente para sistemas agrissilviculturais, não apresentando indicadores relativos à criação de animais.

Quadro 2 - Quadro comparativo dos estudos sobre sustentabilidade ambiental analisados

AUTOR	Sistema avaliado	Possíveis limitações
DANIEL	Agrissilvipastoril	Exige conhecimento especializado para o emprego da maior parte dos indicadores.
BNB	Agricultura em geral	Centra-se no cumprimento de normas e procedimentos legislativos e agrônomicos. Pouco aplicável ao pequeno agricultor/agricultura familiar. Não enfoca impactos/relações com sistemas exógenos.
REBRAF	SAF na área de Mata Atlântica	Limitado a sistemas agrissilviculturais (não engloba criação de animais). Não enfoca impactos/relações com sistemas exógenos.
LESAMA	Agricultura familiar	O agricultor é quem atribui pesos aos fatores avaliados, podendo não ter conhecimento suficiente para exprimir sua opinião. Não enfoca impactos/relações com sistemas exógenos.
MOURA	Fumicultura familiar	Utiliza princípios da avaliação energética ¹ , a qual exige que se conheçam os coeficientes de eficiência energética de todos os insumos, produtos e processos empregados no sistema. Não enfoca impactos/relações com sistemas exógenos.
SEVERO	Extrativistas familiares de samambaia	Limitado a sistemas agrissilviculturais (não engloba criação de animais). Não enfoca impactos/relações com sistemas exógenos.
ALBÉ	Pequenos/médios produtores	Pouca clareza na definição dos indicadores. Não enfoca impactos/relações com sistemas exógenos.
RIBEIRO	Agrissilvicultura na Amazônia	Limitado a sistemas agrissilviculturais (não engloba criação de animais). Mede a sustentabilidade ambiental com vistas à geração de renda. Não enfoca impactos/relações com sistemas exógenos.
LOPES	Agrissilvicultura	Limitado a sistemas agrissilviculturais (não engloba criação de animais). Diminuto número de indicadores e tipos de recursos/serviços ambientais considerados ² .
MACEDO	Agrissilvicultura familiar	Limitado a sistemas agrissilviculturais (não engloba criação de animais). Diminuto número de indicadores e tipos de recursos/serviços ambientais considerados ² . Exige conhecimento especializado para o emprego dos indicadores. Não enfoca impactos/relações com sistemas exógenos.
FERNANDES	Agricultores de uma APA	Limitado a sistemas agrissilviculturais (não engloba criação de animais). Diminuto número de indicadores e tipos de recursos/serviços ambientais considerados ² . Não enfoca impactos/relações com sistemas exógenos.

Fonte: Dados da pesquisa.

(1) Para mais informações, conferir Ortega (2003, p. 73 a 90) e www.unicamp.br/fea/ortega.

(2) Segundo Camino e Muller (1993, apud DANIEL, 2000, p. 29), a quantidade ideal de indicadores de sustentabilidade para sistemas em geral encontra-se entre 6 e 8.

Outras possíveis limitações identificadas, com recorrência, nas metodologias de alguns dos estudos referem-se à necessidade de conhecimento técnico/especializado e ao reduzido número de indicadores ambientais para a avaliação de sustentabilidade.

Constatou-se que mesmo com relevantes avanços observados na literatura existente sobre indicadores para a avaliação da sustentabilidade de agroecossistemas, as metodologias empregadas mostram-se ainda restritas a determinados contextos e realidades, sendo muitas vezes de difícil reaplicação, restringindo-se a recortes específicos de análises.

Tais restrições ocorrem porque, tanto a construção como a seleção de indicadores sob a ótica da sustentabilidade, envolvendo aspectos concernentes às condições e à disponibilidade dos recursos e serviços ambientais, tornam-se mais complexas e de aplicação normalmente limitada.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Verificou-se que o manejo técnico e o solo são os elementos dos sistemas avaliados mais enfocados nos estudos sobre sustentabilidade ambiental. As principais inquietações dos estudiosos centram-se, dentre outras possibilidades, na identificação/mensuração do grau de degradação e conservação dos recursos ambientais dos sistemas, ou ainda, na avaliação dos resultados, da eficiência/eficácia alcançada pela adoção de determinado sistema, ou conjunto de práticas.

Em segundo plano, ficaram os indicadores de pressão, sinalizando a preocupação nos estudos com o rumo do desenvolvimento das atividades, dos sistemas, se esses conduzem à manutenção (sustentabilidade) ou à falência (insustentabilidade) no longo prazo.

A pesquisa mostrou a diversidade de indicadores e metodologias existentes para avaliar a sustentabilidade ambiental de agroecossistemas, e que a mesma decorre dos inúmeros enfoques teóricos sobre a temática e da própria multiplicidade de realidades a serem avaliadas. Essa diversidade, por sua vez, tende a tornar os estudos nessa área bastante complexos e específicos e de difícil reaplicação em realidades diferentes, exigindo normalmente adaptações, o que dificulta a realização de avaliações comparativas entre diferentes realidades.

Entende-se ainda que as dificuldades encontradas na definição, seleção e escolha de métodos e instrumentos dirigidos à avaliação da sustentabilidade ambiental de agroecossistemas também têm suas raízes fundadas no processo de evolução das ciências ainda têm acerca da temática.

Esta pesquisa possibilitou verificar que os indicadores empregados por avaliadores e pesquisadores da sustentabilidade de agroecossistemas apresentam as seguintes características:

- referem-se comumente à estrutura e ao fluxo do sistema analisado, ou seja, aos recursos endógenos e à operação do sistema, e especificamente em termos de elementos, ao manejo técnico e ao solo;
- na maioria trata-se de indicadores que apontam as condições dos recursos naturais e as ações impactantes;
- ratificam a diversidade de possibilidades conceituais e metodológicas e a necessidade de, ante à imensidão de variáveis e relações entre estas, adequar os instrumentos ao contexto e especificidades da realidade estudada.

REFERÊNCIAS

ALBÉ, M. de Q. **Alguns indicadores de sustentabilidade para os pequenos e médios produtores rurais do município de Jaquirana**. Universidade Luterana do Brasil – ULBRA, 2006. Disponível em: <<http://www.liberato.com.br/upload/arquivos/0131010716030816.pdf>>. Acesso em: 23 jul. 2007.

BANCO DO NORDESTE. **Guia do meio ambiente para o produtor rural**. Fortaleza: Banco do Nordeste, 1999. Disponível em: <<http://cooptec.coop.br/downloads/ambiental/Guia%20do%20Meio%20Ambiente%20para%20o%20Produtor%20Rural.doc>>. Acesso em: 22 set. 2007.

CEPAL. Indicadores de sostenibilidad ambiental y de desarrollo sostenible: estado del arte y perspectivas. In: Rayén Quiroga M. (Org.). **Serie Manuales**, n. 16. Santiago de Chile: Naciones Unidas, septiembre de 2001.

DANIEL, O. **Definição de indicadores de sustentabilidade para sistemas agroflorestais**. 2000. Tese (Doutorado em Ciência Florestal). Universidade Federal de Viçosa. 113p.

FERNANDES, C. A. F. **Os agricultores, os mediadores sociais e a sustentabilidade: um estudo na APA Itacaré Serra Grande**. 2005. 60 p. (Monografia – Especialização em Meio Ambiente e Desenvolvimento). Itapetinga - BA: UESB.

LESAMA, M. F. **O método IDEA (indicadores de sustentabilidade):** adaptação do método à Agricultura Familiar. Disponível em: <<http://serv-sdt-1.mda.gov.br>>. Acesso em: 5 jun. 2006.

LOPES, S. B. **Arranjos institucionais e a sustentabilidade de sistemas agroflorestais:** uma proposição metodológica. 2001. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Rural). Programa de Pós Graduação em Desenvolvimento Rural, UFRGS. Porto Alegre.

MACEDO, R. et al. **Indicadores de sustentabilidade para o manejo sustentável dos Sistemas Agroflorestais.** Itamaraju/BA: Floresta Viva, 2003.

MONTIBELLER FILHO, G. **O mito do desenvolvimento sustentável:** meio ambiente e custos sociais no moderno sistema produtor de mercadorias. 2. ed. Florianópolis: Editora da Universidade Federal de Santa Catarina (UFCS), 2004.

MOURA, L. G. V. **Indicadores para avaliação da sustentabilidade em sistemas de produção da agricultura familiar:** o caso dos fumicultores de Agudo/RS. 2002. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Rural). Programa de Pós Graduação em Desenvolvimento Rural, UFRGS. Porto Alegre.

NORGAARD, R. B.; SIKOR, T. O. Metodología y Práctica de la Agroecología. In: ALTIERI, M. A. **Agroecologia:** bases científicas para uma agricultura sustentável. Montevideo-Uruguai: Editorial Nordan-Comunidad, 1999. p. 31-46.

ORTEGA, E. Indicadores de Sustentabilidade sob a perspectiva da Análise Emergética. In: MARQUES, J. F.; SKORUPA, L. A.; FERRAZ, J. M. G. (Eds.). **Indicadores de sustentabilidade em agroecossistemas.** Jaguariúna/SP: Embrapa Meio Ambiente, 2003.

REBRAF. **Projeto Formação Agroflorestral em Rede na Mata Atlântica.** Disponível em: <<http://www.rebraf.org.br/consafs/>>. Acesso em: 3 dez.2006.

RIBEIRO, R. N. da S.; TOURINHO, M. M.; SANTANA, A. C. de. Avaliação da sustentabilidade agroambiental de unidades produtivas agroflorestais em várzeas flúvio marinhas de Cameté - Pará. **Acta Amazônica.** v. 34, n. 3. Manaus. jul./set. 2004. p. 359-374. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/aa/v34n3/v34n3a03.pdf>>. Acesso em: 21 mai. 2007.

SEVERO, C. M.; RIBAS, R. P.; MIGUEL, L. de A. Agricultura familiar, extrativismo e sustentabilidade: o caso dos “samambaieiros” do Litoral Norte do Rio Grande do Sul. **Anais do IX Encontro Nacional de Economia Política.** Uberlândia: SEP, 2004. p. 1-23. Disponível em: <http://www.ie.ufu.br/ix_enep_mesas/Mesa%2004%20-%20Economia%20agr%C3%A1ria%20e%20do%20meio%20ambiente%20I/Agricultura%20familiar.pdf>. Acesso em: 22 mai. 2007.

TOMASONI, M. A. Contribuição ao estudo de indicadores ambientais. **Geonordeste.** v. 15, n. 2, 2006. p. 90-118. Disponível em: <http://www.posgrap.ufs.br/periodicos/pdf/revista_geo_06_2/Marco.pdf>. Acesso em: 23 jul. 2007.