

# Indicadores de sustentabilidade do agroecossistema arroz orgânico com manejo de água contínuo na bacia do Araranguá (SC) mediante aplicação da metodologia MESMIS

## RESUMO

O presente artigo apresenta os principais resultados da pesquisa desenvolvida no Município de Ermo (SC), Brasil, sobre a avaliação da sustentabilidade do agroecossistema arroz orgânico quanto às dimensões econômica e sócio-ambiental, através da metodologia MESMIS. Utilizando dezenove indicadores de sustentabilidade, os resultados mostraram o melhor desempenho para a dimensão ambiental; a dimensão econômica mostrou-se satisfatória e a dimensão social apresentou o pior desempenho entre as dimensões avaliadas. A metodologia MESMIS foi efetiva na avaliação da sustentabilidade do agroecossistema para os fins propostos neste estudo de caso.

**PALAVRAS-CHAVE:** Indicadores de sustentabilidade; arroz orgânico; metodologia MESMIS.

## ABSTRACT

This paper presents the main results of research carried out in the Municipality of Ermo (SC), Brazil. Using the MESMIS methodology, the research evaluated the sustainability of the organic rice agroecosystem regarding the economic and social-environmental dimensions. Based on nineteen sustainability indicators, the results show a better performance for the environmental dimension; the economic dimension was satisfactory and the social dimension showed the worst result among the dimensions evaluated. The MESMIS methodology was effective in the evaluation of the agroecosystem sustainability for the purposes of this case study.

**KEYWORDS:** Sustainability indicators; organic rice; MESMIS methodology.

## Vicente Sandrini Pereira

Eng. Agrônomo - EPAGRI - Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina.  
E-mail: vicente@epagri.sc.gov.br

## Sérgio Roberto Martins

Dr. Eng. Agrônomo, Professor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina (PPGEA/ENS/UFSC).

## INTRODUÇÃO

A cultura do arroz irrigado frequentemente tem sido considerada responsável pela poluição dos recursos hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Araranguá, Santa Catarina, Brasil. Esta bacia apresenta balanço hídrico desfavorável, com vazão de estiagem (7 dias sem precipitação) extremamente crítica, acarretando problemas também de ordem qualitativa, uma vez que aumenta a concentração de poluentes de origem urbana e rural (SANTA CATARINA, 2006).

Nesta bacia, historicamente marcada por conflitos pelo uso da água, foi desenvolvido o Projeto Tecnologias Sociais para a Gestão da Água (TSGA), em parceria entre a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri) e Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), apoiado pela Petrobras, através do Programa Petrobras Ambiental. O projeto incluiu o apoio às pesquisas de campo para a avaliação econômica e sócio-ambiental do agroecossistema arroz orgânico, implantadas no Município de Ermo, Estado de Santa Catarina, que possui a maior parte de seu território dentro da bacia do Rio Araranguá e que será objeto deste artigo. Entre as tecnologias escolhidas para serem testadas e incentivadas como sociais, encontra-se o manejo da irrigação por inundação contínua, que promove economia de recursos hídricos quando comparado com o sistema de manejo tradicional da irrigação.

### Objetivo

O objetivo do presente texto é apresentar os principais resultados da pesquisa sobre a avaliação da sustentabilidade econômica e sócio-ambiental do agroecossistema arroz orgânico na Bacia Hidrográfica do Rio Araranguá, baseada nos atributos de produtividade, resiliência, confiabilidade, estabilidade, adaptabilidade, equidade e autodependência propostos pela Metodologia MESMIS (Marco para Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales Incorporando

Indicadores de Sustentabilidad).

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### Avaliação da sustentabilidade em agroecossistemas:

Para Sachs (2004), em última instância o desenvolvimento depende da cultura, na medida em que ele implica a invenção de um projeto. Este não pode se limitar unicamente aos aspectos sociais e sua base econômica, ignorando as relações complexas entre o porvir das sociedades humanas e a evolução da biosfera; na realidade, estamos na presença de uma co-evolução entre dois sistemas que se regem por escalas de tempo e escalas espaciais distintas. A sustentabilidade no tempo das civilizações humanas vai depender da sua capacidade de se submeter aos preceitos de prudência ecológica e de fazer um bom uso da natureza. Assim, propõe que o vocábulo desenvolvimento sustentável deva ser desdobrado em socialmente incluyente, ambientalmente sustentável e economicamente sustentado no tempo.

O conceito de sustentabilidade aplica-se a sistemas integrados que compreendem seres humanos e o resto da natureza. As estruturas e operações dos componentes humanos (sociedade, economia, lei, etc.) devem ser tais que reforcem a persistência das estruturas e operação do componente natural, como conexões tróficas do ecossistema, biodiversidade, ciclos biogeoquímicos etc. (CABEZAS et al., 2003).

Com relação à agricultura Altieri (1991) ressalta a necessidade de modelos sustentáveis que combinem o conhecimento tradicional com o científico. Vários aspectos destes sistemas tradicionais de conhecimento são importantes para os agroecólogos: o conhecimento sobre o meio ambiente físico; as taxonomias biológicas folclóricas (ou sistemas nativos de classificação); o conhecimento sobre práticas de produção; a natureza experimental do conhecimento tradicional. Este autor aponta que os conhecimentos sobre solos, clima, vegetação e animais usualmente são traduzidos em estratégias multidimensionais de produção (por exemplo, ecossistemas diversificados com múltiplas espécies) e estas

estratégias geram (dentro de certas limitantes técnicas e ecológicas) a auto-suficiência alimentar das famílias rurais numa região.

A discussão sobre agricultura sustentável deve ir além do que acontece dentro dos limites da unidade de produção individual. A produção agrícola é um sistema mais amplo, com muitas partes interagindo entre si, incluindo componentes ambientais, econômicos e sociais. Existe uma teia de conexões que se espalha de cada agroecossistema para dentro da sociedade humana e ecossistemas naturais (GLIESSMAN, 2005).

Na prática, segundo Martins (2000), o desenvolvimento sustentável não está dado, apesar da presença do ideário de sustentabilidade. Ele necessita ser construído sob dois grandes desafios: (a) diferenciar-se dos modelos insustentáveis que privilegiam os aspectos quantitativos do crescimento em detrimento dos aspectos qualitativos do desenvolvimento, que perpetuam e acentuam desigualdades sócio-econômicas e comprometem o meio ambiente; (b) impor-se como um novo paradigma num mundo cada vez mais complexo e globalizado. Destaca ainda que, portanto, não se trata de um ponto de chegada e sim de um processo de construção social.

Um agroecossistema se cria quando a manipulação humana e a alteração de um ecossistema acontecem com o propósito de estabelecer a produção agrícola, introduzindo várias mudanças na estrutura e função do ecossistema natural e, como conseqüências, mudam certas qualidades-chave, em nível do sistema. Estas novas qualidades se reconhecem como emergentes ou propriedades do sistema, que se manifestam quando todos os componentes estiverem organizados; também podem servir como indicadores de sustentabilidade do sistema (GLIESSMAN, 2005). Para se alcançar a sustentabilidade de um sistema agrícola é preciso reintroduzir as diversas estruturas e relações entre as espécies que permitam o funcionamento do controle natural e os mecanismos de regulação de suas populações. Quando este sistema agrícola atinge maturidade, a riqueza de espécies permite um alto grau de resistência

a perturbações ambientais, possuindo alta resiliência para perturbações de alto potencial de danos (GLIESSMAN et al., 2007).

Mencionando cinco atributos básicos (produtividade, estabilidade, confiabilidade, elasticidade ou resiliência e adaptabilidade), López Ridaura (2005) estabelece uma definição operacional de sistemas sustentáveis. Para ele, derivar indicadores para avaliação de sustentabilidade e para medir o grau em que um sistema é considerado sustentável dependerá de suas capacidades de produzir, num estado de equilíbrio estável, uma combinação específica de mercadorias e serviços que satisfaz um conjunto de metas (o sistema é produtivo), sem degradar sua base de recursos (o sistema é estável), mesmo quando parece "normal" (o sistema é de confiança) que ocorram variações "extremas" e "bruscas" (o sistema é elástico/resiliente) ou "permanentes" (o sistema é adaptável) no próprio funcionar, no seu ambiente ou sistemas coexistentes.

Se a sustentabilidade tornar-se um novo paradigma, o conjunto de tais pressupostos estabelece um ciclo virtuoso capaz de gerar desenvolvimento e autonomia regional, com nova concepção de conteúdo e forma, sempre e quando for capaz de assegurar: (a) participação efetiva dos atores envolvidos em todas as fases do processo (agricultores e pesquisadores); (b) interação entre as partes envolvidas (ações interdisciplinares); (c) equilíbrio entre as distintas dimensões do desenvolvimento; (d) participação do Estado como indutor do processo (construção de novas parcerias); (e) criação de uma consciência do pensar globalmente e do agir localmente. Deste modo, será efetiva a interação entre as organizações públicas e privadas na gestão de recursos para políticas públicas visando à autonomia regional e a construção do desenvolvimento com base nos princípios da sustentabilidade (MARTINS, 2000).

A insistência num foco puramente tecnológico, ainda que as tecnologias promovidas sejam "sustentáveis", não promoverá reconhecimento claro dos problemas fundamentais que mantêm a agricultura não sustentável em primeiro lugar (ALTIERI, 1989).

Desde a Agroecologia a

sustentabilidade deve ser vista, estudada e proposta como sendo uma busca permanente de novos pontos de equilíbrio entre diferentes dimensões, que podem ser conflitivas entre si, em realidades concretas. Nesta ótica, a sustentabilidade pode ser definida simplesmente como a capacidade de um agroecossistema manter-se socioambientalmente produtivo ao longo do tempo. Portanto, a sustentabilidade em agroecossistemas (ou, se preferirmos, em etnoecossistemas, para incluir a dimensão das culturas humanas no manejo dos ecossistemas agrícolas), é algo relativo que pode ser medido somente ex-post (CAPORAL & COSTABEBER, 2002).

Marques et al. (2003) fortalecem a importância da avaliação de sustentabilidade e destacam que deve ser tomado como ponto básico do estudo o agroecossistema. Sarandón (2002) comenta que muito tem sido discutido sobre sustentabilidade e atualmente é um termo aceito amplamente, mas pouco tem sido feito para operacionalizá-lo e pouco é traduzido para uma situação aplicável na prática.

Desde a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD), realizada no Rio de Janeiro em 1992, conhecida como Eco-92, vários esforços internacionais tiveram início para definir indicadores que possibilitem o monitoramento do estado de sustentabilidade, atendendo uma recomendação da Agenda 21, um dos documentos aprovados nesta conferência (MATOS FILHO, 2004). A partir de então podemos observar que alguns grupos têm realizado esforços para desenvolver diversas ferramentas com o objetivo de integrar informações sobre sustentabilidade, nas mais diversas dimensões. Na tentativa de operacionalizar o conceito de sustentabilidade, foram desenvolvidas diversas estruturas metodológicas, como o Programa Sostenibilidad de la Agricultura y los Recursos Naturales: bases para estabelecer indicadores (CAMINO & MÜLLER, 1993), a FESLM - Framework for Evaluation of Sustainable Land Management (FAO, 1993), a PSR - Pressure-State-Response (OECD, 1993), e o método Reflective e Participative Mapping of Sustainability

(IMBACH et al., 1997), o método IDEA - Indicateurs de Durabilité des Exploitations Agricoles (BRIQUEL et al., 2001), Análise Emergética (ORTEGA, 2007), entre outras iniciativas. Porém os enfoques e métodos existentes respondem apenas parcialmente as perguntas sobre o estado de sustentabilidade. A maioria dos esforços têm se concentrado na elaboração de listas de indicadores, assim como na elaboração de índices. Existem também marcos metodológicos para a derivação de critérios ou indicadores para a avaliação de sustentabilidade, mas, em geral, não têm sido aplicados sistematicamente em estudos de caso; contêm alguns vazios metodológicos para a integração e análises dos resultados e estão dirigidos para sistemas de manejo específicos, principalmente florestais ou agrícolas (ASTIER, 2004). Segundo Pretty (2006), a agricultura orgânica, mesmo apresentando menor produtividade, apresenta outras vantagens na dimensão ecológica que normalmente não são computadas. Por isso, o enfoque de pesquisa utilizado não pode ser reducionista.

Os atributos de sustentabilidade considerados para avaliar a situação de um agroecossistema podem mudar de termo ou ordem, mas são comuns a diversos autores (CAMINO & MÜLLER, 1993, LÓPEZ-RIDAURA et al., 2000; ALTIERI & NICHOLLS, 2008), a saber:

**Produtividade:** é a capacidade de um agroecossistema gerar o nível desejado de bens e serviços por unidade de insumo. Representa o valor de atributos como rendimentos ou ganhos em um tempo específico. Em agroecossistemas as análises clássicas se referem prioritariamente à quantidade de produto por unidade de área (kg/ha).

**Resiliência:** entendida como a capacidade de um ecossistema retornar à capacidade de manutenção das condições de vida de populações e espécies após a ocorrência de perturbações graves. A medida da resiliência se dá pela observação da tendência de produtividade em longo prazo. Ela pode ser observada na capacidade de restabelecer o equilíbrio econômico de uma unidade produtiva após a queda drástica do preço de um produto importante.

**Confiabilidade:** é a capacidade do

sistema em manter os benefícios desejados em níveis próximos do equilíbrio, reagindo a perturbações normais do ambiente sem grandes flutuações na produtividade.

**Estabilidade ou Homeostase:** representa o equilíbrio dinâmico dos ecossistemas ao longo do tempo, onde após as perturbações sofridas sucede-se uma retroalimentação capaz de restabelecer o equilíbrio funcional do sistema. É uma busca de constância de produtividade em longo prazo.

**Adaptabilidade, elasticidade ou flexibilidade:** é a capacidade de um sistema encontrar novos níveis de equilíbrio, mantendo um nível de produtividade após mudanças ambientais de longo prazo. Estas mudanças podem ser de origem natural ou de interações antropogênicas (sociais, econômicas, culturais).

**Equidade:** é a capacidade de um sistema distribuir, de forma justa aos beneficiários humanos, os custos e benefícios resultantes, intra e intergerações. Este atributo é característico da dimensão social e pode ser medido com índices de concentração de benefícios absolutos ou relativos na população envolvida por tal sistema.

Para finalizar, López-Ridaura et al. (2000) incluem como atributos para a análise de agroecossistemas a autodependência ou a capacidade de regular e controlar as interações do sistema com o exterior, mantendo a sua identidade e valores. Na dimensão social este atributo é a capacidade de autogestão.

Em estruturas operacionais, os limites das definições dos atributos descritos acima são tênues, como os que ocorrem entre resiliência, confiabilidade e estabilidade. Em função da pouca visibilidade destes limites, na metodologia de análise proposta por López-Ridaura et al. (2000), os três atributos citados são agrupados sob um atributo básico. Neste sentido, um indicador é entendido como um instrumento que ressalta mudanças que ocorrem em um determinado sistema estudado, em função da ação humana; padrão, como a meta ideal a ser alcançada; parâmetros ou descritores são assumidos como aqueles aspectos da realidade que são determinantes para que o padrão seja

atingido, devendo ser, portanto, monitorados. Para os descritores monitorados é que se deve buscar dados que possam refletir a realidade, através dos indicadores especialmente selecionados para cada pesquisa (MARZALL, 1999).

## RECORTE EMPÍRICO

A propriedade escolhida para realização do estudo de caso pertence à família Fernandes e enquadra-se nas características de estabelecimento agrícola familiar e de pequeno porte, e utiliza exclusivamente mão-de-obra própria. Localiza-se no Município de Ermo (SC), na bacia do rio Araranguá, onde atua uma cooperativa regional, com abrangência de atuação no extremo sul catarinense, possuindo uma linha de produção de arroz orgânico, disponibilizado no mercado com a marca Arroz Fazenda.

A família entrega toda a produção para a cooperativa, que beneficia e comercializa os produtos. Possui uma área de 15,5 ha próprios e 1,0 ha é arrendado de terceiros, sendo utilizada com: 9,66 ha de arroz irrigado (orgânico mais convencional), 2,3 ha de milho e 3,0 ha de pastagens. Na produção animal, a propriedade dedica-se à avicultura de corte, gado leiteiro e suinocultura para consumo familiar. A lavoura de milho é conduzida no sistema convencional de produção, assim como a criação de animais (aves, bovinos e suínos), o que mostra a diversidade de produção como característica da agricultura familiar.

A produção rizícola encontrando-se na quarta safra consecutiva sob manejo orgânico, com área de 4,36 ha na safra 2006/07 e de 5,16 ha nas safras 2003/04 a 2005/06. A área de arroz convencional é desenvolvida em gleba separada da propriedade sede. Na safra 2007/08, por equívocos de manejo da irrigação e preparo do solo e devido a condições familiares adversas, toda a lavoura de arroz retornou ao sistema de produção convencional. O sistema de produção de arroz orgânico foi conduzido sem o uso de agrotóxicos e adubos sintéticos. A fertilização da cultura foi realizada com esterco curtido de aves (cama de aviário) e aproveitamento de restos culturais da safra anterior. O preparo

esmerado do solo e o manejo contínuo da água de irrigação são os pontos básicos para obter sucesso na produção orgânica de arroz. As práticas fitotécnicas de manejo da cultura e de manejo da irrigação utilizadas na propriedade, descritas abaixo, seguiram as recomendações da EPAGRI (RAMOS et al., 1981; VOLTOLINI et al., 1998; PRANDO, 2002; KNOBLAUCH & EBERHARDT, 2003; NOLDIN et al., 2003; FERNANDES, 2004):

**Manejo na entressafra:** Incorporação da palhada da safra anterior no mês seguinte à colheita e limpeza dos drenos para facilitar a drenagem do excesso de água do solo. As taipas, beiras de estradas e áreas adjacentes foram periodicamente roçadas, para reduzir o potencial de criação de insetos-praga e a produção e dispersão de invasoras para dentro dos quadros de lavoura.

A adubação realizou-se 60 dias antes do plantio, com cama de aviário (esterco de aves com material de forração do piso do aviário), na dose de 7,5 toneladas por hectare, antecedendo a inundação dos tabuleiros, seguida de incorporação com enxada rotativa.

**Inundação e preparo do solo:** A irrigação por inundação da área ocorreu 30 dias antes da semeadura, para promover a autocalagem e controlar as plantas daninhas semi-aquáticas. Realizou-se o nivelamento da superfície do tabuleiro com o solo alagado, para permitir a condução da água de irrigação em toda a extensão do tabuleiro. O selamento ou formação de lama foi realizado com enxada rotativa, com lâmina de água reduzida, deixando surgir parte dos torrões (figura 1). A profundidade do preparo do solo foi de 10 a 15 cm e o trator trabalhou em baixa velocidade. O alisamento esmerado da superfície do solo é de fundamental importância, como mostra a figura 2, para permitir um bom manejo da água de irrigação e controle de invasoras. Com o solo nivelado, a altura da lâmina de água foi elevada para 10 a 12 cm, tendo permanecido em repouso por 2 a 3 dias, para permitir a deposição das partículas de solo suspensas, evitando que elas se acomodem sobre as sementes e dificultem a germinação.



Figura 1 - Preparo do solo da lavoura de arroz no sistema pré-germinado.

Foto: Neuza A. Fernandes, 2006.



Figura 2 - Visual da cancha, mostrando bom padrão de acabamento no preparo do solo

Foto: Autor, 2006

Semeadura e manejo cultural: A cultivar semeada foi Epagri 109, recomendada pela pesquisa oficial de Santa Catarina. As sementes passaram pelo processo de pré-germinação, até as plântulas atingirem de 1 a 2 mm. A semeadura foi manual, usando 200 kg de sementes por hectare. Nos primeiros dias após a semeadura, a lâmina de água de irrigação permaneceu com altura média de 10 cm, sem troca de água, com a realização do rebaixamento da altura da lâmina de água de 10 para 5 cm, 7 dias após a semeadura, para uniformizar a emergência das plântulas. Para suprir a necessidade de nitrogênio do arroz, realizou-se uma adubação de cobertura, aos 75 dias após a semeadura, drenando a lâmina de água e aplicando esterco de aviário, na dose de 1,5 toneladas por hectare, repondo água 7 a 10 dias depois da operação.

Comportamento de invasoras e insetos-praga: Foram realizadas inspeções diárias nas horas mais quentes, para monitorar a ocorrência de insetos-praga, com especial atenção ao ataque de bicheira-

da-raiz (*Oryzophagus oryzae*). Não houve ataque de bicheira-da-raiz e percevejo do colmo (*Tibraca limbativentris*) na safra 2006/07.

A invasora sagitária (*Sagittaria montevidensis*) terminou seu ciclo antes da planta de arroz, não causando perdas consideráveis. A infestação de capim-arroz (*Echinochloa* spp.) foi média a alta em algumas partes da lavoura em que a densidade de plantas ficou abaixo do padrão normal. Estima-se que esta invasora trouxe prejuízos ao rendimento do arroz.

Colheita: Foram tomados cuidados especiais na fase que antecedeu a colheita, pois desde o início da formação da panícula até a floração e frutificação o arroz precisa de irrigação constante.

O terreno destinado ao arroz possui textura argilosa e a supressão da irrigação ocorreu na plena floração e a quantidade de água nos tabuleiros da lavoura foi suficiente para completar o ciclo da planta. Apenas algumas canchas necessitaram da retirada final de água. A colheita dos grãos ocorreu quando atingiram 18 a 20% de umidade,

sendo esta operação realizada de forma mecânica.

## METODOLOGIA

### Características da pesquisa

Considerando os objetivos do presente trabalho optou-se por desenvolver uma pesquisa do tipo "estudo de caso", por sua característica empírica, assentada em trabalho de campo, embora não experimental e baseada em fontes de dados múltiplos, obtidos por diversos procedimentos (GIL, 1991; PONTE, 1994; YIN, 2007), permitindo descrever, interpretar e avaliar a realidade em estudo (PONTE, 1994). Quanto aos objetivos, esta pesquisa classifica-se como exploratória e descritiva. Exploratória porque proporciona maior percepção sobre o assunto, descreve e avalia o comportamento, define e classifica fatos e variáveis (CAMPOMAR, 1991; GIL, 1991), e envolve levantamento bibliográfico (GIL, 1991). A pesquisa também é descritiva porque visa aplicar teorias no diagnóstico da

realidade, estabelecendo as relações entre as variáveis (CAMPOMAR, 1991; GIL, 1991).

### **Metodologia de análise**

A metodologia MESMIS utilizada no presente trabalho (Marco para Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales Incorporando Indicadores de Sustentabilidad) busca traduzir os princípios gerais de sustentabilidade em definições operacionais e práticas e foi adotado como parte da Rede de Gestão de Recursos Naturais, e financiado pela Fundação Rockefeller. É produto de um projeto iniciado em 1995 por uma equipe multi-institucional no México, com o objetivo de desenvolver os instrumentos para avaliar a sustentabilidade de sistemas de recursos naturais, conduzido pelo GIRA, o Grupo Interdisciplinar de Tecnologia Rural Apropriada, uma ONG local, baseada no México Ocidental, no estado de Michoacán. A metodologia MESMIS foi aplicada para avaliar a sustentabilidade do agroecossistema arroz orgânico por utilizar o enfoque sistêmico e apresentar pressupostos de qualidades, tais como: avaliação multidimensional, permitir análise de diversos atributos de agroecossistemas, ser adaptável a diversas situações locais, permitir ação participativa do público envolvido, poder realizar comparações entre sistemas diversos ou com o próprio sistema no decorrer do tempo. A avaliação de sustentabilidade deve ser um instrumento para planejamento e redesenho de projetos agroecológicos ou de base ecológica. Um processo de avaliação deve ajudar na melhoria do perfil social e ambiental de um agroecossistema e efetivamente formular um plano de ação adequado e apontado para a evolução do sistema de gestão (LÓPEZ-RIDAURA et al., 2000).

Na estrutura MESMIS, a avaliação não é concebida como um processo linear, mas como uma espiral de sucessivas avaliações. As conclusões e recomendações obtidas formam o ponto de partida de um novo ciclo. Para Astier (2004), o marco MESMIS mostra-se útil para sistematizar experiências, discutir sobre fortalezas e debilidades dos sistemas. A aplicação do MESMIS foi orientada em direção ao

desenho e avaliação de inovações agroecológicas em escala local (propriedade e comunidade) pela maior parte no contexto de sistemas de gestão de recursos naturais de camponeses.

O MESMIS pode ser utilizado para avaliar o mesmo agroecossistema durante o transcorrer do tempo, procurando aperfeiçoá-lo com as observações e sugestões do grupo de interesse (modo longitudinal) ou para avaliar diversos sistemas de produção ou agroecossistemas, comparando-os e analisando os pontos fortes e debilidades de cada um, sob o ponto de vista da sustentabilidade, nas suas várias dimensões (modo transversal).

A utilização da MESMIS compreende o desenvolvimento das seguintes etapas: determinação do ambiente de estudo; determinação dos pontos críticos do sistema; seleção de indicadores estratégicos; medição e monitoramento de indicadores; apresentação e integração de resultados; e conclusão e recomendações. Para a avaliação continuada em anos subseqüentes, o produto da última etapa serve de ponto inicial para o reinício do novo ciclo. Neste trabalho, devido à necessidade de adequar a pesquisa ao período de duração do mestrado, a metodologia foi utilizada para avaliar o desempenho do agroecossistema durante dois ciclos de produção, contando com a participação direta ou indireta da família da propriedade em estudo nas etapas da metodologia empregada.

### **Desenvolvimento das etapas da MESMIS**

#### **Determinações dos pontos críticos do sistema**

A definição dos pontos críticos iniciou com a compilação de casos citados no levantamento bibliográfico, principalmente aqueles trabalhos relacionados com agricultura orgânica e que utilizaram a metodologia MESMIS. Após a listagem, passou-se a classificar os pontos críticos que poderiam ameaçar a sustentabilidade do sistema ou delinear características, associando com os atributos produtividade, estabilidade e resiliência, confiabilidade, equidade, autogestão e

adaptabilidade. A escolha final recaiu sobre dezenove indicadores, considerando a representatividade, importância ressaltada na bibliografia, disponibilidade de dados e mensurabilidade.

O atributo produtividade da cultura tem sido um ponto comum para avaliar os sistemas. Relaciona-se com um indicador fácil de medir e possibilita a utilização de dados de safras anteriores. Neste trabalho utiliza-se a média de quatro safras.

O tema água, no aspecto quantitativo, apresenta um ponto crítico bastante evidente nesta bacia hidrográfica, uma vez que o consumo de recursos hídricos para irrigação do arroz representa cerca de 90% das demandas locais. Igualmente, no aspecto qualitativo, a bacia do Araranguá se mostra com limites importantes devido a presença de agrotóxicos usados no cultivo de arroz irrigado.

#### **Seleção dos critérios de diagnóstico e dos indicadores**

Os indicadores foram escolhidos de modo semelhante à escolha dos pontos críticos, baseando-se em levantamento bibliográfico, disponibilidade de dados e mensurabilidade. Os critérios de diagnóstico foram definidos levando em conta a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) Nº 357/2005 (CONAMA, 2005). Para tanto os parâmetros de qualidade da água de irrigação foram analisados através de coleta de entrada e de saída da lavoura. Nota-se que alguns indicadores melhoram o desempenho ao passar pelo agroecossistema. Esta melhoria de desempenho do parâmetro considera-se positiva e será valorizada na avaliação de sustentabilidade. Quando os resultados se apresentam dentro dos parâmetros normativos, usa-se a técnica estatística do 3º quartil para considerar normais os valores que estão contidos dentro deste limite, que abrange 75% dos dados. Na avaliação dos indicadores econômicos, utilizam-se como parâmetros comparativos padrões construídos com informações do acompanhamento técnico e contábil de propriedades da bacia do rio Araranguá que se dedicam à produção convencional de arroz irrigado, compilados pela Epagri. A

produção orgânica precisa ter desempenho econômico satisfatório nestes indicadores, sob pena de não lograr sucesso entre os rizicultores. Na tabela 1 são agrupados os atributos, elementos, pontos críticos e indicadores selecionados, conforme descrito acima:

Tabela 1 - Atributos, elementos, pontos críticos e indicadores.

ATRIBUTO	ELEMENTO OU TEMA	PONTOS CRÍTICOS	INDICADORES
Produtividade (ambiental)	Solo	Baixa produtividade	Produtividade obtida/ha
	Água	Alto consumo de água	Consumo de água/ha
Estabilidade resiliência Confiabilidade (ambiental)	Água	Efeitos negativos sobre a qualidade da água	Características físicas da água de irrigação
			Características químicas da água de irrigação
			Características biológicas da água de irrigação
			Efeito do arroz orgânico sobre larvas de <i>Aedes albopictus</i>
			Efeito do arroz orgânico sobre o índice de germinação de alface
			Efeito do arroz orgânico sobre <i>Daphnia magna</i>
			Efeito do arroz orgânico sobre a mutagenicidade em peixes
Resíduos de agrotóxicos na água de irrigação			
Estabilidade resiliência Confiabilidade (econômico)	Manejo do arroz orgânico	Alta instabilidade na produção	Variação na produtividade
Produtividade (econômico)	Solo	Baixo retorno econômico	Relação Margem Bruta/ha (MB/ha)
Equidade (econômico)	Desempenho do sistema	Baixa taxa de retorno	Relação benefício/custo
Autodependência (econômico)	Manejo do arroz orgânico	Alta dependência de insumos externos	Porcentagem de dependência de insumos externos
Estabilidade resiliência Confiabilidade (social)	Manejo do arroz orgânico	Baixa aceitação do sistema	Grau de satisfação com arroz orgânico
	Ambiente interno e externo	Baixa percepção familiar sobre importância do arroz orgânico para a saúde (conceito amplo)	Grau de percepção da família sobre vantagens do arroz orgânico para a saúde (produtor, consumidor, ambiente)
Equidade (social)	Recursos do sistema	Baixa remuneração da mão-de-obra familiar	Remuneração da mão-de-obra familiar
Adaptabilidade (social)	Manejo do arroz orgânico	Baixa adaptabilidade do arroz orgânico ao ambiente da propriedade	Grau de adaptação do sistema arroz orgânico ao manejo da família
Autogestão (social)	Manejo do arroz orgânico	Baixo domínio familiar do sistema de produção arroz orgânico	Grau de conhecimento da família sobre o sistema arroz orgânico

## Medição e monitoramento dos indicadores

### Fontes de dados:

Os indicadores determinados neste trabalho baseiam-se em dados oriundos dos seguintes dados:

a) Safra 2006/07: os dados de bioindicadores são oriundos dos testes realizados pelo Laboratório de Toxicologia Ambiental/ENS/UFSC (COSTA, 2007), compreendendo a avaliação da água de irrigação do arroz orgânico, através de testes de toxicidade aguda com larvas de *Aedes albopictus*, germinação de sementes de alface (*Lactuca sativa* L.), microcrustáceo *Daphnia magna* e avaliação de mutagenicidade em eritrócitos de *Geophagus brasilienses* (acará), coletados em valos de drenagem da área de cultivo de arroz. Os materiais analisados em laboratório foram coletados e interpretados pelos autores da pesquisa. Foram ainda considerados os dados de análises de características físicas, químicas e biológicas da água de irrigação realizadas no Laboratório da Epagri-Urussanga, e dados de análise de resíduos de agrotóxicos na água de irrigação realizada no Laboratório da Epagri-Itajaí.

b) Safra 2007/08: realizou-se apenas o teste de avaliação de mutagenicidade. Na unidade de pesquisa foram criados peixes em cativeiro na cancha de arroz orgânico para os testes em laboratório (LABTOX/ENS/UFSC). Nesta safra, também foram coletados os dados de mutagenicidade em peixes criados em outras unidades produtoras de arroz irrigado orgânico e também arroz convencional (com uso de agroquímicos): propriedades localizadas nos municípios de Ermo, Nova Veneza e Araranguá.

c) Safras de 2003/04 a 2006/07: dados de lavoura da família Fernandes analisados mediante o software CONTAGRI/EPAGRI. Utilizaram-se ainda os dados de análise econômica de outras propriedades com arroz irrigado convencional, localizadas nos municípios de Turvo e Meleiro, próximos de Ermo/SC. As médias destas propriedades foram consideradas neste trabalho como "referências médias regionais". As informações referem-se às mesmas safras acompanhadas no caso de estudo e foram gentilmente fornecidas pela Epagri (PELLEGRIN, 2008).

d) Os dados de consumo hídrico monitorados na propriedade da família Fernandes: sistema de produção orgânico (safra 2006/07) e sistema convencional (safra

2007-2008). Também foram utilizados dados monitorados na propriedade Aguiar (Araranguá), na safra 2007/08 para determinar o consumo hídrico no arroz com manejo da irrigação convencional. O manejo convencional da irrigação se caracteriza por duas ou mais trocas de água das canchas e preparo do solo com lâmina de água média ou alta.

### Critérios de valoração dos indicadores

Apresentam-se de maneira sucinta os procedimentos e referências usadas para calcular os valores dos indicadores, com o ponto de corte mínimo e máximo e o estabelecimento de intervalos de notas a serem aplicados aos resultados encontrados no presente estudo.

### Dimensão ambiental:

a) Produtividade obtida no arroz orgânico

A produtividade média obtida foi calculada pela média aritmética das produtividades das safras 2003/04, 2004/05, 2005/06 e 2006/07, na propriedade de estudo (tabela 2).

Tabela 2 - Média regional - arroz convencional - municípios de Turvo e Meleiro

INDICADORES	SAFRAS				MÉDIA 4 SAFRAS
	2003/04	2004/05	2005/06	2006/07	
Produtividade (kg/ha)	7.448,5	7.794	8.050	7.750	<b>7.760,6</b>

Para criar o conjunto de parâmetros, possibilitando estabelecer a nota para o desempenho deste indicador, considerou-se como ponto máximo (nota 10) a média regional de quatro safras acompanhadas pelo Projeto de Socioeconomia da Epagri, que apresentou resultado de 7.760,6 kg/ha. A média geral para o município de Turvo, safra 2007/08 foi de 7.500 kg/ha, situando-se entre as maiores para o sul do estado (a média estadual é de 6.690 kg/ha). O ponto mínimo (nota 0) foi considerado como sendo a produtividade suficiente para ressarcir os

custos variáveis (CV) de produção do arroz orgânico, somando-se a remuneração da mão-de-obra familiar. Para este caso, a produtividade que delimita o ponto de corte é de 3.435 kg/ha (ou 44,31% da média regional do sistema convencional). As produtividades intermediárias receberão notas proporcionais dentro da escala de 0 a 10.

b) Consumo de água pelo arroz irrigado orgânico (m<sup>3</sup>/ha):

O limite máximo de consumo hídrico foi estabelecido com base em medida do consumo de uma propriedade

localizada em Araranguá/SC, próxima da Rodovia BR-101, que retira água do Rio Araranguá por bombeamento. Este usuário utiliza o sistema convencional de manejo da irrigação no arroz, com mais de uma troca de água por ciclo da cultura. O consumo foi de 18.556 m<sup>3</sup>/ha, o maior entre as informações obtidas de outros trabalhos, equivalente à nota 0. Como limite inferior (nota 10) considerou-se o consumo hídrico de 8.955,7 m<sup>3</sup>/ha, menor consumo hídrico total identificado na literatura para esta região, como mostra a tabela 3 (EBERHARDT, 1994).



Tabela 3 - Parâmetros estabelecidos para o consumo hídrico (m<sup>3</sup>/ha)

Consumo hídrico total (m <sup>3</sup> /ha)	Nota	Consumo hídrico total (m <sup>3</sup> /ha)	Nota
8.955,7	10	14.715,9	4
9.915,7	9	15.675,9	3
10.875,8	8	16.635,9	2
11.835,8	7	17.596,0	1
12.795,8	6	18.556,0	0
13.755,8	5		

c) Variação das características físicas, químicas e biológicas da água de irrigação do arroz orgânico

Para facilitar o ordenamento dos resultados destas análises, foi utilizado o procedimento estatístico do quartil, que é particularmente útil para dados não simétricos. A mediana (ou percentil 50) é definida como o valor que divide ao meio os dados ordenados. Os quartis inferior e superior, Q1 e Q3, são definidos como os valores abaixo dos quais estão um quarto e três quartos dos valores, respectivamente (RIBEIRO JR., 2008), e assumem a seguinte simbologia:

Q0: valor mínimo;

Q1: primeiro quartil (25% dos valores);

Q2: valor médio, que divide os dados em duas metades, é a mediana;

Q3: terceiro quartil (abrange 75% dos valores);

Q4: valor máximo da série de dados.

Esta técnica estatística será utilizada nas situações em que a distribuição dos resultados está dentro dos limites da legislação, principalmente para o resultado das amostras da água da saída da lavoura. Considera-se resultado fora do limite aquele que está acima do 3º quartil, ou seja, fora dos primeiros 75% dos valores da série. É uma forma de valorizar os resultados que permanecem dentro de ¾ dos valores, eliminando resultados esporádicos que, se utilizados no cálculo da média, exerceriam

grande influência no valor final.

#### Parâmetros normativos:

a) A Portaria nº 024/79 da Secretaria Estadual de planejamento e Coordenação Geral, que classifica os cursos d'água do Estado de Santa Catarina em classes de uso, enquadra a Sanga das Águas Brancas na classe 2, cujo manancial fornece água para irrigação da unidade do estudo de caso (unidade da pesquisa, Ermo/SC).

b) Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), de nº 357/2005, que estabelece parâmetros para cursos d'água de classe 2 (tabela 4).

Tabela 4 - Parâmetros extraídos das referências legais: físico, químico e biológico

Parâmetros	Limite Máximo
1 – Classe do curso d'água utilizado para abastecimento da lavoura pesquisada (Córrego Águas Brancas)	Classe 2
2 – Amônia (mg/L de NH <sub>3</sub> )	3 mg/L de N
3 – Nitrato (mg/L de N)	10 mg/L
4 - Nitrito (mg/L de N)	1 mg/L
5 – Coliformes fecais (NMP/100ml)	1.000
6 – Fosfato – Orto (mg/L – P)	0,03
7 – Oxigênio Dissolvido (OD) em mg/L	> 5,0
8 – pH (logarítmico)	6,0 a 9,0
9 – Turbidez (NTU)	100

A avaliação dos resultados da análise de água da saída da lavoura é o referencial para estabelecer notas, baseada nos seguintes critérios:

a) Quando os valores das análises da água de irrigação na saída da lavoura estão melhores que na entrada, considera-

se como resultado positivo (não reduz nota do indicador);

b) Quando todos os valores das análises estão dentro dos níveis estabelecidos pelo CONAMA, considera-se normal os resultados situados abaixo do 3º quartil (75% dos valores), de acordo com

técnica estatística descrita anteriormente. Concomitantemente, observa-se se ocorre valor na saída de água da lavoura superior ao valor da água de entrada. Exemplo: se existe um valor de saída pior que da água de entrada e um valor acima do 3º quartil, considera-se os dois resultados como fora

do padrão.

### Bioindicadores

#### Efeito da água do Arroz Orgânico sobre larvas de *Aedes albopictus*:

Para a mortalidade de larvas de pernilongos da espécie *Aedes albopictus* criados em laboratório da UFSC em água coletada na lavoura de arroz orgânico, na fase larval, usa-se a nota 0 para mortalidade 100% e nota 10 para 0%. Os índices intermediários recebem notas proporcionais. Exemplo: Mortalidade de 60% recebe nota 4.

#### Efeito da água de irrigação do arroz orgânico sobre a porcentagem de germinação e crescimento inicial de semente de alface (*Lactuca sativa*):

Alguns produtos, principalmente herbicidas, podem trazer redução do crescimento das plântulas de alface, uma espécie muito sensível a estes agroquímicos. Como no teste a germinação e crescimento de sementes de alface foram normais (não houve efeito negativo), considera-se nota 10.

#### Efeito da água de irrigação sobre imobilidade de *Daphnia magna*:

Este teste sobre a imobilidade de *Daphnia magna* (teste 48 horas) é amplamente utilizado em avaliações, por se tratar de uma espécie muito sensível a produtos tóxicos. O ponto de corte inferior escolhido foi de 50% de mortalidade/imobilidade (>50% = nota 0), por representar um parâmetro utilizado nos testes de toxicidade (DL 50), ou seja, dose letal para 50% da população em teste. Para 0% de mortalidade/imobilidade atribui-se a nota 10 e os valores intermediários recebem notas proporcionais (tabela 5).

Tabela 5 - Parâmetros estabelecidos para mortalidade/imobilidade de *Daphnia magna*

Mortalidade/imobilidade	Nota	Mortalidade/imobilidade	Nota
>50%	10	20,1 a 25%	4
45,1 a 50%	9	15,1 a 20%	3
40,1 a 45%	8	10,1 a 15%	2
35,1 a 40%	7	5,1 a 10%	1
30,1 a 35%	6	0 a 5%	0
25,1 a 30%	5		

#### Efeito da água de irrigação sobre micronucleação em peixes:

Este indicador reflete o efeito da água de irrigação do arroz sobre a micronucleação de hemácias do sangue de peixes. Foram coletados peixes criados na unidade estudada, em lavoura conduzida no sistema orgânico (safra 2006/07) e sistema convencional (safra 2007/08), conduzidas nos municípios de Ermo. O teste verifica os possíveis efeitos mutagênicos de resíduos agroquímicos presentes na água de irrigação. De acordo com parâmetros da metodologia (CARVALHO PINTO-SILVA, 2005), de 0 a 3 células micronucleadas/2.000 células analisadas é considerado um resultado normal, sendo atribuída a nota 10. Acima de 3 células micronucleadas/2.000 analisadas, atribui-se a nota 0. Ainda não há definição de níveis intermediários para alterações por micronucleação: dispõe-se apenas de resultado normal (0 a 3) ou

alterado (acima de 3).

#### Resíduos de agrotóxicos na água de irrigação do arroz orgânico, safra 2006/07 (Ermo/SC):

O objetivo das análises de água de irrigação do arroz orgânico é verificar se o insumo é adequado às normas brasileiras para produção orgânica (Lei Nº. 10.831), já que o manancial utilizado é de origem externa à propriedade. Como não é permitido uso de agrotóxicos na produção de arroz orgânico, adota-se apenas duas classes de notas:

Água sem resíduos de agrotóxicos (pelo método cromatográfico) ..... nota 10

Água com resíduos de agrotóxicos (qualquer teor) ..... nota 0

#### Dimensão econômica

Utilizar-se-á de parâmetros médios

de propriedades produtoras de arroz irrigado no sistema convencional de produção, das mesmas safras agrícolas acompanhadas pela contabilidade agrícola na unidade deste estudo de caso (ver tabela 6). O "software" utilizado para os cálculos foi o CONTAGRI, desenvolvido pela Epagri/SC, com uso já consagrado nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, tanto por serviços públicos como pela iniciativa privada. Estes resultados servem apenas de parâmetros para definição de faixas de cada indicador e respectivas notas por desempenho. Os rizicultores observam atentamente alguns destes parâmetros, como renda bruta e margem bruta/ha, quando estão analisando outros sistemas alternativos de produção de arroz irrigado, pois são indicadores de grande relevância na atividade agrícola.

Tabela 6 - Médias regionais de propriedades agrícolas com arroz irrigado convencional pré-germinado, acompanhadas pela EPAGRI (Contabilidade Agrícola). Fonte: Pellegrin, 2008.

INDICADORES	SAFRAS				MÉDIA 4 SAFRAS
	2003/04	2004/05	2005/06	2006/07	
Preço médio de venda (R\$/kg)	0,63	0,397	0,391	0,435	<b>0,463</b>
Renda Bruta (RB/ha)	4.684,04	3.114,44	3.164,00	3.297,00	<b>3.564,87</b>
Custos Variáveis (C.V./ha)	1.214,67	1.346,02	1.147,00	1.263,00	<b>1.242,67</b>
Margem Bruta (MB/ha)	3.469,38	1.768,42	2.031,00	2.034,00	<b>2.325,70</b>
Margem Bruta/ha/UTH	1.667,97	987,94	1.482,48	1.816,07	<b>1.488,62</b>
Recursos externos (desembolso/ha)	2.170,88	1.680,46	1.235,00	1.263,00	<b>1.587,34</b>
Produtividade necessária para cobrir C.V.+ mão-de-obra familiar (kg/ha)	3.447	4.233	3.155,5	2.903,5	<b>3.435</b>
% produtividade média para cobrir C.V. + mão-de-obra	46,28	54,31	39,20	37,46	<b>44,31</b>
Maior variação negativa da média regional da produtividade	- 4,02%	+ 0,43%	+ 3,73%	- 0,14%	<b>- 4,02%</b>
Unidades Trabalho Homem (UTH) dedicadas ao arroz	2,08	1,79	1,37	1,12	<b>1,59</b>

#### Varição da produtividade do arroz irrigado

Um dos pontos de vulnerabilidade do agroecossistema arroz orgânico encontra-se na instabilidade da produção. Este indicador tem grande relevância para a segurança de renda da família. Nota-se

que o percentual de variação da produtividade na lavoura convencional foi de 4,02%, considerado baixo. Este valor ficou estabelecido como ponto de corte mínimo, recebendo a nota 10. Se esta variação atinge o índice de 50%, estabelece o limite máximo, pois acima deste valor (> 50%) a receita

bruta da lavoura não consegue remunerar o custo variável mais a mão-de-obra familiar empregada na produção do arroz orgânico. Para este índice atribui-se a nota 0 (tabela 7).

Tabela 7 - Parâmetros estabelecidos para variação da produtividade.

Porcentual de variação	Nota	Porcentual de variação	Nota
? 4,02%	10	? 34,67%	4
? 9,12%	9	? 39,78%	3
? 14,24%	8	? 44,89%	2
? 19,35%	7	? 50,00%	1
? 24,46%	6	> 50,00%	0
? 29,56%	5		

#### Grau de dependência de insumos externos à propriedade

Para definir o padrão deste

indicador considera-se que a meta ideal de independência de recursos externos à propriedade é aquela em que o custo variável (CV) atingirá o valor mínimo possível

quando se dispõe do máximo possível de insumos/recursos próprios (dados fornecidos pela família Fernandes - tabela 8)

Tabela 8 - Itens do custo de produção do arroz orgânico

Item de custo	Valor de mercado (R\$)
a) Adubos (esterco, casca de arroz carbonizada, resíduos orgânicos)	R\$ 130,48
b) Semente própria	R\$ 183,10
c) Água para irrigação (açude/reservatório)	R\$ 30,02
d) Colheitadeira própria	R\$ 321,90
Total hipoteticamente evitável de desembolso	R\$ 665,50

Para um gasto médio de R\$ 872,86 de custos variáveis (CV), o arroz orgânico na propriedade em estudo da família Fernandes poderia gastar apenas R\$ 207,36/ha (CV), adquirindo aquilo que necessariamente depende do comércio (insumo/recuso externo) a exemplo de combustíveis, insumos industrializados permitidos (ex. sulfato de cobre). No outro extremo, tem-se o custo variável médio

regional, de R\$ 1.242,67. Esta média não inclui o pagamento de colheita por terceiros. Ocorrendo este desembolso, chega-se a um custo variável de R\$ 1.552,27/ha para o sistema convencional (PELLEGRIN, 2008) e permitiu o estabelecimento dos parâmetros da tabela 9. Cálculo:

Média produtividade regional = 7.760,6 kg/ha  
Pagamento de colheita = 10% do

produto (776 kg/ha x R\$ 0,463/kg) = 359,60  
Desconto de despesa incluída no CV (combustível, lubrificante, oficina) = 50,00

Valor de acréscimo ao CV por pagamento de colheita = R\$ 309,60

Custo variável máximo hipotético médio regional = R\$ 1.552,27

Tabela 9 - Parâmetros estabelecidos para desembolso com custos variáveis

Desembolso em custos variáveis/ha (CV/ha)	Nota	Desembolso em custos variáveis/ha (CV/ha)	Nota
207,36	10	1.014,31	4
341,85	9	1.148,80	3
476,34	8	1.283,29	2
610,83	7	1.417,78	1
745,32	6	1.552,27	0
879,82	5		

#### Margem Bruta/ha

Para cobrir os Custos Variáveis (CV) do arroz orgânico são necessários, no

mínimo, 55% do valor da margem bruta regional (R\$ 2.325,70). Este foi o ponto de corte inferior definido para estabelecer a nota 0. Se a margem bruta do arroz orgânico

atingir 100% ou mais da média regional do arroz convencional, será atribuída a nota 10 (tabela 10).

Tabela 10 - Parâmetros definidos para produtividade do arroz orgânico/convencional. Fonte: Autor.

Porcentagem da média regional (MB/ha)	Nota	Porcentagem da média regional (MB/ha)	Nota
? 100%	10	70%	4
95%	9	65%	3
90%	8	60%	2
85%	7	55%	1
80%	6	< 55%	0
75%	5		

## Relação benefício/custo

Utiliza-se como "benefício" a margem bruta/ha do arroz orgânico e, como "custo", o custo variável/ha (CV/ha). Considerando-se a renda bruta média/ha do arroz orgânico, propriedade de Neuza A.

Fernandes, de R\$ 3.219,47 e o CV mínimo ideal de R\$ 207,36, obtêm-se o índice (B/C) =  $3.219,47/207,36 = 14,5$ , tido como ideal para este caso (nota 10). Na hipótese da família contratar a mão-de-obra (1,0 UTH) por seis meses/safra, período de maior exigência de trabalho no arroz, o CV/ha

chegaria a R\$ 2.708,86, tendo por base o salário mínimo médio 2003/2007 de R\$ 306,00 (IOB, 2008). Nesta hipótese, o menor índice B/C será de 0,19 (nota 0). Os valores intermediários de margem bruta (MB) recebem notas proporcionais (tabela 11).

Tabela 11 - Relação Benefício/Custo e critérios de avaliação. Fonte: Autor.

Margem bruta (MB)	Custo Variável (CV)	Benefício/Custo (MB/CV)	Nota
3.012,11	207,36	14,53	10
2.761,96	457,51	6,04	9
2.511,81	707,66	3,55	8
2.261,66	957,81	2,36	7
2.011,51	1.207,96	1,67	6
1.761,36	1.458,11	1,21	5
1.511,21	1.708,26	0,88	4
1.261,06	1.958,41	0,64	3
1.010,91	2.208,56	0,46	2
760,76	2.458,71	0,31	1
510,61	2.708,86	0,19	0

## Dimensão social

Os critérios que foram adotados na

dimensão social pelo pesquisador (tabela 12), seguem sugestão de Matos Filho (2004), em que se utiliza uma escala de cinco níveis

das variáveis de cada indicador.

Tabela 12 - Critérios para valoração dos indicadores sociais. Fonte: Adaptado de Matos Filho, 2004.

Desempenho ou situação	Nota
Crítico	2
Sofrível	4
Regular	6
Bom	8
Ótimo	10

As notas foram estabelecidas com base em entrevista aplicada aos membros da família Fernandes, com interpretação baseada nas respostas relacionadas com cada indicador (ver anexo I).

Para o indicador "remuneração da

mão-de-obra familiar", considerou-se como meta ideal a possibilidade de que 25% dos Custos Variáveis (CV) sejam obtidos fora da propriedade, valor equivalente a R\$ 207,36 (ver indicador dependência de insumos externos). Para este caso, a margem bruta/

ha do arroz orgânico será MB/ha (R\$) = (renda bruta - CV), ou  $R\$ 3.219,47 - 207,36 = R\$ 3.012,11$ . Na tabela 13 são apresentados todos os intervalos e notas para remuneração da mão-de-obra.

Tabela 13 - Parâmetros estabelecidos para remuneração da mão-de-obra

Remuneração da mão-de-obra: MB/ha/UTH	Nota	Remuneração da mão-de-obra: MB/ha/UTH	Nota
R\$ 3.012,11	10	R\$ 1.728,56	4
R\$ 2.584,26	8	R\$ 1.300,71	2
R\$ 2.156,41	6	R\$ 872,86	0

O ponto de corte inferior foi de R\$ 872,86, pois nesta situação a margem bruta será nula. Se estes parâmetros forem aplicados à média regional da remuneração da mão-de-obra/ha/UTH (R\$ 1.462,70) a nota será 2,25.

Para o indicador "aptidão do sistema de produção arroz orgânico", deve-se determinar se o cultivo é apto para aquele lugar e, portanto, se é sustentável ecologicamente. Para Camino e Müller (1993), deve-se submeter à prova a aptidão de um sistema de cultivo em um determinado lugar (no caso, a propriedade da família Fernandes). Tal indicador da

dimensão social avalia a adaptabilidade do sistema de manejo arroz orgânico também às características da família. Entende-se que uma família pode operacionalizar com sucesso este manejo, enquanto outras não o conseguem implementar satisfatoriamente. Parte-se do princípio que as características familiares fazem parte das condições ambientais da propriedade, já que para Daget & Godron (1976) apud Camino & Müller (1993), em um determinado momento, é o conjunto de agentes físicos, químicos, biológicos e fatores sociais que poderão influenciar, de maneira direta ou indireta, de imediato ou a prazo, os seres

vivos e as atividades humanas. De acordo com a interpretação das respostas dos familiares, concedidas na entrevista, foram estabelecidos: níveis de satisfação da família com o sistema arroz orgânico, grau de conhecimento sobre o sistema de produção de arroz orgânico e o grau de adaptação do agroecossistema ao manejo praticado pela família.

O resumo de todos os parâmetros, indicadores e variáveis aplicados neste estudo é apresentado na tabela 14, que estão organizados por dimensão de sustentabilidade, atributos e elementos avaliados.

Tabela 14 - Dimensão, Atributos, Elementos sob análise, Indicadores, Variáveis, modo de cálculo (Dimensão ambiental)

DIMENSÃO	ATRIBUTO	ELEMENTO OU TEMA	INDICADOR	VARIÁVEIS E FORMA DE CÁLCULO DA NOTA
Ecológica ou Ambiental	Produtividade	Solo	Produtividade obtida / ha	Porcentagem da produtividade média regional = 155,21 sc/ha (100%)..... nota 10 Ponto de corte = 68,70 sc/ha (44,31%) = nota 0
		Água	Consumo de água (m³ / ha)	Consumo excessivo (?18.556 m³/ha) = nota 0 Consumo médio (13.755,8 m³/ha) . = nota 5 Consumo reduzido (?8.955,7 m³/ha) = nota 10
Estabilidade Resiliência Confiabilidade	Água	Varição das características físicas da água de irrigação	Varição das características físicas da água de irrigação	Comparação com padrão legal e 3º quartil.
		Varição das características químicas da água de irrigação	Varição das características químicas da água de irrigação	Comparação com padrão legal e 3º quartil.
		Varição das características biológicas da água de irrigação	Varição das características biológicas da água de irrigação	Comparação com padrão legal e 3º quartil.
		Efeito do arroz orgânico sobre o bioindicador pernilongo <i>Aedes albopictus</i>	Efeito do arroz orgânico sobre o bioindicador pernilongo <i>Aedes albopictus</i>	Mortalidade 0% ..... nota 10 Mortalidade 100% ..... nota 0
		Efeito do arroz orgânico sobre o bioindicador alface	Efeito do arroz orgânico sobre o bioindicador alface	Sem interferência negativa ..... nota 10
		Efeito do arroz orgânico sobre o bioindicador <i>Daphnia magna</i>	Efeito do arroz orgânico sobre o bioindicador <i>Daphnia magna</i>	Mortalidade de 0 a 5% ..... nota 10 Mortalidade >50% (DL50) ..... nota 0
		Efeito do arroz orgânico sobre micronucleação (MN) de células de peixe	Efeito do arroz orgânico sobre micronucleação (MN) de células de peixe	MN normal (0 a 3 / 2.000 células) .. nota 10 MN acima de 3 células/2.000 ..... nota 0
		Resíduos de agrotóxicos na água de irrigação	Resíduos de agrotóxicos na água de irrigação	Sem resíduos detectáveis ..... nota 10 Com resíduos detectáveis .....nota 0

Cont. Tabela 14 - Dimensão, Atributos, Elementos sob análise, Indicadores, Variáveis, modo de cálculo (Dimensão econômica)

DIMENSÃO	ATRIBUTO	ELEMENTO OU TEMA	INDICADOR	VARIÁVEIS E FORMA DE CÁLCULO DA NOTA
Econômica	Estabilidade Resiliência Confiabilidade	Manejo do Arroz Orgânico	Variação da produtividade	Variação até -4,02% (média regional)= nota 10 Variação neg.> 50% da média regional= nota 0
		Autodependência	Manejo do Arroz Orgânico	Dependência de recursos externos
	Produtividade	Solo	Relação Margem Bruta/ha (MB/ha)	MB/ha A.O. ? média regional = nota 10 MB/ha A.O. < 55% da média regional = nota 0
	Eqüidade	Desempenho: agroecossistema Arroz Orgânico	Relação benefício/custo	Relação Benefício/Custo = Margem Bruta/ CV Índice 14,5 ..... nota 10 Índice 0,19 ..... nota 0
Social	Eqüidade	Recursos do sistema	Remuneração da mão-de-obra familiar (MB/ha/UTH)	Ótimo (R\$ 3012,11) .....nota 10 Crítico (R\$ 872,86) ..... nota 0
	Estabilidade Resiliência Confiabilidade	Manejo do Arroz Orgânico	Satisfação da família com arroz orgânico (A.O.)	Ótimo ..... nota 10 Regular ..... nota 6 Crítico ..... nota 2
			Eqüidade	Ambiente interno e externo
	Autogestão	Manejo do Arroz Orgânico	Grau de conhecimento da família sobre sistema A.O.	Ótimo ..... nota 10 Regular ..... nota 6 Crítico ..... nota 2
	Adaptabilidade	Manejo do Arroz Orgânico	Grau de adaptação do sistema A.O. ao manejo praticado pela família	Ótimo ..... nota 10 Regular ..... nota 6 Crítico ..... nota 2

A tabela 15 apresenta, de maneira sintética, o desempenho de cada indicador e a tabela 16 resume o desempenho do agroecossistema nas três dimensões avaliadas.

Tabela 15 - Dimensões da sustentabilidade e desempenho de cada Indicador

DIMENSÃO	INDICADOR	NOTA
<b>Ecológica ou Ambiental</b>	Produtividade obtida / ha	<b>5,99</b>
	Consumo de água (m <sup>3</sup> / ha)	<b>6,03</b>
	Características físicas da água de irrigação	<b>9,00</b>
	Características químicas da água de irrigação	<b>8,00</b>
	Características biológicas da água de irrigação	<b>8,00</b>
	Efeito do arroz orgânico sobre larvas de <i>Aedes albopictus</i>	<b>10,00</b>
	Efeito do arroz orgânico sobre germinação de alfaca	<b>10,00</b>
	Efeito do arroz orgânico sobre <i>Daphnia magna</i>	<b>10,00</b>
	Efeito do arroz orgânico sobre micronucleação (MN) de células de peixe	<b>10,00</b>
	Resíduos de agrotóxicos na água de irrigação	<b>10,00</b>
<b>Econômica</b>	Variação da produtividade	<b>2,89</b>
	Dependência de recursos externos	<b>5,05</b>
	Relação Margem Bruta/ha (MB/ha)	<b>9,97</b>
	Relação benefício/custo	<b>7,53</b>
<b>Social</b>	Remuneração da mão-de-obra familiar (MB/ha/UTH)	<b>6,89</b>
	Satisfação da família com arroz orgânico	<b>4,00</b>
	Grau de percepção da família sobre vantagens do Arroz Orgânico para saúde (produtor, consumidor e ambiente)	<b>6,00</b>
	Grau de conhecimento da família sobre sistema Arroz Orgânico	<b>2,00</b>
	Grau de adaptação do sistema Arroz Orgânico ao manejo da família	<b>4,00</b>

\* UTH : unidade de trabalho homem (equivalente a um trabalhador adulto).

Tabela 16 - Resumo das notas por dimensão da sustentabilidade

DIMENSÃO	NOTA MÉDIA
Ecológica ou Ambiental	8,70
Econômica	6,36
Social	4,58

## RESULTADOS e DISCUSSÃO

### Dimensão ambiental

Considerando os critérios estabelecidos na metodologia, na dimensão ambiental os indicadores selecionados mostram um bom desempenho do agroecossistema avaliado. Embora a produtividade média tenha sido significativamente menor no confronto com o padrão, o indicador da dimensão econômica margem bruta foi similar, uma vez que o custo variável também foi menor. Os indicadores relacionados à água representam o ponto mais forte do sistema. O volume de água usado para irrigação, embora possa ser reduzido sem prejuízos de produtividade, é função da prática de irrigação denominada regionalmente "manejo contínuo", com apenas uma troca de água durante o ciclo da cultura. A prudência na utilização do recurso água facilita o seu uso múltiplo, de acordo com o caráter da Lei 9.433/97. Na avaliação de lideranças dos irrigantes da bacia do Araranguá, 15 a 20% dos agricultores ainda gastam volumes excessivos no processo de irrigação do arroz. Enquanto neste estudo de caso mediu-se consumo total de 12.765 m<sup>3</sup>/ha de lavoura, outra unidade acompanhada gastou mais de 18.500 m<sup>3</sup>/ha. O consumo hídrico total de 8.955 m<sup>3</sup>/ha, utilizado como ótimo (nota 10) nesta avaliação, possibilita estimar que a faixa de 9.000 a 13.000 m<sup>3</sup>/ha representa uma meta viável para o gasto deste recurso no desenvolvimento da rizicultura, como mostraram pesquisas já realizadas (EBERHARDT, 1994; FERNANDES, 2004). Considerando o consumo hídrico dos rizicultores "mais gastadores" da bacia de

18.000 m<sup>3</sup>/ha, sua redução para 12.000 m<sup>3</sup>/ha implica numa economia de água suficiente para garantir o abastecimento para consumo humano de toda a população residente na bacia do Araranguá por 2,4 anos.

Os resultados dos testes com bioindicadores mostraram que o sistema orgânico contribui para a melhoria da qualidade dos recursos hídricos e a água utilizada na irrigação não mostrou restrição à produção de arroz orgânico. As análises de resíduos de agrotóxicos confirmaram o cumprimento das exigências legais estabelecidas pelo órgão competente brasileiro - Ministério da Agricultura e Produção Agropecuária - Brasil (BRASIL, 2008). Pesquisas realizadas por Deschamps et al. (2003) mostraram a presença de resíduos de agrotóxicos usados no arroz irrigado convencional na bacia do Rio Araranguá, denotando a importância do manejo orgânico para o seu futuro plano de gestão.

O teste de micronucleação em peixes demonstrou o potencial mutagênico dos agroquímicos usados na produção do arroz convencional. Esta metodologia, segundo Costa (2007), reflete o potencial mutagênico que determinados agentes químicos e físicos exercem sobre o processo de multiplicação celular. Pesquisa importante foi desenvolvida por Costa et al. (2006) em Portugal. Eles afirmam que o uso comum de pesticidas na agricultura representa uma ameaça não só ao ambiente, mas também ao ser humano (às populações que a eles se expuserem). Muitos desses compostos são capazes de induzir mutações no DNA e levar a várias doenças, inclusive câncer. Ambiente de trabalho, uso de equipamentos de proteção

individual (EPI), tempo de exposição e as condições de exposição são descritos na literatura como os fatores capazes de afetar níveis de danos citogenéticos.

A avaliação físico-química é a mais tradicional para ecossistemas aquáticos. A concentração de fosfato é um indicador do estado trófico de um ecossistema aquático (entrada de nutrientes no ecossistema), daí a importância na determinação de seus valores. Dentre os gases dissolvidos na água, o oxigênio (O<sub>2</sub>) é um dos mais importantes na dinâmica e caracterização de ecossistemas aquáticos (SILVEIRA, 2004). Os parâmetros físicos, químicos e biológicos da água de irrigação do arroz orgânico com nota 8,33, indicaram que o recurso já chegou à lavoura fora dos padrões da Resolução Nº 357/05 do CONAMA, na maioria dos índices. Os resultados das análises de amostras coletadas na entrada, região intermediária e saída da lavoura demonstrou, para a situação em estudo, uma tendência de normalidade. Em outras palavras, embora não atenda aos padrões do CONAMA, comparando a qualidade integral da água na entrada com a saída da lavoura houve uma leve melhoria nos indicadores. Esta tendência confirma dados de Macedo et al. (2005) e Mattos et al. (2005), de que o agroecossistema arroz irrigado pode promover recuperação de alguns aspectos da qualidade hídrica se o manejo for adequado.

A nota média de 8,70 para a dimensão ambiental (figura 3), para os critérios avaliados, indica que o grau de sustentabilidade para o agroecossistema analisado se aproxima da situação ideal (valor 10).



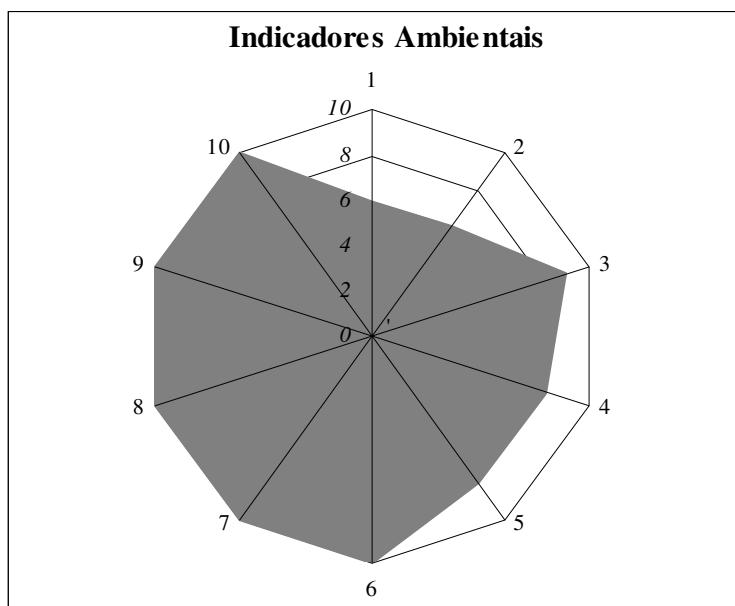


Figura 3 - Radial dos Indicadores Ambientais

Legenda: 1. Produtividade/ha; 2. Consumo água/ha; 3. Características físicas água; 4. Características químicas água; 5. Características biológicas água; 6. Bioindicadores Pernilongo; 7. Bioindicador Alfazema; 8. Bioindicador microclúculo (MN); 9. Bioindicador Daphnia magna; 10. Agrotóxicos na água.

### Dimensão econômica

A instabilidade da produtividade, o ponto mais vulnerável na dimensão econômica (nota 2,89), reflexo de deficiências analisadas na dimensão social, não teve grande repercussão no indicador margem bruta/ha. Este índice do arroz orgânico mostrou-se bem próximo da média regional do arroz convencional, beneficiado pelo adicional de preço (20%) e pelo menor custo variável. A margem bruta, considerada

na administração rural um dos principais critérios de desempenho de um agroecossistema (SOLDATELLI et al.,1993), representa a fatia do valor da produção (renda bruta) que ficou no caixa da propriedade para remunerar a mão-de-obra familiar e os outros custos fixos.

A relação benefício/custo espelhada pelo índice margem bruta/custo variável (nota 7,53) corrobora com a boa nota do indicador anteriormente analisado, ainda que a escala padrão estabelecida para

o menor custo variável tenha sido rigorosa. Nota-se um grau de dependência de insumos e serviços externos à propriedade pouco acima de 50% do padrão estabelecido na metodologia.

O desempenho da avaliação na dimensão econômica (figura 4) teve uma nota média de 6,36, considerada satisfatória, entretanto salienta-se que a margem bruta por hectare praticamente atingiu o nível máximo para esta dimensão.

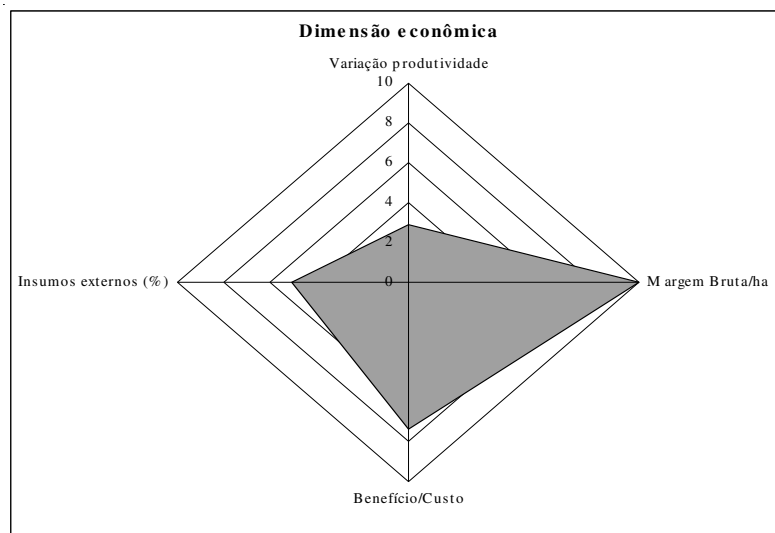


Figura 4 - Radial dos Indicadores Econômicos

## Dimensão social

Deficiências no manejo da lavoura, principalmente no preparo do solo e manejo da irrigação ficam claras na avaliação do grau de conhecimento da família sobre o manejo do arroz orgânico e no baixo grau de adaptação do sistema a este manejo praticado pela família. O retorno ao sistema convencional na safra 2007/08 mostrou estas dificuldades. Ocorrendo preponderantemente por questões

operacionais. Entretanto, cabe destacar que a produção de arroz orgânico não tem encontrado dificuldades de manejo por outras famílias, de acordo com informações colhidas junto à cooperativa agropecuária que incentiva a produção de arroz orgânico. Identifica-se também a percepção da família sobre as vantagens da produção orgânica de arroz para a saúde tanto do produtor como do consumidor. O indicador que recebeu melhor avaliação na dimensão social, remuneração da mão-de-obra familiar (nota

6,89) reflete o bom nível da margem bruta obtida, apesar da grande variação da produtividade nos quatro anos de produção no sistema orgânico. O desempenho médio da dimensão social (figura 5) foi o menor das três dimensões analisadas neste trabalho (nota 4,58) e o setor mais vulnerável para a sustentabilidade do agroecossistema nesta propriedade, sendo os indicadores saúde e remuneração de mão de obra familiar os que mostraram o melhor desempenho.

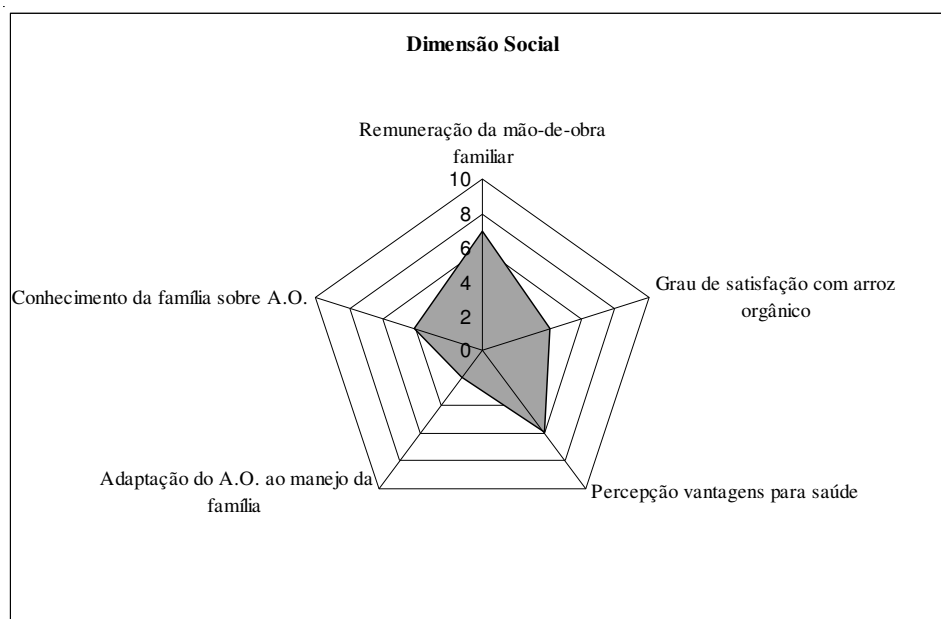


Figura 5 - Radial dos Indicadores Sociais. Legenda: A.O. : Arroz Orgânico

## Discussão geral sobre sustentabilidade do agroecossistema

Em artigo que analisa a transição do arroz convencional para o arroz orgânico, conduzida por agricultores pobres da ilha filipina de Bohol, Carpenter (2003) verifica que o conceito ecológico e moral de troca entre sociedade e ambiente, do endógeno versus exógeno, a compreensão sistêmica e o alcance das mudanças sofreram significativas modificações. Elas ocorreram tanto em práticas de gestão da produção como também na prosperidade sócio-econômica proporcionadas pela transição do arroz convencional para o orgânico. Na agricultura orgânica observou-se a gestão ecológica de pragas, doenças e invasoras de

forma adequada às suas circunstâncias. Embora as condições sócio-econômicas da família aqui pesquisada (Ermo - SC), comparada com as condições dos agricultores filipinos sejam, presumivelmente, bastante distintas, nota-se nas respostas da entrevista com a família uma expectativa de resultados à curto prazo. Este comportamento, sob o ponto de vista dos autores deste trabalho, é plenamente justificável, pois a maioria das famílias utiliza o sistema convencional de produção com produtividade mais estável e rendimentos econômicos altos. As boas condições sócio-econômicas da região produtora de arroz irrigado na bacia do Araranguá chamam a atenção das pessoas que a visitam pela primeira vez. Este contexto regional exerce

forte pressão sobre os produtores orgânicos. Só permanecem na produção de arroz orgânico aquelas famílias que se adaptaram bem ao sistema de manejo e as exigências deste agroecossistema. Estes aspectos ficaram claros na análise das respostas da entrevista aplicada (anexo 1). Na dúvida sobre a expectativa de produção, a família retornou à produção convencional, que lhe sugere mais segurança econômica e estabilidade de renda, já que a cultura do arroz irrigado responde por 35,5% da receita bruta anual. A análise do desempenho global na figura 6 permite visualizar de maneira integrada as três dimensões da avaliação da sustentabilidade do agroecossistema.

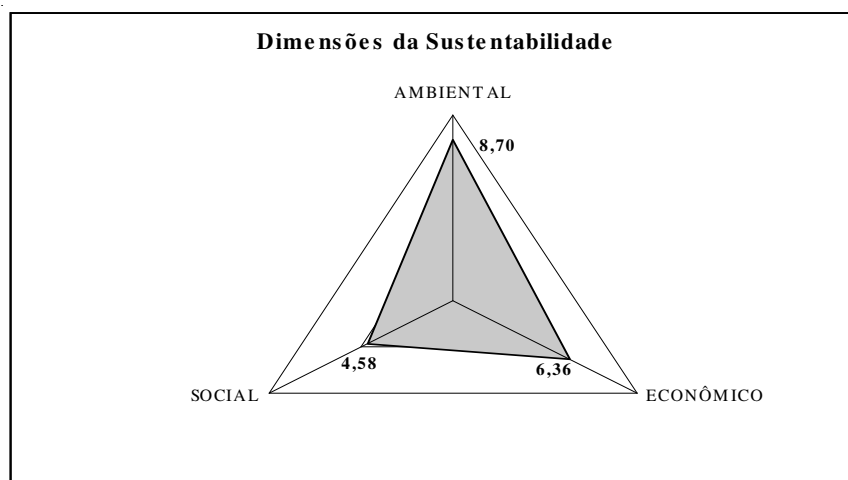


Figura 6 - Radial do desempenho integrado das dimensões da sustentabilidade (varia de 0 a 10)

O resumo da análise referente aos atributos mostra que nos cinco atributos da sustentabilidade avaliados nas três dimensões, os piores desempenhos foram alcançados para autodependência/autogestão e adaptabilidade, com notas abaixo de 5. Para estas notas contribuíram indicadores relacionados ao manejo do sistema ou adaptabilidade deste sistema às características do manejo da mão-de-obra familiar, aspectos já evidenciados anteriormente.

O melhor desempenho foi alcançado pelo atributo produtividade, nos temas água e solo (nota 7,33), com participação preponderante do indicador

margem bruta/ha.

O atributo eqüidade, com desempenho 7,21, obteve a segunda melhor nota, com a contribuição dos indicadores benefício/custo e remuneração da mão-de-obra familiar. A alta margem bruta/ha foi o indicador que indiretamente favoreceu este desempenho satisfatório, uma vez que a dimensão econômica, em média, registrou nota 6,32.

Finalmente, tem-se o desempenho 5,60 para o atributo estabilidade/resiliência/confiabilidade, com os indicadores de manejo exercendo papel preponderante na redução da nota média. Claramente se verifica estar neste tema

(manejo) o fator fundamental de insustentabilidade e que acabou levando a família a decidir pelo retorno à produção convencional de arroz irrigado.

Avaliando-se o desempenho dos temas (tabela 17), a água conseguiu uma média de 7,77, tornando-se um ponto positivo no agroecossistema. Esta análise reforça a conclusão da pesquisa que é plenamente viável economizar recursos hídricos na atividade arroseira. Também ficou evidente que o desempenho fraco de alguns indicadores não foi ocasionado por escassez de água, e sim por deficiências no manejo geral da cultura, cuja nota média foi de 3,59.

Tabela 17 - Avaliação de desempenho dos atributos da sustentabilidade

TEMA	ATRIBUTOS				
	Produtividade	Estabilidade Resiliência Confiabilidade	Autodependência Autogestão	Eqüidade	Adaptabilidade
Ambiental: •Água •Solo	6,03 5,99	9,50			
Econômico: •Manejo •Solo •Desempenho	9,97	2,89	5,05	7,53	
Social: •Manejo •Ambiente (interno e externo) •Recursos (mão- de-obra)		4,00 6,00	2,00	6,89	4,00
<b>MÉDIA</b>	<b>7,33</b>	<b>5,60</b>	<b>3,53</b>	<b>7,21</b>	<b>4,00</b>

O resultado desta pesquisa permite inferir a importância da avaliação do agroecossistema como um todo, onde as partes avaliadas (atributos) estão interligadas e interagem entre si. Quando se interfere neste sistema para corrigir um aspecto, podem ocorrer repercussões em outros atributos (ALTIERI & NICHOLLS, 2008). Para exemplificar a afirmação destes pesquisadores, cita-se o elemento manejo do sistema arroz orgânico. Interferindo-se positivamente neste aspecto, vários outros atributos serão beneficiados, como estabilidade na produtividade (confiabilidade), melhor autogestão, com reflexo na margem bruta.

A interdependência que opera no conjunto das dimensões da sustentabilidade mostra a dificuldade da análise e interpretação da realidade complexa. Apesar disso, a metodologia MESMIS permite identificar as limitações e potencialidades do agroecossistema, em suas distintas dimensões, a exemplo do manejo da produção orgânica que necessita ser aperfeiçoado pela assistência técnica e extensão rural junto aos agricultores.

## CONCLUSÕES

### Quanto à dimensão ambiental

A sustentabilidade ambiental se aproximou do patamar considerado ideal, com destaque para o excelente desempenho dos bioindicadores utilizados.

No aspecto qualitativo, a água de irrigação mostrou-se adequada para a produção orgânica. Os testes da água bruta coletada na lavoura, não apresentaram toxicidade aguda para os reativos biológicos *Daphnia magna*, larvas de *Aedes albopictus*, semente de alface e peixes (micronucleação de hemácias). O uso do bioindicador peixe, com análise de mutagenicidade mostrou-se bastante sensível e adequado para avaliação dos efeitos de produtos agroquímicos em ambientes aquáticos, em situações que possibilite mantê-los em cativeiro.

Dentre os aspectos físico-químicos da água de irrigação destaca-se o efeito benéfico do agroecossistema sobre os parâmetros turbidez, oxigênio dissolvido, teor de fósforo e coliformes fecais.

No aspecto quantitativo, o manejo contínuo possibilita expressiva redução no consumo de água quando comparado ao manejo convencional da irrigação, ratificando resultados de outras pesquisas.

### Quanto à dimensão econômica

O desempenho na dimensão econômica foi satisfatório. A margem bruta por hectare praticamente atingiu o nível máximo para esta dimensão. A sustentabilidade econômica atende parcialmente a normativa brasileira, que tem como objetivo da produção orgânica obter "a sustentabilidade econômica e ecológica" das comunidades rurais. A margem bruta/ha mostrou-se um indicador fundamental para analisar a eficiência econômica do agroecossistema.

### Quanto à dimensão social

Os indicadores da dimensão social apresentaram o pior desempenho, especialmente quanto ao grau de conhecimento e satisfação da família sobre este sistema. Falhas na condução do manejo da irrigação influenciaram a variabilidade na produtividade da cultura no período estudado. Pode-se inferir que a falta de capacitação e assistência técnica influenciaram os indicadores. Destacam-se nesta dimensão os indicadores de saúde e remuneração da mão de obra familiar.

Identifica-se que a motivação inicial da família para o cultivo orgânico foi vinculada à questões ligadas à saúde de seus membros. Por outro lado, a desmotivação para sua continuidade revela-se por duas questões principais: a primeira pode ser atribuída a falta de conhecimento sobre o sistema de cultivo e a segunda, a pouca possibilidade de um retorno econômico à curto prazo. Outro fator a considerar é o aspecto diferente apresentado pelo cultivo orgânico em relação ao sistema convencional, no sentido de aparentar uma falta de limpeza devido à presença de plantas concorrentes. Esta característica visual da lavoura causa certo constrangimento social: o produtor orgânico sente-se diferente em relação a seus vizinhos (produtores convencionais)

pois, em alguma medida, seria como se não conduzisse de forma adequada sua lavoura.

### Quanto aos atributos

Nos cinco atributos da sustentabilidade avaliados nas três dimensões os piores desempenhos foram alcançados para autodependência/autogestão e adaptabilidade. Para estes contribuíram os indicadores relacionados à adoção do sistema de manejo da cultura pela família.

O melhor desempenho foi alcançado pelo atributo produtividade nos temas água e solo para o qual foi preponderante o indicador margem bruta/ha. O atributo equidade apresentou o segundo melhor desempenho, para o qual foi decisiva a contribuição dos indicadores benefício/custo e remuneração da mão-de-obra familiar. Quanto ao conjunto de atributos estabilidade-resiliência-confiabilidade, os indicadores de manejo influenciaram negativamente no seu desempenho.

Os atributos da metodologia de avaliação produtividade e equidade alcançaram maior nível de sustentabilidade do agroecossistema.

### Quanto à metodologia MESMIS

Mostrou efetividade para a avaliação da sustentabilidade do agroecossistema; é bastante flexível e permitiu explorar aspectos específicos da realidade local e regional.

## RECOMENDAÇÕES

Gliessman (2005) reitera que pesquisadores e produtores precisam trabalhar para estabelecer um sistema de referências que permita medir e quantificar a sustentabilidade. O monitoramento deverá determinar a que distância o sistema avaliado se encontra da sustentabilidade, aspectos menos sustentáveis, de que forma está sendo minada e como este sistema pode se mover na direção do funcionamento sustentável.

A tabela 17 apresenta o resumo do desempenho em cada atributo de

sustentabilidade, chamando-se a atenção para a análise das linhas com valoração para o tema manejo (valor médio de 3,59), que influenciou negativamente o desempenho do agroecossistema estudado e pode ser corrigido nesta propriedade e em outras com a capacitação dos agricultores para utilizarem sistematicamente as tecnologias de modo mais eficaz. Em outras palavras, a família não se empoderou dos conhecimentos de modo suficiente para torná-la uma tecnologia social de inclusão no processo de desenvolvimento sustentável da propriedade estudada. A expansão deste agroecossistema na bacia do Araranguá também não ocorreu na medida das expectativas da cooperativa de produtores rurais que incentiva a produção orgânica de arroz, por não satisfazer, em diferentes graus, os três preceitos básicos para que o sistema seja enquadrado como tecnologia social: simplicidade, viabilidade e efetividade. Este agroecossistema precisa de apoio com a criação de uma comunidade de aprendizagem, envolvendo todos os setores da cadeia produtiva do arroz orgânico, para que possa obter o grau de disseminação suficiente para influir, de maneira significativa, nas estratégias de governança da água, com a participação dos membros desta comunidade nas organizações sociais, conselhos municipais e comitê de bacia, construindo instrumentos operacionais nas políticas públicas que incentivem iniciativas desta natureza em prol do desenvolvimento local sustentável.

A Cooperativa, em conjunto com a Extensão Rural, deve criar um plano de capacitação contínua dos agricultores produtores de arroz orgânico, com intensa troca de experiências e com o uso sistemático da metodologia MESMIS, tanto no modo transversal (comparando algumas propriedades durante o mesmo ciclo de produção) e no modo longitudinal, acompanhando os agroecossistemas no transcorrer dos anos/safras. A operacionalização deste plano daria condições, às famílias envolvidas, de maior conhecimento e aplicação das técnicas que permitiriam condução das lavouras de maneira mais eficaz, melhorando e estabilizando a produtividade e

incorporando inovações a cada ciclo. Conseqüentemente, os indicadores sociais e de produtividade correlacionados alcançariam melhores desempenhos, aumentando a sustentabilidade dos agroecossistemas participantes do grupo de trabalho. Este plano pode ser bem aplicado se a cooperativa criar um setor específico para trabalhar com arroz orgânico, com normas claras e apoio institucional, com apoio e parceria da Epagri, facilitando a pesquisa e a atualização tecnológica deste sistema de produção e a incorporação rápida de novos conhecimentos. O domínio dos procedimentos de manejo da cultura e da irrigação no agroecossistema arroz orgânico ainda está pouco difundido entre os agricultores. Recomenda-se a organização de curso específico sobre as tecnologias de produção do arroz orgânico, em associação com entidades públicas e privadas, principalmente cooperativas e associações de irrigantes, e incentivar a troca de experiências entre agricultores adotantes do sistema para ajudar a melhorar o conhecimento das alternativas tecnológicas disponíveis, envolvendo excursões a outras regiões produtoras. Outras técnicas de produção podem motivar a adoção da produção orgânica, a exemplo da criação concomitante de aves na mesma área do arroz, a exemplo de marrecos de Pequim, já testados em outros países e outras regiões rizícolas do Estado de Santa Catarina e do país. Estas aves criadas durante ou após o ciclo do arroz é alternativa que precisa ser mais discutida e testada, tendo boas chances de facilitar o convívio da produção orgânica de arroz com invasoras e insetos-praga.

Com base nos estudos realizados, indica-se o uso de bioindicadores como medida complementar nas avaliações de recursos hídricos objeto de uso agrícola. Vale ressaltar a importância de realização de testes utilizando organismos de representação da cadeia trófica no monitoramento de áreas expostas a agroquímicos.

Sugere-se concentrar esforços em ações que tenha como meta reduzir o consumo hídrico do arroz irrigado, pois isso não afetaria a produtividade potencial da cultura, desde que as tecnologias sejam bem

dominadas pelos rizicultores.

Finalmente, sugere-se ao comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Araranguá o incentivo à realização de novos estudos que avaliem aspectos de qualidade e quantidade de água utilizada na rizicultura, assim como estudos que analisem a possibilidade de aplicação de incentivos (financeiro, tributário etc.) à produção orgânica de arroz irrigado.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALTIERI, M. A. Agroecology: a new research and development paradigm for world agriculture. **Agricultural Ecosystems Environmental**, v. 27, p. 37-46, 1989. Elsevier Science Publishers B.V. Disponível em: <<http://agroeco.org>>. Acesso em: 08 de maio de 2007.

ALTIERI, M. A. ¿Por que estudiar la agricultura tradicional? **Agroecología e Desarrollo**, n. 1, Mar. 1991. Disponível em: <<http://www.clades.cl/revistas/1/rev1art2.htm>>. Acesso em 08 de maio de 2007.

ALTIERI, M. A. & NICHOLLS, C. I. **Sistema agroecológico rápido de evaluación de calidad de suelo y salud de cultivos en el agroecossistema de café**. Disponível em: <<http://www.agroeco.org/doc/SistAgroEvalSuelo2.htm>>. Acesso em: 13 de fevereiro de 2008.

ASTIER, M., 2004. La evaluación de la sustentabilidad en los sistemas de manejo: el Proyecto MESMIS. In: Congresso Brasileiro de Agroecologia, 1. Seminário Internacional sobre Agroecologia e V Seminário Estadual de Agroecologia, 4. 2003. Porto Alegre, RS. **Anais...** . Emater/RS-Ascar, Porto Alegre; Embrapa Clima Temperado, Pelotas, pp. 234-240.

**BRASIL**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Agricultura orgânica - legislação. Disponível em: <[www.agricultura.gov.br](http://www.agricultura.gov.br)>. Acessado em: 14 de maio de 2008.

BRIQUEL, V. et al., 2001. La méthode IDEA (indicateurs de durabilité des exploitations

agricoles) : une démarche pédagogique. Disponível em: <<http://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/46/45/08/PDF/GR2001-PUB00008977.pdf>>. Acesso em 27 de março de 2008.

CABEZAS, H.; PAWLOWSKI, C. W.; MAYER, A. L.; HOAGLAND, N. T. Sustainability: ecological, social, economic, technological, and systems perspectives. **Clean Techn Environ Policy**, v. 5, p. 167-180, 2003. Disponível em: <<http://www.springerlink.com/index/6PT3VEPPY4E56FH1.pdf>>. Acesso em: 23 de novembro de 2007.

CAMINO, R. de; MULLER, S. **Sostenibilidad de la agricultura y los recursos naturales**: bases para establecer indicadores. San José, C.R.: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura/Proyecto IICA/GTZ, 1993. 134 p. (Série Documentos de Programas/IICA, n. 38).

CAMPOMAR, M. C., 1991. Do uso de "estudo de caso" em pesquisa para dissertações e teses em Administração. **Revista de Administração da USP**, São Paulo, 26 (3): 95-97.

CAPORAL, F. R. & COSTABEBER, J. A. **Agroecologia: enfoque científico e estratégico para apoiar o desenvolvimento rural sustentável**. Porto Alegre: EMATER/RS-ASCAR, 2002.

CARPENTER, D., 2003. An investigation into the transition from technological to ecological rice farming among resource poor farmers from the Philippine island of Bohol. In: **Agriculture & Human Values**. v. 20. n. 2. p. 165-176. Disponível em: <<http://www.springerlink.com/content/k2132037837044r7/>>. Acesso em: 22 de março de 2008.

CARVALHO PINTO-SILVA, C. R. **Incidência de Fitoplancton Tóxico na Costa Catarinense**: Impacto na Saúde Pública e no Meio Ambiente. 2005. 168 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Ambiental, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

CONAMA, 2005. Conselho Nacional do Meio Ambiente. MMA - Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA Nº 357 de 17 de março de 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em: 15 de janeiro de 2008.

COSTA, C.; TEIXEIRA, J. P.; SILVA, S.; ROMA-TORRES, J., COELHO, P.; GASPAS, J.; ALVES, M.; LAFFON, B.; RUEFF, J.; MAYAN, O., 2006. Cytogenetic and molecular biomonitoring of a Portuguese population exposed to pesticides. **Mutagenesis**. v. 21. n. 5. p. 343-350. Disponível em: <<http://mutage.oxfordjournals.org/cgi/reprint/21/5/343>>. Acesso em: 01 de junho de 2008.

COSTA, C. H., 2007. **Avaliação da Toxicidade e Mutagenicidade da Água da Bacia do Rio Araranguá Sobre Diferentes Níveis Tróficos**. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil.

DESCHAMPS, F. C.; NOLDIN, J. A.; EBERHARDT, D. S.; HERMES, L. C.; KNOBLAUCH, R., 2003. Resíduos de agroquímicos em água nas áreas de arroz irrigado em Santa Catarina. In: Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 3.; Reunião da Cultura de Arroz Irrigado, 25.; Balneário Camboriú, SC. **Anais...** EPAGRI, Itajaí, Brasil, pp. 683-686.

EBERHARDT, D. S., 1994. Consumo de água em lavoura de arroz irrigado sob diversos métodos de preparo do solo. **Revista Agropecuária Catarinense**, v. 7, n. 1, março de 1994. EPAGRI, Florianópolis, Brasil, pp. 51-53.

FAO, 1993. **FESLM**: An international framework for evaluating sustainable land management. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/t1079e/t1079e00.HTM>>. Acesso em 27 de março de 2008.

FERNANDES, V. S., 2004. Manejo de água contínuo no cultivo de arroz irrigado no sistema pré-germinado. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil.

GIL, A. C., 1991. **Como elaborar projetos de pesquisa**. Atlas, São Paulo, Brasil, 3ª. ed., 159 pp.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia**: processos ecológicos em agricultura sustentável. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2005. 653 p.

GLIESSMAN, S.R., ROSADO-MAY, F.J., GUADARRAMA-ZUGASTI, C., JEDLICKA, J., COHN, A., MENDEZ, V.E., COHEN, R., TRUJILLO, L., BACON, C., JAFFE, R. Agroecología: promoviendo una transición hacia la sostenibilidad. **Ecosistemas**, n. 1, 2007. Disponível em: <[http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=459&Id\\_Categoria=1&tipo=portada](http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=459&Id_Categoria=1&tipo=portada)>. Acesso em: 05 de setembro de 2007.

Imbach, A. C., E. Dudley, N. Ortiz, and H. Sanchez 1997. Participatory and Reflexive Analytical Mapping (PRAM). IUCN. 55 p.

IOB. **Tabela de Salário Mínimo**. Disponível em: <<http://www.orgstarita.com.br/salario.htm>>. Acesso em: 08 de julho de 2008.

KNOBLAUCH, R.; EBERHARDT, D. S., 2003. Cama de aviário na fertilização do arroz irrigado em sistema pré-germinado. In: Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 3.; Reunião da Cultura de Arroz Irrigado, 25.; Balneário Camboriú, SC. **Anais...** EPAGRI, Itajaí, Brasil, pp. 300-302.

LÓPEZ-RIDAURA, S.; MASERA, O.; ASTIER, M., 2000. Evaluating the sustainability of integrated peasantry systems: The MESMIS Framework. **Ileia Newsletter**. Dec. 2000. Disponível em: <[www.metafro.be/leisa/2000/164-28-30.pdf](http://www.metafro.be/leisa/2000/164-28-30.pdf)>. Acesso em: 25 de novembro de 2007.

MACEDO, V. R. M.; MARCOLIN, E.; GENRO JUNIOR, S., 2005. Monitoramento da água de irrigação e de drenagem na Estação Experimental do Arroz em Cachoeirinha (RS). In: IV Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado e XXVI Reunião da Cultura do Arroz Irrigado, Santa Maria - RS, 09 a 12 de agosto de 2005. **Anais...** Editora Orium, Santa Maria, Brasil, 2v. pp. 535-537.

MARQUES, J. F.; SKOPURA, L. A.; FERRAZ, J.

M. G. (ed.). **Indicadores de sustentabilidade em Agroecossistemas**. Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente, 2003. 281 p.

MARTINS, S. R. Estratégia para a construção do ideário da sustentabilidade agrícola. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, v. 1, n. 2, Abr/Jun, 2000. Disponível em: <<http://www.emater.tche.br/docs/agroeco/revista/n2/13-artigo3.htm>>. Acesso em: 20 de junho de 2008.

MARZALL, K. **Indicadores de sustentabilidade para agroecossistemas**. 1999. 130 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Agronomia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1999.

MATOS FILHO, A. M. **Agricultura orgânica sob a perspectiva da sustentabilidade: uma análise da Região de Florianópolis - SC, Brasil**. 2004. 131 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2004.

MATTOS, M. L. T.; SCIVITTARO, W. B.; PETRINI, J. A.; SANTOS, I. M. B. dos., 2005. Perda de sólidos totais e nutrientes na água de lavoura de arroz irrigado cultivado no sistema pré-germinado. In: Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 4.; Reunião da Cultura do Arroz Irrigado, 26. 2005. Santa Maria - RS. **Anais...** Editora Orium, Santa Maria, Brasil, 2v. pp. 555-557.

NOLDIN, J. A. et al., 2003. **Algumas recomendações para a produção de arroz irrigado com baixo impacto ambiental**. EPAGRI, Florianópolis, Brasil, 22 pp.

OECD, 1993. **OECD core set of indicators for environmental performance reviews**. Environmental Monographs, N° 83. Disponível em: < <http://www.fao.org/ag/againfo/programmes/pt/lead/toolbox/Refer/gd93179.pdf>>. Acesso em 27 de março de 2008.

PELLEGRIN, L. C., 2008. **Projeto de Administração Rural e Socioeconomia**. Gerência Regional de Criciúma. EPAGRI, Criciúma, Brasil. (Comunicação pessoal).

PONTE, J. P. 1994. O estudo de caso na investigação em educação matemática. **Quadrante**, 3 (1): 3-18.

PRANDO, H. F., 2002. Manejo de pragas em arroz irrigado. In: EPAGRI. **Arroz irrigado: sistema pré-germinado**. Florianópolis, Brasil, pp. 175-201.

PRETTY, J. **Agroecological approaches to Agricultural Development**, 2006. Disponível em: <[www.rimisp.org/getdoc.php?docid=6440](http://www.rimisp.org/getdoc.php?docid=6440)>. Acesso em 23 de outubro de 2008.

RAMOS, M. G. et al. **Manual de produção de arroz irrigado**. Florianópolis, SC: EMPASC/ACARESC, 1981. 225 pp.

RIBEIRO JR., P. J. **Estatística descritiva**. Disponível em: <[http://leg.ufpr.br/~paulo\\_jus/CE003/ce003/node2.html#SECTION00234000000000000000](http://leg.ufpr.br/~paulo_jus/CE003/ce003/node2.html#SECTION00234000000000000000)>. Acesso em: 09 de agosto de 2008.

SACHS, I. Desenvolvimento sustentável - desafio do século XXI. **Ambiente & Sociedade**, v. 7, n. 2, jul./dez, 2004. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/>>. Acesso em 28 de outubro de 2007. (Resenha ao livro de José Eli da Veiga. Rio de Janeiro, Garamond, 2005, 200 p).

SANTA CATARINA, 2006. Secretaria de Estado da Agricultura e Desenvolvimento Rural. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Sustentável. **Estudos dos instrumentos de gestão de recursos hídricos para o Estado de Santa Catarina e apoio para sua implementação**: Relatório Final. Síntese dos estudos desenvolvidos. Florianópolis, Brasil. (Programa de Recuperação Ambiental e de Apoio ao Pequeno Produtor Rural/PRAPEM/Microbacias 2).

SARANDÓN, S. J. La agricultura como actividad transformadora del ambiente. El impacto de la agricultura intensiva de la Revolución Verde. In: **Agroecologia: el camino hacia una agricultura sustentable**. La Plata: S. J. Sarandón (Editor), Ediciones Científicas Americanas, 2002. Cap. 20: 393-414.

SILVEIRA, M. P., 2004. **Aplicação do biomonitoramento para avaliação da qualidade da água em rios**. Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, Brasil, 68 p. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 36). Disponível em: <<http://www.cnpma.embrapa.br/public/conta.php3?flag=23>>. Acesso em: 06 de fevereiro de 2008.

SOLDATELLI, D.; HOLZ, É.; TREVISAN, I.; ECHEVERRIA, L. C. R.; SANTOS, O. V. dos; NADAL, R. de; PINHEIRO, S. L. G., 1993. Glossário de termos de administração rural. In: II Seminário de Administração Rural, Concórdia, SC. **Anais...** EPAGRI, Florianópolis, Brasil, pp. 75-105.

VOLTOLINI, J. et al., 1998. **Curso profissionalizante de arroz irrigado: informações técnicas; módulo básico**. EPAGRI/GTZ, Florianópolis, Brasil, 107 pp. (EPAGRI. Boletim didático, 22).

YIN, R. K. **Case Study Research: design and methods**. Tradução e síntese: Prof. Ricardo Lopes Pinto, adaptação: Prof. Gilberto de Andrade Martins. Disponível em: <<http://www.eac.fea.usp.br/metodologia/estudocaso.asp>>. Acesso em: 25 de abril de 2007.