

Documentos _____online

ISSN 1518-6512

Janeiro, 2016

156

Bases Teóricas para Definição de Indicadores de Sustentabilidade para Cultivo de Trigo no Brasil



ISSN 1518-6512

Janeiro, 2016

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Trigo
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Documentos _____online **156**

Bases Teóricas para Definição de Indicadores de Sustentabilidade para Cultivo de Trigo no Brasil

*Genei Antonio Dalmago
Evandro Zanini Righi
Katia Regina Evaristo de Jesus
Gilberto Rocca da Cunha
Anderson Santi*

Embrapa Trigo
Passo Fundo, RS
2016

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Capa: *Fátima Maria De Marchi*

Embrapa Trigo

Rodovia BR 285, km 294

Caixa Postal 3081

Telefone: (54) 3316-5800

Fax: (54) 3316-5802

99050-970 Passo Fundo, RS

www.embrapa.br

<https://www.embrapa.br/fale-conosco>

Diagramação eletrônica: *Fátima Maria De Marchi*

Foto capa: *Genei Antonio Dalmago*

Normalização bibliográfica: *Maria Regina Martins*

1ª edição

Versão on-line (2016)

Unidade responsável pelo conteúdo e edição:

Embrapa Trigo

Comitê de Publicações

Presidente: *Mercedes Concórdia Carrão-Panizzi*

Vice-Presidente: *Leila Maria Costamilan*

Membros: *Anderson Santi, Genei Antonio Dalmago, Paulo Roberto Valle da Silva Pereira, Sandra Maria Mansur Scagliusi, Tammy Aparecida Manabe Kiihl, Vladirene Macedo Vieira*

Todos os direitos reservados.

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

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Trigo

Dalmago, Genei Antonio.

Bases teóricas para definição de indicadores de sustentabilidade para cultivo de trigo no Brasil. / Genei Antonio Dalmago, Evandro Zanini Righi, Katia Regina Evaristo de Jesus, Gilberto Rocca da Cunha, Anderson Santi. – Passo Fundo : Embrapa Trigo, 2016.

PDF (37 p.). – (Documentos online / Embrapa Trigo, ISSN 1518-6512 ; 156)

1. Trigo – Brasil – Indicadores de sustentabilidade. I. Righi, Evandro Zanini. II. Jesus, Katia Regina Evaristo de. III. Cunha, Gilberto Rocca da. IV. Santi, Anderson. V. Título. VI. Série.

CDD: 633.11081

© Embrapa, 2016

Autores

Anderson Santi

Engenheiro-agrônomo, M.Sc. em Agronomia, pesquisador da Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS.

Evandro Zanini Righi

Engenheiro-agrônomo, Dr. em Agronomia/Física do Ambiente Agrícola, Professor da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Santa Maria, RS.

Genei Antonio Dalmago

Engenheiro-agrônomo, Dr. em Fitotecnia/Agrometeorologia, pesquisador da Embrapa Trigo, Bolsista PQ CNPq, Passo Fundo, RS.

Gilberto Rocca da Cunha

Engenheiro-agrônomo, Dr. em Fitotecnia/Agrometeorologia, pesquisador da Embrapa Trigo, Bolsista DT CNPq Passo Fundo, RS.

Katia Regina Evaristo de Jesus

Bióloga, Dra. em Biotecnologia, Pesquisadora da Embrapa Meio Ambiente, Bolsista DT CNPq, Jaguariúna, SP.

Apresentação

O futuro da triticultura brasileira depende de que, pela via da inovação tecnológica, sejam vencidos alguns entraves que ainda limitam a produção competitiva e sustentável desse cereal no País. A busca de solução para esse tipo de problema está prevista na nova missão institucional da Embrapa - Viabilizar soluções de pesquisa, desenvolvimento e inovação para a sustentabilidade da agricultura, em benefício da sociedade brasileira -, em cujo escopo, no tocante ao **Trigo**, em especial, e aos demais cultivos graníferos, de clima temperado (cevada, triticale e canola, por exemplo), a competência é da Embrapa Trigo.

Em tempos de economia verde, de preocupação com a mudança do clima global, em meio a conflitos de interesse e discussões exacerbadas, envolvendo equidade e justiça social, o vocábulo **sustentabilidade** adquiriu relevância muito maior que o interesse meramente acadêmico nesse começo de terceiro milênio, especialmente em agricultura. Não basta e nem se justifica mais produzir a qualquer custo, quer sejam alimentos, fibras ou matérias-primas para os agrocombustíveis. E isso é mais notório ainda, no caso do trigo brasileiro, em que o País, apesar de possuir domínio tecnológico de produção, ambiente adequado e agricultores experientes, na produção desse cereal, quer seja em quantidade e/ou qualidade tecnológica, não goza do protagonismo que assumiu com outros produtos agrícolas. O que nos falta? Elementar: produzir trigo de forma **sustentável**, não ignorando as múltiplas dimensões que essa expressão contempla.

Apesar das muitas definições encontráveis na literatura, o entendimento de **sustentabilidade** como a capacidade de que um sistema tenha continuidade ou, em outras palavras, que seja capaz de conservar-se, de manter-se ou de prolongar-se no tempo, pode ser suficiente para a sua aplicação em agricultura. Todavia, para a inserção do conceito de **sustentabilidade** na agricultura que é praticada, há necessidade de que essa seja quantificada, passando pelas etapas de diagnose, identificação dos pontos de estrangulamento e, particularmente, seja preditiva, no tocante à continuidade do sistema. E é aí que entra a importância dos indicadores de sustentabilidade, objeto principal dessa publicação, pois, sem eles, **sustentabilidade** não passa de uma exortação moral sem qualquer aplicação prática.

Em exaustivo trabalho de revisão bibliográfica no tema, os autores desse Documento, mais que reunir “meros e isolados conceitos”, conseguiram estabelecer as bases teóricas para a definição de indicadores de sustentabilidade para o cultivo de trigo no Brasil. Foram compilados definições e exemplos, que dão forma ao mais completo conjunto de índices, até então conhecido, que merecem ser considerados pela comunidade científica, por formuladores de políticas públicas, pelos assistentes técnicos, por produtores rurais e quem quer que esteja preocupado com a produção competitiva e sustentável de trigo no Brasil. Doravante, o rumo a ser perseguido foi posto.

Sergio Roberto Dotto
Chefe-Geral da Embrapa Trigo

Sumário

Bases Teóricas para Definição de Indicadores de Sustentabilidade para Cultivo de Trigo no Brasil	9
Introdução	9
Princípios orientadores para a elaboração de indicadores de sustentabilidade para a cultura do trigo	10
Constructo teórico-científico para ações em sustentabilidade para a cultura de trigo	12
Definição dos indicadores de sustentabilidade para o trigo	13
Indicadores potenciais para a cultura de trigo	14
Indicadores da dimensão ambiental da sustentabilidade	15
Frequência de geada na floração	15
Frequência de chuva na colheita	15
Variação do ISNA (Índice de Satisfação da Necessidade de Água)	16
Quociente fototermal	16
Quantidade de cultivos praticados	17
Porcentagem de adequação do cultivo de trigo ao tipo de solo	17
Porcentagem de adequação de uso do solo	18
Porcentagem de apropriação humana da produtividade primária do ambiente natural	18
Potencial de erosão do solo	19
Porcentagem de área agrícola útil	20

Densidade de recursos hídricos	20
Porcentagem de área com florestas nas áreas de produção de trigo	21
Variação da ocorrência de epidemias	21
Variação do impacto regional dos fenômenos El Niño e La Niña	22
Uso de fertilizantes	22
Uso de agroquímicos	23
Volume de água disponível na área de produção de trigo	24
Indicadores da dimensão econômica da sustentabilidade	24
Variação do rendimento de grãos do trigo	24
Variação da renda com a cultura do trigo	25
Números de atividades agropecuárias	25
Acesso a agroindústrias processadoras de trigo	26
Relação entre rendimento de grãos de trigo e rendimento das demais culturas agrícolas na região de cultivo	27
Variação da produtividade da terra	27
Variação do custo de oportunidade para a produção de trigo	28
Variação dos preços pagos pelo trigo	28
Indicadores da dimensão social da sustentabilidade	29
Tamanho médio das propriedades agrícolas	29
Número de organizações associativas agrícolas	30
Índice de desenvolvimento humano	30
Políticas públicas e regulamentações ambientais	31
Frequência média de anos na escola	31
Área per capita cultivada com trigo	32
Distribuição etária da população do campo	32
Densidade populacional	33
Considerações finais	34

Bases Teóricas para Definição de Indicadores de Sustentabilidade para Cultivo de Trigo no Brasil

Genei Antonio Dalmago
Evandro Zanini Righi
Katia Regina Evaristo de Jesus
Gilberto Rocca da Cunha
Anderson Santi

Introdução

A agricultura brasileira tem passado por grandes modificações após 1980, com desdobramentos nos diversos segmentos dos complexos agroindustriais e em sistemas de produção associados, cuja relevância para a economia do País tem sido sobejamente reconhecida. A expansão da atividade agrícola tem alcançado proporções que ainda não haviam ocorrido no País, tanto em produção total quanto em área de cultivo e em rendimento por unidade de área. A maior parte desses avanços é devida à adoção de novas tecnologias adaptadas à realidade do campo, à busca de conhecimentos, à qualificação da assistência técnica e à capacidade empreendedora dos agricultores. Esses fatores, indiscutivelmente, têm contribuído para a melhoria dos ganhos financeiros, com redução de custos de produção, poupando e/ou gerando divisas importantes para a economia do Brasil, ampliando postos de trabalho e culminando em práticas ambientalmente amigáveis, com sistemas de produção sustentáveis.

Se, do ponto de vista da eficiência econômica, a sociedade brasileira obteve ganhos expressivos com a agricultura cada vez mais desenvolvida, por outro lado ela foi negligente e/ou responsável por um universo de efeitos adversos relacionados à condição do ambiente e do povo que vivia ou vive no campo, bem como em aspectos relacionados à segurança e qualidade física e nutricional dos alimentos produzidos.

A expansão horizontal da agricultura, por meio da incorporação de novas áreas de terra ou da concentração de posse das mesmas, expulsou grande parte da população rural do meio em que vivia, inchando as periferias das grandes cidades. Também é notório que, para sustentar uma produção agrícola em grande escala e massificadora, foi lançado mão do uso crescente de insumos externos à propriedade, criando um círculo vicioso de dependência para os agricultores. Mais alarmante ainda é o fato de que grande parte do aumento do uso de insumos e de incorporação de terras foram feitos com base em critérios nem sempre adequados, o que pode levar ao aumento da degradação do solo, a contaminação da água e do ambiente e o comprometimento da qualidade dos alimentos, entre outras consequências, que afetam todo o povo brasileiro. Por isso é necessário que toda a sociedade assuma sua parcela de responsabilidade neste processo e o ônus não recaia apenas sobre o agricultor, uma vez que toda a população, especialmente a parcela que vive no meio urbano, também é consumidora dos produtos agrícolas e geradora de resíduos.

Atualmente, com o aumento das preocupações relacionadas à “sobrevivência” do planeta, a sociedade brasileira desperta para a importância de outros valores de vida, já presentes em diversos locais no mundo, e passa a cobrar mudanças de postura frente aos padrões de produção e consumo de alimentos praticados atualmente.

Pode-se observar que é crescente a procura por alimentos saudáveis, livres de resíduos de produtos químicos, que apresentem certificação e/ou denominação de origem, que tenham processos de produção que não agridam o ambiente ou que reduzam ao mínimo os impactos negativos sobre o mesmo e sobre a saúde das pessoas. Paralelo a isso, percebe-se que essas condições também são fundamentais para o futuro do comércio mundial de alimentos, no que se refere à manutenção de mercados já conquistados e à busca de mercados mais exigentes para os produtos da agricultura brasileira.

Diante deste novo contexto, a pesquisa agropecuária brasileira deve dar respostas que a sociedade atual busca, pela disponibilização de conhecimentos e/ou ferramentas que possam auxiliar no estabelecimento de padrões de produção agrícola cada vez mais sustentáveis e para padrões de consumo cada vez mais conscientes. Uma alternativa é o estabelecimento de indicadores de sustentabilidade capazes de apontar a evolução espaço-temporal de sistemas de produção agrícola, mostrando se os mesmos estão apontando para uma condição de maior sustentabilidade, relativamente ao momento de início das avaliações, ou para uma condição de insustentabilidade em um futuro de médio ou longo prazo. O objetivo deste documento é apresentar a proposta de um conjunto de indicadores de sustentabilidade para o trigo cultivado no Sul do Brasil, que pode ser aplicado e/ou adaptado para as diversas regiões produtoras no país.

Princípios orientadores para a elaboração de indicadores de sustentabilidade para a cultura do trigo

A implementação de ferramentas de avaliação, expressas no formato de indicadores de sustentabilidade para trigo, deve conter alguns pressupostos de orientação, para que as mesmas tenham bases conceituais e filosóficas claras e sólidas, além da lógica epistemológica⁽¹⁾ centrada em ciência, possibilitando, com isso, que resultados consistentes sejam alcançados. Por isso, a elaboração dessa proposta levou em consideração que um tema tão complexo, como é o caso da sustentabilidade, tem a necessidade de integração entre diversas áreas do conhecimento, por meio da organização de redes de pesquisa interinstitucionais e multidisciplinares, diferencial que possibilitará a criação de competência metodológica para a construção de indicadores de sustentabilidade específicos e dedicados para o cultivo de trigo. Isso proporcionará a elaboração de um conjunto de indicadores (BOUNI, 1996; MARZALL, 1999) e não apenas de um único indicador isolado, permitindo que seja avaliada a sustentabilidade de maneira equilibrada (CAMINO; MÜLLER, 1993) em suas diversas dimensões, tais como: social, econômica e ambiental (ELKINGTON, 2012).

As ideias básicas e as condições de contorno que devem orientar estudos de sustentabilidade podem ser diferentes, de acordo com o contexto da avaliação a ser feita. Entretanto, alguns aspectos são fundamentais para a implementação e continuidade de uma ação de pesquisa e/ou avaliação da sustentabilidade. Neste sentido, destacam-se os seguintes aspectos como sendo de importância para a pesquisa em sustentabilidade na cultura de trigo:

a) Fonte dos dados: a ação de avaliação ou pesquisa em sustentabilidade a ser desenvolvida deverá ser suportada por um amplo conjunto de conhecimentos e informações de pesquisa, vinculadas ao processo produtivo de trigo, atuais, encontráveis em bases públicas de dados e na experiência adquirida de pesquisadores e técnicos em diferentes instituições de ensino, pesquisa e desenvolvimento. Quando a base de dados não é pública, o domínio da informação está em agentes privados. Nessa situação, a segurança da continuidade do processo de avaliação

⁽¹⁾ Epistemologia é o ramo da filosofia que analisa, avalia e critica o conjunto de problemas no processo de produção do conhecimento científico. Assim, por exemplo, questões relativas à definição e caracterização dos conceitos científicos, o problema da construção de termos teóricos em ciência, concepções metodológicas e as condições de funcionamento, técnicas do processo de investigação, a natureza das leis, estrutura lógica científica e evolução das teorias científicas, testes empíricos de hipóteses teóricas e domínios empíricos, possibilidade de uma lógica indutiva, a natureza da explicação científica, a base do conhecimento, a busca da verdade. Eles são, por definição, problemas epistemológicos e a análise destas questões é o trabalho da epistemologia ou filosofia da ciência (DAMIANI, 1997).

da sustentabilidade pode ser comprometida, pois, no momento em que a informação passar a gerar dividendos, a mesma poderá ser reservada para uso exclusivo ou mediante autorização pelo agente que detém a informação. Também, a proposta deve prever o uso de dados secundários estimados a partir de dados primários, ou com base em simulações pelo uso de sistemas robustos, que gerem informações mais gerais e não específicas.

b) Definição da escala x tratamento de dados: é necessário que seja estabelecida a escala em que avaliação/pesquisa em sustentabilidade serão realizadas, as quais dependerão muito do contexto em que avaliação/estudo da sustentabilidade serão realizados. Por exemplo, em um trabalho cujo escopo de avaliação é em macroescala, o estudo deve envolver variáveis que estejam disponíveis em todas as regiões produtoras de trigo, a fim de poder comparar os níveis de sustentabilidade em cada região e/ou hierarquizar as áreas por meio de graus diferenciados de sustentabilidade. Entende-se que a macroescala regional contemple, de forma mais próxima, a visão do todo, no contexto de auxiliar a tomada de decisão para a formulação de políticas públicas (HANLEY et al., 1999). Porém, tendo em vista a busca de soluções ou orientações em um contexto menor, como, por exemplo, uma propriedade rural (ANDRADE et al., 2009), a abordagem na microescala pode ser uma alternativa mais eficaz, principalmente quando se busca compreensão/esclarecimento detalhados dos processos e mecanismos que conferem maior ou menor grau de sustentabilidade. Em algumas situações, existe a necessidade de ampliação da escala, o que requer repensar todo o processo de construção de indicadores, uma vez que, nem sempre, a ampliação da escala é refletida no aumento do escopo do indicador de micro para macroescala. Por isso, o esclarecimento do objetivo da avaliação ou do estudo de sustentabilidade deve ser o ponto de partida para qualquer processo de análise.

c) Abordagem multidisciplinar: a elaboração e a aplicação de um conjunto de indicadores de sustentabilidade devem ser baseadas em um grupo multidisciplinar de pesquisadores/especialistas e técnicos, associado à comunidade que vivencia o dia a dia da área de estudo, ou àqueles que tenham contribuições no tema a ser avaliado (MARZALL, 1999). Desta forma, todos se sentirão parte do processo e atuarão como agentes de mudança em todo o processo, reduzindo a rejeição devido à dificuldade de entendimento ou aceitação de uma proposta exógena. A postura reativa tem sido relatada amplamente na literatura como o maior entrave à implementação de ações consideradas sustentáveis (FRANÇA; QUELHAS, 2004; FACÓ et al., 2013; ROSA et al., 2014;). O mesmo grupo também pode ser responsável para estabelecer o grau de importância e o peso de cada indicador para o sistema a ser avaliado, no caso a cultura de trigo.

d) Espacialização dos indicadores: para uma ação de avaliação/pesquisa em sustentabilidade em macroescala, o estabelecimento de indicadores de sustentabilidade na forma de uma malha de pontos georreferenciados permite a espacialização dos resultados em distintos graus de agregação. Essa estratégia possibilita melhor visualização de padrões que emergem da agregação de indicadores para um tema específico ou para uma dimensão de sustentabilidade. Com isso, fica mais fácil a hierarquização de área em nível de maior ou menor sustentabilidade, de acordo com os critérios estabelecidos para esse fim. Porém, para que isso seja possível, os indicadores de sustentabilidade devem ser os mesmos em toda a região considerada no estudo.

e) Dimensões e critérios de abrangência: o conjunto de indicadores deve atender às dimensões de sustentabilidade, em número que depende do contexto do sistema em análise. No caso de trigo, fundamentalmente, o conjunto de indicadores deve atender às dimensões de sustentabilidade social, econômica e ambiental, que são as mais importantes e abarcam outras dimensões (ELKINGTON, 2012). Ao mesmo tempo, deve atender aos critérios de produtividade, estabilidade, resiliência e equidade (ALTIERI, 1989; FERRAZ, 2003) que serão conceituados na sequência.

f) Índice de sustentabilidade: uma vez estabelecidos e calculados os indicadores, atendendo aos critérios já referenciados, o agrupamento dos mesmos em torno de um índice de sustentabilidade passa a ser importante, como forma de sintetizar resultados (PHILLIS; ANDRIANTIATSAHOLINIINA, 2001). Esse processo pode ser feito considerando o grau de importância de cada indicador e o seu peso relativo sobre a produção sustentável de trigo. A indicação da importância do indicador e de seu peso relativo deve ser feita por meio da participação de agentes envolvidos em todo o sistema de produção/comercialização de trigo.

g) Revisão contínua dos indicadores: a evolução do conjunto de indicadores, quanto à exclusão ou inclusão de um novo indicador, deve ser feita periodicamente, com a participação dos agentes envolvidos em todas as etapas do processo de produção. O que deve nortear a exclusão e/ou a inclusão de um indicador deve ser mudanças

significativas no sistema de produção de trigo, que possam ser embasadas cientificamente e que mantenham o equilíbrio entre os indicadores na expressão da sustentabilidade da produção. Ao mesmo tempo, a análise da evolução deverá ser capaz de detectar a necessidade de novas séries históricas de informação relacionadas à produção de trigo, para refinamento e/ou ampliação do conjunto de indicadores estabelecidos.

h) Validação com dados de campo: a validade do conjunto de indicadores deve ser testada em campo, a partir de coletas de informações junto aos agricultores que produzem trigo, utilizando-se de questionário específico, e também junto aos demais atores do sistema de produção, que dão forma ao complexo agroindustrial do trigo no Brasil. Esta prática, além de avaliar a importância e o grau de aderência do indicador na avaliação da sustentabilidade, possibilitará, também, o surgimento de novas demandas de pesquisa (PÉREZ-GIL et al., 2000).

Constructo teórico-científico para ações em sustentabilidade para a cultura de trigo

A literatura especializada no assunto sustentabilidade indica que as ações devem, primeiramente, esclarecer o conceito de sustentabilidade que será o orientador do trabalho. Iniciativas desprovidas deste arcabouço teórico implicam em dificuldade no entendimento e também em delinear, com precisão, os recortes do problema que se deseja esclarecer por meio da avaliação (FARROW; WINOGRAD, 2001). Neste sentido, o conceito de sustentabilidade que mais tem sido aceito em projetos para o estabelecimento de indicadores de sustentabilidade é aquele apresentado no relatório Brundtland, em que o desenvolvimento sustentável deve “permitir atender as necessidades atuais da população sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem suas próprias necessidades” (BRUNDTLAND, 1987). No caso da produção de trigo, isso significa, também, aproveitar ao máximo o potencial ambiental de produção nas diferentes regiões de cultivo, com o mínimo possível de impactos negativos.

O conceito de sustentabilidade expresso no relatório Brundtland apresenta forte relação temporal, indicando que a sustentabilidade se encontra sempre no futuro (GLIESSMAN, 2000), ou seja, é um objetivo a ser constantemente perseguido. Sendo assim, para que um sistema seja considerado sustentável, deve ser comparado no tempo e no espaço, avaliando a evolução dos seus índices/limites de sustentabilidade, que deverão expressar níveis relativos de sustentabilidade, apontando locais de maior ou menor sustentabilidade para a atividade tritícola na região em estudo.

A sustentabilidade de um sistema pode ser avaliada considerando-se diferentes dimensões, de acordo com a natureza do sistema, com a profundidade da análise, com as características do meio em que está inserido, com a habilidade do pesquisador, entre outros aspectos. Na maioria dos estudos e, especialmente, naqueles ligados às atividades agropecuárias, consideram-se as dimensões econômica, ambiental e social como as mais importantes para análise da sustentabilidade (ELKINGTON, 2012). As demais dimensões, embora importantes, podem ser incorporadas entre essas três para representar adequadamente a sustentabilidade do sistema. No universo macro de avaliação/estudo, essas três dimensões atendem, satisfatoriamente, o enfoque sistêmico, uma vez que o mesmo estará presente no contexto da estrutura multidimensional.

A dimensão ambiental refere-se a informações sobre as condições e mudanças nos recursos naturais de produção (AMADOR, 2011; DIAS, 2007; OLIVEIRA et al., 2012), visando ao melhor aproveitamento do potencial ecológico (capacidade de carga da terra) para a produção de trigo, envolvendo não apenas critérios de exploração/produção, mas também de preservação dos recursos, para manter a sinergia entre os ecossistemas/agroecossistemas. Isso permite ao sistema manter a capacidade produtiva ao longo do tempo e recuperar-se de eventuais agressões (MONTIBELLER FILHO, 2001). Na dimensão econômica, busca-se contemplar as mudanças referentes à prosperidade econômica (MARIOTTI, 2013) da produção de trigo, com enfoque na viabilidade e estabilidade econômica da produção (geração e distribuição de renda), na capacidade de suporte a riscos e na rentabilidade de fatores de produção, de forma estável e suficiente, para permitir a reprodução social do agricultor. A dimensão social se atem à distribuição equitativa da renda, a questões relacionadas à propriedade da terra, a diferenças demográficas e à participação social no processo produtivo (BELLEN, 2005; MENDES, 2009).

Em uma ação de pesquisa/avaliação de sustentabilidade, o conjunto de indicadores estabelecido deve atender a quatro propriedades (critérios) de sustentabilidade: produtividade, estabilidade, equidade e resiliência (ALTIERI, 1989). A produtividade contempla a produção primária por unidade de insumo (água, energia, nutriente) por tempo e/ou espaço. A estabilidade corresponde ao grau no qual a produtividade se mantém constante frente às perturbações internas e externas do sistema. A equidade diz respeito à distribuição equitativa dos recursos econômicos e dos benefícios, dos custos e dos riscos gerados pelo manejo do sistema. A resiliência corresponde à capacidade de recuperação do sistema frente a perturbações externas e internas (FERRAZ, 2003). As dimensões e as propriedades apontadas são elementos mínimos para uma avaliação da sustentabilidade da produção de trigo em um contexto delimitado geograficamente ou por diferenças em modelos/sistemas de produção.

Além das dimensões e das propriedades, o estabelecimento de indicadores de sustentabilidade para trigo deve considerar mais três níveis importantes, que são: os descritores, as variáveis e os limites de sustentabilidade. Os descritores são definidos como expressões de uma determinada característica de um sistema, da base de recursos de um sistema ou da operação de um sistema e dos sistemas em anexo (por exemplo, qualidade da água). As variáveis são entendidas como a quantificação de algo característico e importante para o sistema em avaliação e que muda dentro da mesma unidade de medida e de certos limites (metais pesados, por exemplo). São, portanto, os elementos básicos que devem ser levantados para a elaboração dos indicadores e dentro deles encontram-se os dados que são os quantificadores da respectiva variável. Os limites de sustentabilidade são os pontos extremos em que cada indicador oscila, os quais variam entre um valor máximo e um valor mínimo, que se referem à capacidade de suporte de um sistema (de produção agrícola, por exemplo) ou ecossistema (YOSHIDA, 2006). Esses limites devem ser estabelecidos com base em informações da bibliografia e com base no conhecimento tácito de pesquisadores/especialistas nas áreas multidisciplinares que compõem a rede de pessoas envolvidas. O estabelecimento desses limites deverá ocorrer, também, com a participação da população que vive no meio ou que está diretamente envolvida com o tema de pesquisa.

Definição dos indicadores de sustentabilidade para o trigo

Um indicador de sustentabilidade é uma ferramenta que permite a obtenção de informações simples sobre uma dada realidade complexa, (Mitchell, 1997), retendo apenas o significado essencial dos aspectos analisados (BOUNI, 1996; HATCHUEL; POQUET, 1992; MITCHELL, 1996).

Os indicadores de sustentabilidade podem ser qualitativos (subjetivos) ou quantitativos (objetivos) (MEADOWS, 1998; ROZADOS, 2005). Os primeiros dependem de fatores que não podem ser quantificados, enquanto os indicadores quantitativos são aqueles que podem ser mensuráveis, por meio de unidade de contagem. Um indicador é considerado como indicador de sustentabilidade quando lhe é adicionada a variável tempo ou a noção de alvo ou limite. Se os mesmos não forem expressos em unidades de tempo, eles devem estar relacionados com a capacidade de carga, que é definida como a possibilidade que tem um ecossistema para manter uma população (LIMA, 2006), ou com o limiar do perigo, que define o ponto em que é difícil evitar retrocessos.

De acordo com Marzall (1999), não existe a possibilidade de avaliar a sustentabilidade de um sistema considerando apenas um indicador ou indicadores que se refiram a apenas um aspecto do sistema. A sustentabilidade é determinada por um conjunto de fatores (econômicos, sociais e ambientais) e todos devem ser contemplados. Dessa forma, ao se avaliar a sustentabilidade, deve-se usar sempre um conjunto de indicadores (BOUNI, 1996). O número de indicadores que serão empregados e quais os fatores a serem considerados como prioritários são aspectos que devem ser determinados pelos princípios de sustentabilidade que estão na base do processo de avaliação (MARZALL, 1999), ou seja, na definição do contexto de avaliação e do objetivo a ser alcançado.

Considerando a base conceitual apresentada anteriormente, o estabelecimento dos indicadores para avaliação da produção de trigo segue a sequência: a) definição dos descritores (aspectos relevantes do sistema em estudo); b) estabelecimento dos indicadores, que são as medidas relevantes dos descritores; c) levantamento das variáveis que compõem os indicadores; e d) sistematização dos dados das respectivas variáveis. Os indicadores são a parte mais importante desta esquematização, porque quantificam aspectos do sistema de produção de trigo, enquanto

os descritores cumprem apenas o papel de qualificadores das partes que compõem o sistema, e as variáveis são medidas de algo significativo para o tema em avaliação, no caso a produção de trigo.

Um indicador é reconhecido como tal quando formado pela agregação de duas ou mais variáveis simples (variável 1) produção de trigo, e variável 2) área cultivada) ou de variáveis mais agregadas (variável 1) rendimento de grãos de trigo, e variável 2) quociente fototérmico - radiação solar/temperatura média do ar). Os indicadores podem representar aspectos potenciais de uma área ou região (FERRAZ, 2003; MITCHELL, 1996) não satisfatoriamente atendidos ou excessivamente explorados, como também podem apontar alterações provocadas pela ação antrópica. Embora os indicadores representem quantificações, eles são instrumentos que devem apontar para qual sentido um determinado sistema evolui, ou seja, para o sentido da busca de maior sustentabilidade ou para o sentido da insustentabilidade/degradação do sistema (HAMMOND et al., 1995). É importante que se tenha a percepção que eles, por si só, não têm utilidade se não forem interpretados à luz do conhecimento existente sobre o assunto e, principalmente, de acordo com o modelo conceitual de sustentabilidade (PESSOA et al., 2003), suas dimensões e propriedades da sustentabilidade consideradas.

Mesmo após levar em conta os pontos abordados, cumpre sinalizar que existem outros tão importantes quanto estes e que também devem ser considerados. O primeiro deles é que os indicadores são instrumentos dinâmicos (VIGLIZZO et al., 2003), podendo mudar no decorrer do tempo de acordo com a mudança da percepção de sustentabilidade (KAGAWA, 2007; KHALIL et al., 2013). Isso remete à necessidade de haver um processo de revisão/readequação dos mesmos, de acordo com as novas percepções. Nessa mesma linha, tão importante quanto a percepção da dinamicidade dos indicadores é o fato de que o conjunto de indicadores nunca seja considerado completo, ou seja, provavelmente não abrangerá todos os aspectos do sistema em estudo. Entende-se que essa condição seja inerente ao processo, principalmente quando os estudos com indicadores estão em fase inicial e há inúmeras divergências de concepções e de dificuldades de obtenção e sistematização de dados, entre outros fatores. Desse modo, é consenso entre os especialistas da área que não se pode postergar o início de trabalhos desta natureza, baseando-se em alegações de ausência de dados ou da necessidade de se ter o conjunto de dados completo, abrangendo todos os aspectos de sustentabilidade. Sabe-se que a ciência, de maneira geral, do mesmo modo que a sustentabilidade, de maneira específica, é um processo em construção.

Indicadores potenciais para a cultura de trigo

A seguir, é apresentado um conjunto de indicadores que pode ser estabelecido para avaliar a sustentabilidade de sistemas de produção de trigo no sul do Brasil. O mesmo é apenas um “modelo orientador”, servindo de base para a elaboração do conjunto de indicadores que atenda aos objetivos e à profundidade do tema a ser avaliado. A elaboração dos indicadores referenciados e sua forma de apresentação foram baseadas em Bellen (2005), Bossel (1999), Camino e Müller (1993), Ferraz, (2003), Gomes et al. (2000), Magri (2008), Marzall (1999), Moura (2002), Siena (2008), entre outras informações obtidas na bibliografia sobre o tema.

No caso deste documento, a apresentação e descrição dos indicadores abrangem as seguintes informações para cada indicador: nome do indicador, dimensão de sustentabilidade a que pertence, propriedade da sustentabilidade que abrange, descritor atendido, variáveis envolvidas, descrição do indicador, relação do indicador com o conceito de sustentabilidade, relação do indicador com outros indicadores e objetivo a alcançar com o indicador. Isso, no entanto, não invalida a inclusão de outros itens que possam melhorar a descrição e o entendimento dos indicadores.

Indicadores da dimensão ambiental da sustentabilidade

Frequência de geada na floração

a) Dimensão de sustentabilidade: ambiental.

b) Propriedade: estabilidade.

c) Descritor: risco climático.

d) Descrição do indicador: o trigo na região Sul do Brasil é cultivado durante o outono, inverno e início da primavera. Este período é também o momento em que ocorrem geadas em praticamente toda a região. O trigo é sensível à geada, principalmente durante os estádios do espigamento e da floração. A ocorrência de geada neste momento é responsável por queda no rendimento de grãos da cultura, comprometendo parcialmente ou totalmente a atividade. As geadas que ocorrem durante espigamento/floração do trigo são chamadas de primaveris e podem acontecer após períodos de temperatura do ar mais elevadas. Assim, elas apresentam maior potencial de dano. Na região Sul do Brasil, há elevada variabilidade espacial e temporal de ocorrência de geadas.

e) Variáveis envolvidas: temperatura mínima do ar e data de ocorrência.

f) Relação com a sustentabilidade: as frustrações de safras recorrentes, em decorrência do efeito da geada no espigamento/floração do trigo, implicam em redução da renda na propriedade e no abandono do cultivo de trigo. Com isso, diminui a diversidade de cultivos praticados durante o ano. A diversificação de cultivos possibilita melhor utilização dos recursos do ambiente e contribui para maior estabilidade econômica, social e ecológica das propriedades e/ou regiões que a praticam. A diversificação das fontes de renda contribui no mesmo sentido. Portanto, a diversificação de cultivos confere mais sustentabilidade aos sistemas agrícolas de produção, do que, por exemplo, a prática de um único cultivo.

g) Relação com outros indicadores: tem relação com a diversificação de fontes de renda, diversificação de cultivos, rendimento de grãos da cultura, entre outros.

h) Objetivo a alcançar: intensificar/concentrar a produção de trigo em regiões e/ou épocas de semeadura com menor risco de geada no espigamento/floração.

Frequência de chuva na colheita

a) Dimensão de sustentabilidade: ambiental.

b) Propriedade: estabilidade.

c) Descritor: risco climático.

d) Descrição do indicador: o trigo perde qualidade tecnológica se mantido no campo após atingido o ponto de colheita e se ocorrer períodos com excesso de precipitações pluviais. Nestas condições, o peso do hectolitro é reduzido consideravelmente e um trigo, inicialmente considerado com aptidão para a produção de farinha para panificação, pode ser alocado apenas para a produção de rações, caso não haja contaminação de outra ordem, como micotoxinas, as quais têm maior probabilidade de ocorrência em períodos chuvosos. Além disso, se mantido por muito tempo no campo, os grãos de trigo podem iniciar o processo de germinação na espiga, em decorrência da elevada umidade, e comprometer mais severamente o cultivo.

e) Variáveis envolvidas: precipitação pluvial e número de dias com chuva.

f) Relação com a sustentabilidade: as frustrações de safras em decorrência do excesso de precipitação pluvial, quando os grãos de trigo estão próximos da colheita, implicam em reduções na aceitação do produto no mercado e no preço pago ao agricultor, resultando na redução da renda. Essa condição está relacionada com a viabilidade

econômica da propriedade e nas escolhas que o agricultor faz, com relação a manter ou excluir o cultivo de trigo em sua propriedade, quando o risco de chuva na colheita for elevado. As diversificações de cultivos e de fontes de renda são aspectos que contribuem para a sustentabilidade do sistema.

g) Relação com outros indicadores: tem relação com a diversificação de fontes de renda, diversificação de cultivos, entre outros.

h) Objetivo a alcançar: intensificar/concentrar a produção de trigo em regiões e/ou épocas de semeadura com menor risco de excesso de chuva na colheita do trigo.

Variação do ISNA (Índice de Satisfação da Necessidade de Água)

a) Dimensão de sustentabilidade: ambiental.

b) Propriedade: estabilidade.

c) Descritor: risco climático.

d) Descrição do indicador: a cultura de trigo, na região Sul do Brasil, é cultivada durante o outono/inverno, período em que, normalmente ocorre excesso hídrico no solo, na maior parte da região produtora. Porém, no Norte do Paraná e, especialmente, na parte Oeste da região Sul, pode ocorrer falta de água no período final do ciclo de cultivo, comprometendo o enchimento de grãos. A disponibilidade hídrica também está relacionada ao tipo de solo em que a cultura é praticada. Nos três estados da região Sul do Brasil existem solos com baixa capacidade de retenção de água, nos quais a cultura do trigo pode ser comprometida e/ou inviabilizada.

e) Variáveis envolvidas: temperatura média do ar, precipitação pluvial, tipo de solo, capacidade de retenção de água pelo solo, tempo, evapotranspiração.

f) Relação com a sustentabilidade: o cultivo de trigo em regiões e/ou épocas com baixa disponibilidade hídrica no solo para a cultura aumenta o risco de perdas ou de baixos rendimentos de grãos. Nestes locais, e sob essas condições, a eficiência de uso dos recursos naturais e dos insumos externos utilizados é reduzida e, conseqüentemente, a renda auferida pelo agricultor com a cultura do trigo é pequena ou insignificante. Isso afeta a capacidade de manutenção da família e também a pressão sobre recursos ambientais, fatores que estão altamente ligados com a sustentabilidade do sistema de produção.

g) Relação com outros indicadores: tem relação com o rendimento de grãos da cultura, com a geração de renda e com a diversidade de cultivos.

h) Objetivo a alcançar: identificar regiões e solos com maior disponibilidade hídrica e que estejam em consonância com níveis adequados de outros fatores implicados na produção de trigo, para posicionar a cultura nos melhores locais e épocas de semeadura.

Quociente fototermal

a) Dimensão de sustentabilidade: ambiental.

b) Propriedade: produtividade.

c) Descritor: disponibilidade de recursos do ambiente

d) Descrição do indicador: resultados de pesquisa indicam que o trigo apresenta elevada correlação entre a produção de grãos por área (rendimento de grãos) e a relação entre a radiação solar e a temperatura média do ar de um local. Valores elevados de radiação solar significam maior potencial de produção de fotossintatos e, conseqüentemente, maior potencial de produção de grãos. Por outro lado, temperaturas médias do ar mais amenas significam menor perda respiratória, principalmente durante o período noturno, no qual prevalece o

consumo da produção biológica acumulada durante o dia. Assim, regiões com maior quociente fototermal são aquelas com maior potencial de produção de grãos de trigo.

e) Variáveis envolvidas: temperatura média do ar, radiação solar e tempo.

f) Relação com a sustentabilidade: áreas com maior disponibilidade fototérmica e que apresentam menor variabilidade temporal de distribuição da mesma têm relação direta com maior rendimento de grãos de trigo e, por conseguinte, geração de renda com a cultura. A estabilidade da produção tende a ser maior do que em áreas que apresentam maior variabilidade fototérmica no período climático indicado para cultivo de trigo. Assim, por manter maior estabilidade de produção, são áreas mais estáveis no tempo e, portanto, com maior grau de sustentabilidade.

g) Relação com outros indicadores: tem relação com o rendimento de grãos da cultura, renda e variabilidade dos sistemas de cultivo.

h) Objetivo a alcançar: posicionar a cultura do trigo em locais e épocas com maiores valores do coeficiente fototermal e menor variabilidade do mesmo ao longo do tempo.

Quantidade de cultivos praticados

a) Dimensão de sustentabilidade: ambiental.

b) Propriedade: resiliência.

c) Descritor: grau de biodiversidade agrícola.

d) Descrição do indicador: nas áreas/regiões onde é cultivado o trigo, outras espécies também são cultivadas, principalmente durante o período de verão, tendo-se, assim, pelo menos dois cultivos anuais. Ocorre que, em muitos locais, as duas culturas (inverno e verão) são repetidas em vários anos consecutivos. Essa sequência de cultivos tende a desfavorecer ambos os cultivos, em função de utilizar, praticamente, a mesma base de recursos. Por isso, no caso de trigo, se cultivado sequencialmente em uma mesma área durante várias safras, há tendência de redução no rendimento de grãos. Assim, um maior grau de diversidade de cultivos é condição importante para explorar as potencialidades do ambiente, principalmente no que diz respeito a um adequado uso dos recursos naturais e de retorno com a cultura.

e) Variáveis envolvidas: número de cultivos praticados, área de cada cultivo.

f) Relação com a sustentabilidade: maior grau de diversidade de cultivos implica em melhor aproveitamento dos recursos naturais existentes, recuperação/manutenção da capacidade produtiva do solo, redução de problemas fitossanitários, maior segurança de produção e maior geração de renda. Além disso, sistemas mais diversificados têm maior capacidade de resistência e de recuperação frente às perturbações externas do que sistemas menos diversificados.

g) Relação com outros indicadores: variação do trigo, potencial de erosão do solo, número de atividades agrícolas, uso médio de fertilizantes, uso médio de agroquímicos/insumos, área cultivada per capita, variação da produtividade da terra.

h) Objetivo a alcançar: atingir maior grau de diversidade de cultivos de acordo com o potencial ambiental e potencial físico e humano de cada local, na lógica de rotação/sucessão de culturas.

Porcentagem de adequação do cultivo de trigo ao tipo de solo

a) Dimensão de sustentabilidade: ambiental.

b) Propriedade: Produtividade.

c) Descritor: tipo de solo.

d) Descrição do indicador: de acordo com o zoneamento agrícola para a cultura do trigo no Brasil, essa cultura é indicada para solo dos tipos 2 ou 3, ou seja, solos de textura média a argilosa, respectivamente. Em solos do tipo 1 (textura arenosa), o risco de déficit hídrico é elevado, o que pode comprometer o rendimento de grãos da cultura e, por conseguinte, a geração de renda.

e) Variáveis envolvidas: área de cada tipo de solo, área total do estudo.

f) Relação com a sustentabilidade: a adequação do cultivo do trigo aos solos com maior potencial de produção possibilita melhor aproveitamento de recursos naturais e de insumos externos alocados para o cultivo. Além do potencial de obtenção de maiores rendimentos de grãos, há redução de riscos de contaminação do ambiente pelos insumos externos aplicados. Também, nestes solos há maior possibilidade de intensificação dos cultivos, uma vez que esses suportam, com maior eficiência, este tipo de prática.

g) Relação com outros indicadores: variação do rendimento de grãos do trigo, variação do ISNA, variação da renda com trigo, variação da produtividade da terra, relação entre rendimento do trigo x rendimento das principais culturas.

h) Objetivo a alcançar: posicionar a maior parte do cultivo de trigo, da região Sul do Brasil, nos solos com maior teor de argila.

Porcentagem de adequação de uso do solo

a) Dimensão de sustentabilidade: ambiental.

b) Propriedade: estabilidade.

c) Descritor: uso do solo.

d) Descrição do indicador: os solos de exploração agrícola apresentam diversos usos, que dependem do tipo de solo e da topografia em que ele se encontra, entre outros fatores. Solos com maiores declividades são adequados para culturas perenes ou de preservação da vegetação natural. Entretanto, a pressão por aumento de área de cultivo tem favorecido a ocupação de locais que não são apropriados para cultivos de culturas anuais, como o trigo. Esses locais cumprem outras funções ecológicas que são diferentes daquelas de culturas anuais. O desrespeito a essas orientações causa degradação do meio físico, como o aumento da erosão do solo e redução da produtividade das culturas.

e) Variáveis envolvidas: área de solo útil para a lavoura, declividade média, área utilizada para cultivos agrícolas e áreas de preservação.

f) Relação com a sustentabilidade: a relação deste indicador com a sustentabilidade deve-se ao fato que a degradação do solo, pelo mau uso do mesmo, reduz a produção das culturas e, com o tempo, há redução na geração da renda. Assim, é mais sustentável o cultivo de espécies anuais em solos considerados aptos para esta prática, por gerar mais renda e redução da degradação, e culturas permanentes em locais com declividade mais acentuada, por exemplo.

g) Relação com outros indicadores: variação do rendimento de grãos do trigo, variação da renda com trigo, variação da produtividade da terra, potencial de erosão do solo e porcentagem de área agrícola útil.

h) Objetivo a alcançar: concentrar o cultivo de trigo em áreas adequadas para a produção de grãos.

Porcentagem de apropriação humana da produtividade primária do ambiente natural

a) Dimensão de sustentabilidade: ambiental.

b) Propriedade: resiliência.

c) **Descritor:** impacto ambiental.

d) **Descrição do indicador:** o ambiente natural apresenta uma capacidade produtiva de biomassa, que é função das condições climáticas e de solo que um determinado local apresenta. A ação do homem imprime uma nova dinâmica ao ambiente, aumentando a capacidade produtiva ou degradando o potencial natural. Em geral, o homem não considera o impacto que suas ações têm sobre o meio, se o ambiente tem capacidade de se recompor ou não. Assim, o presente indicador mede a capacidade de apropriação da produtividade primária de um local. A apropriação humana adequada da produtividade primária líquida vai até o limite em que o meio consegue se regenerar.

e) **Variáveis envolvidas:** temperatura média do ar, precipitação pluvial, radiação solar.

f) **Relação com a sustentabilidade:** a relação com a sustentabilidade está no fato de que a produção agrícola pode avançar sobre o meio natural até o ponto em que a apropriação da produtividade primária não exceda a capacidade de produção natural de biomassa de uma região. Quando o nível de pressão sobre o ambiente natural for muito elevado, inicia-se o processo de degradação do mesmo e/ou necessidade de investimento em tecnologias para reverter a situação. Nestas condições, a sustentabilidade do sistema de produção fica comprometida.

g) **Relação com outros indicadores:** variação do rendimento de grãos do trigo, porcentagem de área com florestas, densidade populacional, variação entre produção e consumo de trigo.

h) **Objetivo a alcançar:** ajustar a produção de trigo em área com menor impacto sobre a apropriação da produtividade primária líquida do ambiente.

Potencial de erosão do solo

a) **Dimensão de sustentabilidade:** ambiental.

b) **Propriedade:** estabilidade.

c) **Descritor:** disponibilidade de solo.

d) **Descrição do indicador:** a erosão do solo é um fenômeno natural no ambiente não antropizado. O potencial de perda do mesmo pode variar de acordo com o tipo de solo, principalmente devido a suas características físicas, da localização do mesmo e do grau de declividade da área, bem como com o grau de proteção do solo, devido à vegetação e à intensidade de chuvas e ventos. Desta forma, é provável que o potencial de erosão do solo seja maior em locais mais declivosos, em solos menos estruturados, com pouca proteção superficial, onde a precipitação pluvial seja mais elevada e mais intensa. Entretanto, em áreas de atividade agrícola, o uso inadequado pode potencializar perdas decorrentes da erosão do solo.

e) **Variáveis envolvidas:** intensidade da chuva, sistema de manejo de solo, número de culturas anuais praticadas, declividade do terreno.

f) **Relação com a sustentabilidade:** tem relação com a manutenção da capacidade produtiva do ambiente/área agrícola, uma vez que a erosão invariavelmente remove a camada de solo naturalmente mais fértil. A degradação do solo também reduz a possibilidade de obtenção de renda e participa como uma variável indireta na exclusão do homem do campo, por tornar o ambiente menos produtivo.

g) **Relação com outros indicadores:** variação do rendimento de grãos de trigo, porcentagem de área agrícola útil, porcentagem de áreas com florestas, área cultivada per capita, número de atividades agrícolas.

h) **Objetivo a alcançar:** posicionar áreas de cultivo de trigo em locais com solo que apresentem menor potencial de erosão e, ao mesmo tempo, proteger áreas mais sensíveis a este fenômeno.

Porcentagem de área agrícola útil

- a) Dimensão de sustentabilidade: ambiental.
- b) Propriedade: produtividade.
- c) Descritor: disponibilidade de terra.
- d) Descrição do indicador: a disponibilidade de terra para a prática agrícola representa a condição inicial para que a mesma se estabeleça em um local. Determina, também, os tipos e a intensidade em que os cultivos são praticados. Além disso, todos os demais setores ligados à atividade agrícola surgem como consequência do desenvolvimento desta. Por isso, este indicador mede a disponibilidade de área agrícola útil de um determinado local, o que, por consequência, possibilita estimar a área máxima de cultivo de uma determinada espécie de interesse agrícola, como o trigo. Assim, locais com diferente disponibilidade de área agrícola útil terão níveis diferenciados de sustentabilidade, uma vez que, por trás da área de terra útil, está toda uma rede de apoio, que será maior ou menor dependendo da área de cultivo disponível.
- e) Variáveis envolvidas: área de terra ocupada pelos diferentes cultivos na unidade da federação; área total da respectiva unidade da federação.
- f) Relação com a sustentabilidade: o cultivo de trigo em locais com maior disponibilidade de área agrícola útil implica em menores custos de produção e, conseqüentemente, maior possibilidade de geração de renda. Além disso, possibilita a utilização da infraestrutura existente no local, uma vez que, provavelmente, existem outras culturas que são praticadas durante o verão e que usam a mesma estrutura agrícola. Uma área útil maior também implica em maior aproximação da indústria com o agricultor.
- g) Relação com outros indicadores: porcentagem de apropriação humana da produtividade primária do ambiente natural; porcentagem de adequação do uso do solo; quantidade de cultivos praticados; variação do rendimento de grãos de trigo; porcentagem da área com florestas; número de atividades agrícolas; área cultivada per capita, uso médio de fertilizantes, uso médio de agroquímicos, relação rendimento de grãos de trigo x rendimento de grãos das principais culturas; número de atividades agrícolas; variação da produtividade da terra; variação entre produção e consumo de trigo local; variação da renda de trigo; variação do custo de oportunidade para produção de trigo; variação dos preços pagos pelo trigo.
- h) Objetivo a alcançar: identificar áreas de cultivo com maior porcentagem de superfície de área agrícola útil para a agricultura, como forma de melhor aproveitar a infraestrutura de produção existente nesses locais.

Densidade de recursos hídricos

- a) Dimensão de sustentabilidade: ambiental.
- b) Propriedade: resiliência.
- c) Descritor: recursos naturais.
- d) Descrição do indicador: os recursos hídricos presentes em uma determinada região são importantes para as funções ecológicas do ecossistema e/ou agroecossistema local, e devem ser preservados. No entanto, quando a densidade dos mesmos for muito elevada, significa que menos área de terra estará disponível para cultivos agrícolas. Por outro lado, em locais com pouca densidade de recursos hídricos, o ambiente pode ser limitado por determinados componentes do balanço hidrológico e comprometer a produção. Em termos de sustentabilidade, a condição procurada é uma situação intermediária, em que o local não seja alagado, mas também não seja completamente seco.
- e) Variáveis envolvidas: área ocupada por recursos hídricos; área total do território em questão.
- f) Relação com a sustentabilidade: a água é fator essencial à vida, não apenas para seu estabelecimento num determinado local, mas também para a permanência do homem nesse ambiente. Tem relação com a disponibilidade de recursos naturais, com a produtividade do ambiente, com serviços ambientais, com a diversidade de espécies,

entre outros fatores ligados com a produtividade, diversidade de geração de renda, capacidade de recuperação frente a estresse causados pelo ambiente natural.

g) Relação com outros indicadores: porcentagem de área agrícola útil; porcentagem de apropriação humana da produtividade primária do ambiente natural; porcentagem de área com florestas; área cultivada per capita; variação da produtividade da terra; densidade populacional.

h) Objetivo a alcançar: preservar os recursos hídricos existentes num determinado local, conciliando-os com a produção de trigo e com outras atividades conectadas.

Porcentagem de área com florestas nas áreas de produção de trigo

a) Dimensão de sustentabilidade: ambiental.

b) Propriedade: resiliência.

c) Descritor: recursos naturais.

d) Descrição do indicador: a presença de área de preservação nas propriedades agrícolas é, atualmente, condição estabelecida em lei e que dever ser priorizada. Afora essa obrigatoriedade, a reserva legal cumpre funções importantes do ponto de vista da ecologia de uma propriedade e/ou região. Um valor mínimo de área de vegetação natural a ser preservada é fator condicionante da capacidade de sustentação da produção agrícola local, principalmente no sentido de absorção de determinados impactos exercidos sobre o ambiente natural. Além disso, a vegetação natural tem forte impacto sobre a condição microclimática, podendo alterar a sinergia natural dos elementos meteorológicos. Independente se na forma de reserva legal ou não, a preservação de áreas com vegetação condiciona níveis de sustentabilidade mais elevados, em comparação com locais sem vegetação ou com vegetação mínima.

e) Variáveis envolvidas: área com vegetação natural; área total de um determinado local.

f) Relação com a sustentabilidade: a relação com o conceito de sustentabilidade está no fato que a preservação de área de vegetação natural/floresta é prevista em lei, ou seja, teoricamente, propriedades que não atendam à lei não devem ser consideradas sustentáveis, pois poderão ter suas atividades comprometidas ou até inviabilizadas. Além disso, há o fato de que a floresta cumpre várias funções ecológicas relacionadas à produção de alimentos e que a falta dela poderá alterar os ciclos biogeoquímicos e a relação flora/fauna natural com o ambiente agrícola.

g) Relação com outros indicadores: porcentagem de área agrícola útil; potencial de erosão do solo; porcentagem de apropriação humana da produtividade primária do ambiente natural; área cultivada per capita; variação da produtividade da terra.

h) Objetivo a alcançar: atender a área mínima de reserva legal da vegetação natural na área destinada à produção de trigo.

Variação da ocorrência de epidemias

a) Dimensão de sustentabilidade: ambiental.

b) Propriedade: produtividade.

c) Descritor: controle fitossanitário.

d) Descrição do indicador: em cultivos agrícolas como o trigo, ocorrem doenças de plantas durante o desenvolvimento da cultura, que podem comprometer ou até inviabilizar o sucesso da atividade agrícola. Entre as várias doenças que ocorrem em lavouras de trigo, a ferrugem, doença de folha, é a que tem maior potencial de redução do rendimento de grãos no Sul do Brasil. Na presença do inóculo e de cultivar suscetível, as condições ambientais de molhamento foliar e temperatura do ar são as variáveis que mais favorecem a ocorrência da mesma. A identificação de áreas com menor potencial de doenças são as mais adequadas para o cultivo do trigo.

- e) Variáveis envolvidas: precipitação pluvial, umidade relativa do ar, temperatura do ar.
- f) Relação com a sustentabilidade: a incidência de doenças reduz o rendimento e a qualidade de grãos de trigo e aumenta a quantidade de insumos externos, o que implica na redução dos preços pagos ao agricultor e, por consequência, na geração de renda na propriedade.
- g) Relação com outros indicadores: frequência de chuvas na colheita, frequência de geada na floração, variação do rendimento de grãos do trigo, quantidade de cultivos praticados; variação da renda do trigo; variação do impacto regional dos fenômenos El Niño e La Niña; relação rendimento de grãos do trigo x rendimento de grãos das principais culturas; variação do custo de oportunidade para a produção do trigo; variação dos preços pagos ao agricultor; variação entre produção e consumo de trigo local.
- h) Objetivo a alcançar: produção de trigo em locais com menor probabilidade de ocorrência de epidemias.

Variação do impacto regional dos fenômenos El Niño e La Niña

- a) Dimensão de sustentabilidade: ambiental.
- b) Propriedade: estabilidade.
- c) Descritor: risco climático.
- d) Descrição do indicador: vários estudos apontam que os fenômenos El Niño e La Niña, em suas fases “quente e fria”, tem impactos positivos ou negativos sobre a produção agropecuária, tanto do ponto de vista quantitativo quanto qualitativo. O mesmo fenômeno pode ter impactos positivos sobre as culturas de inverno e impactos negativos sobre as culturas de verão em sequência. Ao mesmo tempo, o nível de impacto é diferente entre um local e outro e entre eventos, conforme apontam estudos que avaliam a produtividade das principais culturas agrícolas e estudos relacionados a variáveis climáticas, como a precipitação pluvial. A variabilidade do impacto desses fenômenos é uma medida de importância para diagnosticar a estabilidade da produção agropecuária e, portanto, para a sustentabilidade.
- e) Variáveis envolvidas: rendimento de grãos das principais culturas agrícolas; ocorrência dos fenômenos El Niño e La Niña.
- f) Relação com a sustentabilidade: áreas com maior impacto dos fenômenos El Niño e La Niña, principalmente impactos negativos, comprometem a estrutura produtiva e a geração de renda em uma região, por afetar a quantidade e a qualidade da produção agrícola. Ainda, nas regiões com maior impacto negativo, a variabilidade de produção e renda é elevada, comprometendo a sustentabilidade do sistema de produção, uma vez que essa variabilidade dificulta outras ações na busca da sustentabilidade.
- g) Relação com outros indicadores: número de atividades agropecuárias; variação da renda do trigo; variação de ocorrência de epidemias; quantidade de cultivos praticados; variação do rendimento de grãos do trigo; frequência de chuvas na colheita; relação do rendimento de grãos do trigo x rendimento de grãos das principais culturas.
- h) Objetivo a alcançar: redução do impacto regional ocasionado pelos fenômenos El Niño e La Niña, por meio de estratégias de mitigação associadas à tomada de decisão e manejo das culturas.

Uso de fertilizantes

- a) Dimensão de sustentabilidade: ambiental.
- b) Propriedade: produtividade.
- c) Descritor: insumos externos a propriedade.
- d) Descrição do indicador: a produção agrícola é, por natureza, uma atividade exportadora de recursos do ambiente natural. Entre esses recursos, a exportação de nutrientes é talvez o principal componente que sai do sistema.

Por isso, o uso de fertilizantes cumpre a função de reposição dos nutrientes retirados do solo, sendo então um mecanismo de manutenção da capacidade produtiva. Por outro lado, a aplicação desordenada de fertilizantes tem impactos negativos, como a contaminação de lençóis freáticos e a eutrofização de águas superficiais. Por isso, uso de fertilizantes deve ser feito em bases técnicas adequadas.

e) Variáveis envolvidas: quantidade anual de fertilizantes aplicados, área cultivada pelas principais culturas agrícolas, índice médio de necessidade de aplicação.

f) Relação com a sustentabilidade: manutenção da capacidade produtiva do solo, uma vez que a retirada de partes das plantas (grãos e forragem) da lavoura causa a exportação de nutrientes do meio. Também tem relação com impacto ambiental/degradação do ambiente, uma vez que o uso desordenado pode causar problemas de contaminação da água e degradação de solos produtivos.

g) Relação com outros indicadores: número de atividades agropecuárias; porcentagem de área com florestas; porcentagem de área agrícola útil; potencial de erosão do solo; porcentagem de apropriação da produtividade primária do ambiente natural; porcentagem de adequação do uso do solo; quantidade de cultivos praticados, variação do rendimento de grãos de trigo; área cultivada per capita; relação rendimento de grãos de trigo x rendimento de grãos das principais culturas agrícolas; variação da produtividade da terra; variação do custo de oportunidade para a produção de trigo; variação dos preços pagos ao trigo.

h) Objetivo a alcançar: buscar o equilíbrio entre a necessidade de fertilizantes para a manutenção da produção e mínimos impactos negativos sobre o ambiente.

Uso de agroquímicos

a) Dimensão de sustentabilidade: ambiental.

b) Propriedade: estabilidade.

c) Descritor: insumos externos a propriedade.

d) Descrição do indicador: o uso de agroquímicos como protetores, curadores, promotores de crescimento, entre outros fins, é uma realidade nas culturas agrícolas produtoras de grãos. Por um lado, atuam no sentido de reduzir impactos negativos causados por pragas e doenças mas, por outro lado, podem ser altamente prejudiciais ao ambiente e à saúde humana, pela contaminação de alimentos in natura e seus derivados. Além disso, os agroquímicos, em determinadas situações, eliminam não apenas o agente causador do dano/prejuízo, mas também inimigos naturais dos mesmos, interferindo no equilíbrio ecológico de uma propriedade e/ou região. Desta forma, a quantidade de agroquímicos aplicada é uma indicação do potencial de impacto, tanto no sentido de auxiliar a produtividade das culturas quanto nos impactos negativos mencionados.

e) Variáveis envolvidas: quantidade anual de fertilizantes aplicados, área cultivada pelas principais culturas agrícolas, índice médio de necessidade de aplicação.

f) Relação com a sustentabilidade: o indicador tem relação com a produção de uma cultura agrícola qualquer, que proporciona a geração de renda da atividade agrícola. Por outro lado, tem impactos negativos sobre o ambiente, devido ao seu potencial contaminador do solo e da água e de sua ação sobre inimigos naturais e outros animais, o que implica na redução da diversidade biológica. A garantia de renda e a presença de diversidade biológica são fatores que proporcionam maior grau de sustentabilidade a um sistema do que regiões/locais com dificuldades de geração de renda e baixa diversidade biológica.

g) Relação com outros indicadores: número de atividades agropecuárias; porcentagem de área com florestas; porcentagem de área agrícola útil; quantidade de cultivos praticados; variação do rendimento de grãos do trigo; área cultivada per capita; relação rendimento de grãos do trigo x rendimento de grãos das principais culturas agrícolas; variação da produtividade da terra; variação dos preços pagos pelo trigo.

h) Objetivo a alcançar: ajustar o uso de agroquímicos a níveis estritamente necessários, de maneira que seja reduzido o potencial de impacto sobre o ambiente.

Volume de água disponível na área de produção de trigo

- a) Dimensão de sustentabilidade: ambiental.
- b) Propriedade: produtividade.
- c) Descritor: disponibilidade ambiental.
- d) Descrição do indicador: água é o insumo mais importante para permitir a produtividade agrícola, por inúmeras razões. A falta dela, mesmo que em períodos muito curtos, pode levar a perdas significativas na produção de alimentos. Sua disponibilidade está ligada a fatores ambientais, como a ocorrência de precipitação pluvial, e a características de solo que determinam sua retenção, mas também pode ser suprida via irrigação. No primeiro caso, tem um custo econômico muito baixo, tendendo a zero, enquanto que, no caso da irrigação, os custos de produção aumentam. O correto aproveitamento das precipitações pluviais e/ou condição de umidade ambiental e do solo é o caminho mais eficiente, dos pontos de vista econômico e ambiental, para garantir a produção agrícola e diminuir impactos negativos sobre as culturas.
- e) Variáveis envolvidas: precipitação pluvial; temperatura do ar; tipo de solo.
- f) Relação com a sustentabilidade: com a produtividade das culturas agrícolas e, principalmente, com a manutenção da produtividade sob o ponto de vista espacial e temporal. Regiões ou locais com baixa disponibilidade de água no solo são altamente sensíveis às ações externas, configurando baixa capacidade de absorção de impactos. Como a água é essencial à preservação da vida e a vida é a essência básica da sustentabilidade, deduz-se que baixa disponibilidade de água está ligada a níveis mais baixos de sustentabilidade, no caso de áreas de produção agrícola.
- g) Relação com outros indicadores: variação da produtividade da terra; variação do impacto regional dos fenômenos El Niño e La Niña; número de atividades agropecuárias; densidade de recursos hídricos; potencial de erosão do solo; porcentagem de adequação do uso do solo; porcentagem de adequação do tipo de solo; quantidade de cultivos praticados.
- h) Objetivo a alcançar: aumentar a disponibilidade de água no solo, por meio de técnicas de manejo que favoreçam a retenção da água da chuva dentro das áreas de lavouras e que proporcionem maior capacidade de infiltração pelo solo.

Indicadores da dimensão econômica da sustentabilidade

Variação do rendimento de grãos do trigo

- a) Dimensão de sustentabilidade: econômica.
- b) Propriedade: rendimento de grãos.
- c) Descritor: eficiência produtiva.
- d) Descrição do indicador: as oscilações de rendimento de grãos na cultura de trigo é fato conhecido e estão associadas a fatores de ordem climática/meteorológica e ao nível de tecnologia/insumos adotado pelo agricultor. Porém, mesmo em anos com rendimento elevado de grãos, a qualidade tecnológica do trigo produzido pode deixar a desejar, principalmente devido às condições meteorológicas propícias a doenças de espiga, como giberela, bem como devido a problemas de excesso de chuva na colheita e a características da própria cultura, como diluição da proteína pelo rendimento de grãos elevado. Nestas condições, o mercado pode reduzir o preço pago pelo produto e, por conseguinte, o agricultor pode ter menor renda com a atividade.
- e) Variáveis envolvidas: produção de trigo, área colhida, preço pago ao agricultor.

f) Relação com a sustentabilidade: este indicador tem relação com a estabilidade do rendimento de grãos ao longo do tempo, uma vez que isso é fator decisivo para a tomada de decisão do agricultor em continuar a cultivar trigo. O fato de o agricultor manter o cultivo do trigo ano após ano é condição que contribui para a sustentabilidade da produção desta cultura na região Sul do Brasil.

g) Relação com outros indicadores: tem relação com o indicador de geada na floração, chuva na colheita, diversidade de cultivo e fontes de renda.

h) Objetivo a alcançar: desenvolver produtos e processos capazes de manter elevado rendimento de grãos, com qualidade tecnológica compatível com a demanda do mercado, ao longo do tempo.

Variação da renda com a cultura do trigo

a) Dimensão de sustentabilidade: econômica.

b) Propriedade: estabilidade.

c) Descritor: renda agrícola.

d) Descrição do indicador: o cultivo do trigo na região Sul do Brasil nem sempre é feito com uso de tecnologia/insumos adequado, o que leva a níveis baixos de rendimento de grãos e, conseqüentemente, da renda obtida com a cultura. As condições meteorológicas nem sempre favoráveis são fatores que contribuem, significativamente, na redução do rendimento de grãos e na qualidade dos mesmos, repercutindo na geração de renda. A associação destes fatores não é rara e a consequência não atinge apenas a geração de renda no ano do cultivo, mas interfere na decisão do agricultor em cultivar trigo nos anos subsequentes e/ou na adoção do nível tecnológico/insumos. Com isso, aumenta a variação interanual da renda associada à cultura de trigo.

e) Variáveis envolvidas: área cultivada; produção, preço médio pago ao agricultor.

f) Relação com a sustentabilidade: a geração de renda com a atividade de cultivo de trigo é uma das condições necessárias para sustentabilidade associada à cultura, por interferir em vários outros processos associados. No entanto, a manutenção de uma renda estável, ao longo do tempo, com a cultura de trigo é tão importante quanto a própria geração de renda. A estabilidade temporal da renda é um dos fundamentos do conceito de sustentabilidade adotado em trabalhos sobre o tema.

g) Relação com outros indicadores: variação da ocorrência de epidemias; porcentagem de área agrícola útil; potencial de erosão do solo; tamanho médio das propriedades agrícolas; variação da produtividade do trigo; quantidade de cultivos praticados; frequência de chuvas na colheita, frequência de geadas na floração; variação do impacto regional dos fenômenos El Niño e La Niña; uso de fertilizantes; uso de agroquímicos; variação da produtividade da terra; variação no custo de oportunidade para a produção de trigo; variação dos preços pagos ao trigo.

h) Objetivo a alcançar: nível de estabilidade na renda recebida pelo agricultor, advinda do cultivo de trigo.

Números de atividades agropecuárias

a) Dimensão de sustentabilidade: econômica.

b) Propriedade: estabilidade.

c) Descritor: diversidade de mercados.

d) Descrição do indicador: a produção agropecuária na região produtora de trigo, no Sul do Brasil, tem a característica de associação da produção de grãos com atividades de criação de animais, em grande parte dos estabelecimentos rurais. Em muitos casos, a pecuária é utilizada para a transformação dos grãos produzidos na

propriedade em proteína animal, para agregar valor aos grãos. Em outros casos, como a criação de frangos, a atividade pecuária é mais uma fonte direta de renda para a propriedade. Além disso, a pecuária é usada também como fonte de adubo orgânico, o qual é eficiente na correção de manchas de fertilidade do solo que afetam a produtividade das lavouras e beneficia a emergência da fertilidade integral, baseada no conceito da fertilidade química, física e biológica. Nesse caso, o aumento do número de cultivos concorre para a diversificação da propriedade, em vista da possibilidade do estabelecimento de novas atividades, como a pecuária para carne ou leite, criação de frangos, suínos, entre outros.

e) Variáveis envolvidas: número de cultivos, número de criações.

f) Relação com a sustentabilidade: a realização de um conjunto diferenciado de atividades em uma propriedade agrícola possibilita diversas fontes de renda durante o ano. Além disso, o insucesso ou o baixo desempenho de uma das atividades não compromete a estrutura de produção da propriedade. Ainda, essa estratégia possibilita a adoção de atividades complementares, que se beneficiam mutuamente, ou seja, estabelece-se um processo de retroalimentação do sistema produtivo criado na propriedade. Desta maneira, esse indicador está relacionado não apenas à estabilidade na geração de renda, mas à possibilidade de exploração de diferentes mercados para os produtos da propriedade.

g) Relação com outros indicadores: porcentagem de área com florestas; porcentagem de área agrícola útil; potencial de erosão do solo; tamanho médio das propriedades agrícolas; porcentagem de adequação do uso do solo; quantidade de cultivos praticados; área cultivada per capita; variação da produtividade da terra.

h) Objetivo a alcançar: buscar aumentar a diversidade de atividade nas propriedades agrícolas, de acordo com o potencial de cada local e/ou propriedade.

Acesso a agroindústrias processadoras de trigo

a) Dimensão de sustentabilidade: econômica.

b) Propriedade: estabilidade.

c) Descritor: agregação de valor.

d) Descrição do indicador: o processamento local da produção de trigo possibilita a agregação de valor ao produto, gerando maior renda tanto para o agricultor quanto para as atividades econômicas presentes na região. Além disso, gera emprego que, por consequência, possibilita a ampliação/criação de mercado consumidor. A geração de demanda de grãos de trigo, associada à oportunidade de melhor renda pela redução de custos de transporte, favorecem a cultura de trigo, incrementando seu cultivo.

e) Variáveis envolvidas: número de agroindústrias processadoras de trigo; capacidade instalada; produção de trigo.

f) Relação com a sustentabilidade: a presença de agroindústrias implica no incremento da renda do agricultor com a cultura, devido à agregação de valor. Também, tem o potencial de melhorar a renda por reduzir custos de transporte. A criação de empregos com a presença da agroindústria e a consequente melhoria da distribuição de renda são outros fatores importantes a serem reconhecidos. Com isso, surge também um mercado consumidor, o qual é fundamental para movimentar a economia local.

g) Relação com outros indicadores: variação do impacto regional dos fenômenos El Niño e La Niña; porcentagem de área agrícola útil; quantidade de cultivos praticados; variação da produtividade do trigo; área per capita cultivada com trigo; variação local entre produção e consumo de trigo.

h) Objetivo a alcançar: desconcentrar a processamento de trigo sob o ponto de vista espacial e de volume processado, de maneira a contribuir para o surgimento de novas agroindústrias, inclusive aquelas com baixa capacidade de trabalho, mas com capacidade de processamento de trigos especiais.

Relação entre rendimento de grãos de trigo e rendimento das demais culturas agrícolas na região de cultivo

a) Dimensão de sustentabilidade: econômica.

b) Propriedade: estabilidade.

c) Descritor: produção agrícola.

d) Descrição do indicador: em diversas regiões, como no Sul do Brasil, o trigo é cultivado durante o inverno, quando é a principal cultura de grãos. No verão, existem mais opções de cultivos para a produção de grãos, normalmente melhor remuneradas, tornando-se a época mais importante em termos de quantidade de produção de grãos e também de geração de renda. Então, uma produção adequada de grãos no verão implica em melhor nível de renda e, conseqüentemente, influencia na tomada de decisão para as safras seguintes. Desta maneira, a produção conseguida durante o verão pode ser determinante na tomada de decisão para cultivo de trigo. Um dos motivos que pode confirmar essa relação é o fato de muitos agricultores adotarem culturas de cobertura do solo no inverno, como a aveia, ao invés da semeadura de trigo. É provável que essa tendência esteja relacionada também ao preço pago pelo trigo e aos impactos negativos de doenças, geadas e chuva na colheita.

e) Variáveis envolvidas: produção de trigo; área de cultivo, produção das principais culturas, área de cultivo.

f) Relação com a sustentabilidade: manutenção do cultivo de trigo em determinada região, consequência de sua relação com as culturas de verão. Quando o trigo entra no sistema de produção apenas como mais uma cultura para o preenchimento de um espaço, na maioria das vezes vem acompanhado da utilização de baixa tecnologia/insumos. Com isso, reduz a geração de renda associada à cultura e há, também, comprometimento do sistema de produção como um todo. Estes aspectos têm forte impacto sobre a sustentabilidade econômica da cultura de trigo.

g) Relação com outros indicadores: frequência de geada na floração; frequência de chuva na colheita; variação do rendimento de grãos do trigo; quantidade de cultivos praticados; porcentagem de apropriação humana da produtividade primária do ambiente natural; tamanho médio das propriedades agrícolas; porcentagem de área agrícola útil; variação da ocorrência de epidemias; variação da renda do trigo; número de atividades agropecuárias; variação do impacto regional dos fenômenos El Niño e La Niña; variação da produtividade da terra; variação do custo de oportunidade para a produção de trigo; variação local entre produção e consumo de trigo; variação dos preços pagos pelo trigo.

h) Objetivo a alcançar: consolidar o trigo como uma cultura importante dentro do sistema de produção de grãos, nos aspectos de geração de renda e de benefícios (serviços) para o sistema de produção.

Variação da produtividade da terra

a) Dimensão de sustentabilidade: econômica.

b) Propriedade: produtividade.

c) Descritor: eficiência produtiva.

d) Descrição do indicador: a produtividade da terra representa a relação entre a renda gerada por uma cultura ou culturas e a área de cultivo da mesma. Locais em que o preço recebido pela produção for mais elevado que outros e/ou a produção for maior têm um valor de produtividade da terra mais elevado. Conseqüentemente, essa condição reflete não apenas em nível de renda maior, mas também em maior valorização da propriedade ou região, bem como em um melhor nível de bem-estar e satisfação da população do campo com a atividade.

e) Variáveis envolvidas: rendimento de grãos; área útil para cultivo, preços pagos ao agricultor.

f) Relação com a sustentabilidade: a produtividade da terra é um indicador fortemente associado à viabilidade econômica de uma propriedade ou região. Havendo produtividade baixa, significa que a produção não alcança

seu potencial e/ou a remuneração da produção é baixa, indicando comprometimento com a sustentabilidade das atividades. Mais importante que o valor da produtividade é sua variação ao longo do tempo. Locais ou áreas com alta variação da produtividade da terra tendem a ter um nível de comprometimento maior da infraestrutura produtiva, do seu planejamento e das estratégias para a tomada de decisão.

g) Relação com outros indicadores: variação do rendimento de grãos do trigo; quantidade de cultivos praticados; porcentagem de adequação do uso do solo; porcentagem de apropriação humana da produtividade primária do ambiente natural; tamanho médio das propriedades agrícolas; potencial de erosão do solo; porcentagem de área agrícola útil; porcentagem de área com florestas; variação da renda de trigo; número de atividades agropecuárias; variação do impacto regional dos fenômenos El Niño e La Niña; uso médio de fertilizantes; relação rendimento de grão de trigo x rendimento das principais culturas; densidade populacional; variação dos preços pagos pelo trigo.

h) Objetivo a alcançar: aumentar a produtividade da terra e diminuir sua variabilidade espaço-temporal para garantir renda mínima capaz de permitir a reprodução social da população que vive no campo.

Variação do custo de oportunidade para a produção de trigo

a) Dimensão de sustentabilidade: econômica.

b) Propriedade: produtividade.

c) Descritor: produção agrícola.

d) Descrição do indicador: na região Sul do Brasil, o trigo não é mais a principal cultura de grãos, como foi no passado. Nesse cenário, a tomada de decisão para cultivar trigo está associada a diversos fatores. Entre eles, destacam-se o desempenho, em termos de geração de renda, com a safra de produção de grãos no verão, com o desempenho da safra de trigo no ano anterior e com a expectativa de preço a receber pelo trigo. Com esses e outros elementos, o agricultor estabelece o seu custo/benefício em semear trigo ou não em determinada safra, e dependendo da situação na qual ele se encontra, em termos de capacidade de investimento e tomada de decisão.

e) Variáveis envolvidas: rendimento de grãos de trigo; rendimento de grãos das principais culturas de verão; preço pago pelo trigo; preço pago pelas culturas de verão.

f) Relação com a sustentabilidade: o indicador tem relação com a manutenção do cultivo de trigo em determinada região, ao longo do tempo. Quando o trigo deixa de ser uma cultura tradicional, ou seja, é cultivado apenas quando o custo/benefício for favorável, há perdas do ponto de vista da tecnologia de produção pela descontinuidade do cultivo. Essa condição pode afetar diversos elos da cadeia produtiva regional e comprometer o desempenho da cultura no contexto das demais atividades e, por consequência, na geração de renda.

g) Relação com outros indicadores: variação da produtividade da terra; relação rendimento de grãos de trigo x rendimento das principais culturas; área per capita cultivada com trigo; agroindústrias processadoras de trigo; variação do impacto dos fenômenos El Niño e La Niña; número de atividades agropecuárias; variação da renda de trigo; variação de ocorrência de epidemias; porcentagem de área com florestas; porcentagem de área agrícola útil; número de organizações associativas agrícolas; tamanho médio das propriedades agrícolas; quantificação de cultivos praticados; variação do rendimento de grãos de trigo.

h) Objetivo a alcançar: consolidar o trigo como uma cultura importante dentro do sistema de produção de grãos praticado em uma região, para incorporar outros benefícios da cultura ao sistema de produção, como a produção de palha, controle de plantas daninhas e ciclagem de nutrientes.

Variação dos preços pagos pelo trigo

a) Dimensão de sustentabilidade: econômica.

b) Propriedade: estabilidade.

c) **Descritor:** preços.

d) **Descrição do indicador:** o trigo é um cereal que tem apresentado oscilações de preço consideráveis ao longo das safras. As razões que levam a essa variação nos preços pagos ao agricultor devem-se, basicamente, às oscilações da produção de safras anteriores, à expectativa de produção da safra atual, à qualidade tecnológica do trigo produzido e à quantidade ou variação da quantidade de trigo importado. O fator preço e sua variação implicam fortemente na área a ser cultivada e no nível tecnológico/insumos a ser adotado, que, por consequência, pode afetar negativamente a quantidade e a qualidade do produto final colhido, resultando em menores preços.

e) **Variáveis envolvidas:** preço pago pelo trigo; período de oferta do produto no mercado.

f) **Relação com a sustentabilidade:** elevadas oscilações de preços, principalmente entre safras, implicam em incertezas frente ao cultivo de trigo e ao nível de tecnologia/insumos a ser adotado. Por consequência, haverá instabilidade na renda obtida com a cultura, comprometendo a sustentabilidade sob o ponto de vista econômico. Ainda, o não cultivo de trigo implica em maiores custos fixos para as lavouras de verão, uma vez que ambas utilizam, praticamente, a mesma infraestrutura de produção, colheita e armazenagem.

g) **Relação com outros indicadores:** variação do rendimento de grãos de trigo; quantidade de cultivos praticados; número de atividades agropecuárias; variação do impacto regional dos fenômenos El Niño e La Niña; relação entre rendimento de grãos de trigo x rendimento das principais culturas; variação do custo de oportunidade para a produção de trigo.

h) **Objetivo a alcançar:** reduzir a variabilidade espaço-temporal do preço de trigo pago ao agricultor.

Indicadores da dimensão social da sustentabilidade

Tamanho médio das propriedades agrícolas

a) **Dimensão de sustentabilidade:** social.

b) **Propriedade:** equidade.

c) **Descritor:** propriedades agrícolas.

d) **Descrição do indicador:** o tamanho de uma propriedade agrícola e a concentração de propriedades de determinados tamanhos são fatores importantes na tomada de decisão pelo agricultor e por formuladores de políticas públicas. No caso do agricultor, o tamanho da propriedade está associado à definição de sistemas de produção, das culturas a serem cultivadas, do nível de tecnologia a ser adotado, entre outras decisões. E, no caso de políticas públicas, pode implicar em questões de programas relacionados a políticas de crédito e seguro agrícola, de transferência de tecnologia, entre outras. Este indicador busca identificar o tamanho médio das propriedades nos diferentes municípios/regiões do estudo e sua implicação com a produção de trigo.

e) **Variáveis envolvidas:** número de propriedades/proprietários; área de terra de cada propriedade.

f) **Relação com a sustentabilidade:** a concentração de terras exclui pessoas do meio rural e as desloca para a cidade, na maioria das vezes para as áreas mais carentes. Neste caso, além de ter sua situação de vida agravada, contribui para a degradação da vida na cidade. Também, o processo de concentração de terras em mãos de poucas pessoas normalmente implica em maior adoção de monocultivo, praticado conforme ditames do mercado. A manutenção de maior número de pessoas no campo, vivendo com a renda da terra, e a partir de cultivos diversificados, são padrões de maior sustentabilidade, quando comparada à situação contrária.

g) **Relação com outros indicadores:** quantidade de cultivos praticados, número de atividades agrícolas, percentagem de áreas com florestas, área cultivada per capita e distribuição etária da população.

h) **Objetivo a alcançar:** maior equidade na distribuição de terras, mas com propriedades que garantam níveis produtivos suficientes para permitir a reprodução do homem do campo e atender aos anseios de comércio interno/externo do país.

Número de organizações associativas agrícolas

- a) Dimensão de sustentabilidade: social.
- b) Propriedade: equidade.
- c) Descritor: organizações sociais.
- d) Descrição do indicador: as organizações sociais, como cooperativas, associações de agricultores, sindicatos ligados à atividade agrícola, entre outras, são agentes que congregam pessoas em torno de um fim comum, que pode ser amplamente variável, e estabelecem e fortalecem laços entre as pessoas envolvidas. O número de organizações deste tipo, presentes em um determinado local, pode ser um indicador para o número de pessoas que vivem nesse local, que estão organizadas por meio de relações produtivas sinérgicas e que estabelecem interações em outros níveis da teia social. A vida em comunidade condiz com a ecologia humana e confere maior grau de manutenção e reprodução social das pessoas envolvidas.
- e) Variáveis envolvidas: área de abrangências das organizações, número de associados.
- f) Relação com a sustentabilidade: a sustentabilidade, na dimensão social, tem, na sua essência, uma forte ligação com participação social, distribuição de renda, qualidade de vida, entre outros. Além disso, fortalece as relações entre o homem do campo e o mercado, fator de grande importância para a manutenção da propriedade, dos meios de produção e da capacidade de reprodução da família. A organização da população em associações/organizações é um meio que facilita a apropriação de informações e conhecimentos acerca da produção agropecuária.
- g) Relação com outros indicadores: tamanho médio das propriedades agrícolas, quantidade de cultivos praticados, área cultivada per capita, frequência média de anos na escola.
- h) Objetivo a alcançar: buscar o incremento da atividade tritícola de forma cooperativa/associativa, para aumentar a capacidade de negociação na venda dos produtos agrícolas e na compra de insumos, e para aumentar a participação social, além de implementar novos cultivos associados ao trigo.

Índice de desenvolvimento humano

- a) Dimensão de sustentabilidade: social.
- b) Propriedade: equidade.
- c) Descritor: bem-estar.
- d) Descrição do indicador: o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) é uma medida do bem-estar da população de um local, envolvendo tanto as pessoas que vivem no meio rural quanto aquelas que vivem no meio urbano. É calculado a partir das variáveis: longevidade, educação e renda. O mesmo está disponível para todos os municípios brasileiros e pode ter associação muito forte com a atividade agrícola, principalmente nos municípios que apresentam elevada participação da agricultura na formação da renda municipal, o que é o caso da maioria dos municípios que cultivam trigo, no Sul do Brasil.
- e) Variáveis envolvidas: longevidade, educação, renda, população rural e urbana, área do município.
- f) Relação com a sustentabilidade: o bem-estar da população de um local e/ou a nível familiar está relacionado com a satisfação das necessidades das mesmas, ou seja, se os fatores produtivos, de geração de renda, de convívio social, entre outros, estão, de certa forma, atendidos. Em locais ou áreas em que este índice é mais elevado, também é maior a expectativa de que ações sejam desencadeadas para a preservação dos meios de produção atuais, para que as gerações futuras também consigam apropriar-se dos mesmos meios e manter um nível de vida igual ou superior, em termos de bem-estar, ao da população que vive em locais com menor índice.
- g) Relação com outros indicadores: variação do rendimento de grãos de trigo, potencial de erosão do solo, quantidade de cultivos praticados, porcentagem de área agrícola útil, número de políticas e regulamentações ambientais, frequência média de anos de escolaridade, área cultivada per capita, distribuição etária da população.

h) Objetivo a alcançar: melhorar o IDH dos municípios com potencial ambiental de cultivo de trigo, para que a cultura seja cultivada em áreas com maior capacidade de preservação dos meios de produção naturais.

Políticas públicas e regulamentações ambientais

a) Dimensão de sustentabilidade: social.

b) Propriedade: estabilidade.

c) Descritor: ambiente.

d) Descrição do indicador: o estabelecimento de políticas públicas e regulamentações associadas ao ambiente é fato real na atualidade. Isso se dá por força da ação da sociedade, via os meios de pressão que a mesma exerce sobre a opinião pública. A presença de órgãos públicos e/ou regulamentações ligadas à questão ambiental demonstra, ainda que de forma incipiente, a existência de preocupação das pessoas com o ambiente em que vivem. O acesso livre a essas informações está disponível ao cidadão, para cada município do Brasil.

e) Variáveis envolvidas: presença ou ausência de políticas públicas e órgãos ligados ao ambiente com orientação agrícola.

f) Relação com a sustentabilidade: a presença ou ausência de políticas públicas e/ou ações de preservação ambiental denota a maior ou menor preocupação com a preservação da diversidade biológica, do ar, da água, dos solos e de outros fatores/elementos com forte ligação com o conceito de sustentabilidade. O fato de preservar tem implícita a preocupação com o bem-estar atual e, principalmente, com as gerações futuras, a qual é a essência do conceito de sustentabilidade norteadora de trabalhos, na condição atual.

g) Relação com outros indicadores: porcentagem de área agrícola útil, porcentagem de área com florestas; potencial de erosão do solo.

h) Objetivo a alcançar: consolidar a implementação de políticas públicas e a implantação de órgãos públicos ligados ao meio ambiente.

Frequência média de anos na escola

a) Dimensão de sustentabilidade: social.

b) Propriedade: equidade.

c) Descritor: acesso à escola.

d) Descrição do indicador: a educação é um meio de inclusão das pessoas à sociedade, nos seus mais diversos segmentos. Entre outros benefícios, coloca o ser humano em contato com a informação, o que proporciona a criação de conhecimento e a evolução como ser humano. O impacto desse processo leva a melhores níveis de distribuição de renda, uma vez que novas oportunidades de emprego e gerenciamento da renda tornam-se disponíveis. Essas oportunidades tendem a ser mais bem aproveitadas por pessoas que estão acima de uma determinada linha de escolaridade e que, portanto, têm disponíveis os meios para tal fim.

e) Variáveis envolvidas: tempo médio de escolaridade; total da população do local.

f) Relação com a sustentabilidade: o grau de conhecimento de uma determinada população implica fortemente na sua tomada de decisão. O acesso aos avanços da tecnologia é favorecido quando o grau de instrução é maior. Além disso, um maior grau de instrução implica em maior socialização do conhecimento, o que está fortemente ligado com a noção de sustentabilidade.

g) Relação com outros indicadores: número de atividades agropecuárias praticadas; Índice de Desenvolvimento Humano; distribuição etária da população; variação da produtividade da terra; densidade populacional.

h) Objetivo a alcançar: elevar o nível de escolaridade das populações rurais de maneira que tenham mais argumentos para tomada de decisão e adoção de níveis tecnológicos e tipos de tecnologias.

Área per capita cultivada com trigo

a) Dimensão de sustentabilidade: social.

b) Propriedade: equidade.

c) Descritor: disponibilidade de solo agrícola.

d) Descrição do indicador: a quantidade de terras aptas para as atividades agrícolas e a quantidade de pessoas de uma determinada região possibilitam traçar uma relação em que é possível conhecer a capacidade de alimentação das pessoas daquele local em questão, cruzando a produção local com a população. Quando os recursos naturais não permitem o completo atendimento das necessidades alimentares da população local, os alimentos são importados de outros locais próximos ou mais distantes, dependendo do produto. Essa relação implica em estratégias diferentes de governança da matriz produtiva primária e de toda a logística de transporte e armazenamento dos produtos vindos de outros ambientes, o que, inevitavelmente, aumenta os custos associados a esse produto e implicações ambientais em função da emissão de material particulado e Gases de Efeito Estufa (GEE) pelo transporte.

e) Variáveis envolvidas: área de terra cultivada; produção de trigo; consumo per capita de trigo, número de habitantes.

f) Relação com a sustentabilidade: o atendimento das necessidades da população, a partir dos recursos naturais e/ou estratégias produtivas locais, está intimamente associado ao conceito de sustentabilidade adotado na maioria dos trabalhos sobre o tema. Quando isso não é possível, significa que há fatores de estresse fortes sobre o referido ambiente, como, por exemplo, uma superpopulação, em relação à capacidade de suporte do ambiente. Neste cenário, o risco da população atual e futura não se manterem frente aos estresses é elevado, contrariando os pressupostos da sustentabilidade. Além disso, a importação de produtos não garante a sustentabilidade daquela população, uma vez que os produtos importados poderão faltar a qualquer momento, já que a população local não tem o controle sobre a produção dos mesmos. Também, importar produtos significa maiores custos e, conseqüentemente, menor capacidade de adquiri-los pelos consumidores, impactando na renda disponível para outros fins e no bem-estar da população.

g) Relação com outros indicadores: quantidade de cultivos praticados; porcentagem de apropriação humana da produtividade primária do ambiente natural; potencial de erosão do solo; porcentagem de área agrícola útil; densidade de recursos hídricos; porcentagem de área com florestas; número de atividades agropecuárias; variação local entre produção e consumo de trigo.

h) Objetivo a alcançar: atingir área de produção de trigo que atenda à demanda local, com excedente que possa ser exportado para outras regiões.

Distribuição etária da população do campo

a) Dimensão de sustentabilidade: social.

b) Propriedade: estabilidade.

c) Descritor: população.

d) Descrição do indicador: a continuidade do processo produtivo na agricultura, principalmente daquela de regime familiar, depende do processo sucessório de propriedade da terra. Quando não há a sucessão da posse é forte a probabilidade daquela propriedade rural desaparecer do processo produtivo ou de ser incorporada pelas propriedades anexas. Isso acontece quando a faixa etária média do meio rural é elevada, indicando baixa

quantidade de jovens presentes no meio rural. O êxodo dos mais jovens tem várias causas diretas e indiretas, mas a principal certamente é a renda insuficiente para o atendimento das expectativas de consumo dos mesmos, especialmente para aquisição de bens que os tornam menos diferentes da população que vive nas regiões urbanas.

e) Variáveis envolvidas: população em diferentes faixas etárias em determinada área.

f) Relação com a sustentabilidade: o indicador tem relação com a sucessão da propriedade da terra, a qual é fortemente relacionada com a sustentabilidade do processo produtivo. Quando a sucessão é dificultada, pela falta de pessoas em faixa etária mais baixa, a propriedade e todo o conhecimento acumulado pelo agricultor tendem a desaparecer. Assim, o sistema produtivo praticado também pode ser perdido, de maneira que aquela propriedade se torne insustentável.

g) Relação com outros indicadores: média de anos de escolaridade; Índice de Desenvolvimento Humano; tamanho médio das propriedades agrícolas; variação da produtividade da terra; densidade populacional.

h) Objetivo a alcançar: ampliar a faixa etária média da população que vive no meio rural, apoiando mecanismos que favoreçam a fixação dos jovens no meio rural.

Densidade populacional

a) Dimensão de sustentabilidade: social.

b) Propriedade: estabilidade.

c) Descritor: população.

d) Descrição do indicador: a concentração da população em um determinado local pode acontecer por inúmeros fatores. Normalmente, está associada a oportunidades de trabalho criadas por agentes públicos e/ou privados. Grande parte da concentração populacional deve-se ao êxodo rural, associado à mecanização do campo e à redução da oferta de emprego. A distribuição da população no espaço implica em várias ações para atender as suas necessidades, dentre elas o suprimento de alimentos. Desta forma, locais com elevada concentração de população são centros consumidores de alimentos por excelência, enquanto locais com baixa densidade populacional são centro produtores e exportadores de alimentos, quando o ambiente assim proporciona.

e) Variáveis envolvidas: número de pessoas, área de estudo.

f) Relação com a sustentabilidade: embora a concentração de pessoas seja um aspecto importante para alavancar o desenvolvimento, apresenta uma face perversa sob o ponto de vista da sustentabilidade. Um dos impactos negativos é a geração de resíduos em quantidade superior à capacidade de absorção do ambiente local. A concentração de pessoas implica em fluxo de mercadorias para atendimento de demandas locais. No caso de alimentos, na maioria das vezes, o centro de produção está longe dos grandes centros consumidores. Um mercado concentrado é muito mais vulnerável a ações perversas do que um mercado mais distribuído e diversificado. Assim, a produção de alimentos e seu consumo em locais próximos são mais sustentáveis do que quando a produção de alimentos e o centro consumidor são muito distantes. Este é o caso da produção de trigo.

g) Relação com outros indicadores: distribuição etária; área per capita cultivada com trigo; frequência média de anos de escolaridade; índice de desenvolvimento humano; número de organizações associativas agrícolas; tamanho médio das propriedades agrícolas; porcentagem de apropriação humana da produtividade primária líquida do ambiente natural.

h) Objetivo a alcançar: atingir um nível de distribuição da população de maneira que contribua para o estabelecimento de mercados regionalizados de trigo e para a redução dos níveis de impacto sobre o ambiente.

Considerações finais

O texto apresentado não tem a intenção de esgotar o assunto sobre indicadores de sustentabilidade para trigo. Pelo contrário, tem a finalidade de iniciar e buscar construir, conjuntamente, a discussão sobre o assunto, especialmente sobre o conjunto de indicadores de sustentabilidade aqui descritos. O mesmo foi estabelecido como âncora para projetos de pesquisa e faz parte de esforço inicial para a inserção deste assunto no âmbito da complexidade das discussões científicas de uma instituição de pesquisa, no caso, a Embrapa Trigo.

Os assuntos abordados e os indicadores apresentados poderão e deverão ser ratificados à luz do avanço e da evolução do conhecimento, em consonância com a contribuição de especialistas no tema e de agentes relevantes da cadeia produtiva, que se somarão aos esforços de desenvolvimento do tema da sustentabilidade dentro de instituições de ciência e tecnologia no Brasil.

Reconhecer a necessidade de melhorar/alterar a descrição dos indicadores, como também incentivar o envolvimento da comunidade científica atuante nas ciências agrárias no Brasil com o conceito de sustentabilidade e a relação entre indicadores, faz parte da própria sustentabilidade do tema dentro da ciência e, portanto, da sustentabilidade da própria ciência.

Intenciona-se que este documento seja mais um instrumento orientador para o estabelecimento de ações de avaliação/pesquisa em sustentabilidade da cultura de trigo e de outras atividades agrícolas e/ou sistemas. É o nosso entendimento que, assim, se constrói o conhecimento e se fortalece o consenso acerca do tema da sustentabilidade, que é complexo e polêmico, no meio científico que, em geral, por tradição, é conservador.

Referências

- ALTIERI, M. A. **Agroecologia: as bases científicas para a agricultura sustentável**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1989. 433 p.
- AMADOR, M. B. M. **Sistemismo e sustentabilidade: questão interdisciplinar**. São Paulo: Scortecci, 2011. 142 p.
- ANDRADE, E. M. de; CARNEIRO NETO, J. A.; ROSA, M. F.; PALÁCIO, H. A. Q.; RODRIGUES, J. O. Classificação da sustentabilidade das unidades de produção agrícola no perímetro irrigado Araras Norte, Ceará. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 10, n. 2, p. 157-164, 2009.
- ASENDORPF, J. B. **Psychologie der Persönlichkeit**. Berlin: Springer. 2004. 517p.
- BELLEN, H. M. Van. **Indicadores de sustentabilidade: uma análise comparativa**. Rio de Janeiro: Ed. FGV, 2005. 259 p.
- BOSEL, H. **Indicators for sustainable development: teory, method, applications**. Winnipeg: International Institute for Sustainable Development, 1999. 124 p. Disponível em: <<https://www.iisd.org/pdf/balatonreport.pdf>>. Acesso em: 15 abr. 2015.
- BOUNI, C. Indicateurs de développement durable: l'enjeu d'organiser une information hétérogène pour préparer une décision multicritère. In: COLLOQUE INTERNATIONAL SUR INDICATEURS DE DÉVELOPPEMENT DURABLE, 1996, Abbay de Fontevraud. **Annales...** [S.l.: s.n.], 1996.
- BRUNDTLAND, N. **Our common future**. Report of the World Commission on Environment and Development, United Nations. 1987. Disponível em: <<https://www.cpp.edu/~tgyoung/rs510/1987-brundtland.pdf>>. Acesso em: 11 dez. 2015.
- CAMINO, R. V. de; MULLER, S. **Sostenibilidad de la agricultura y los recursos naturales: bases para establecer indicadores**. San José: IICA, 1993. Proyecto IICA/GTZ. 134p. (IICA. Documentos de programas, 38).

- CAO, M.; PRINCE, S. D.; SMALL, J.; GOETZ, S. J. Remotely sensed interannual variations and trends in terrestrial net primary productivity 1981-2000. **Ecosystems**, New York, v. 7, n. 3, p. 233-242, 2004.
- DAMIANI, L. F. **Epistemología y ciencia en la modernidade**. Caracas: UCV, FACES, 1997. 275p.
- DIAS, R. **Gestão ambiental: responsabilidade social e sustentabilidade**. São Paulo: Atlas, 2007. 196 p.
- ELKINGTON, J. **Sustentabilidade: canibais com garfo e faca**. São Paulo: M. Books do Brasil, 2012. 488 p.
- FACÓ, J. F. B.; HABER, J.; TOMIOKA, J.; LOURENÇO, S. R.; BERTO JÚNIOR, C. Divisão e organização do trabalho nas atividades de reciclagem de resíduos sólidos urbanos: estudo de inclusão social e sustentabilidade. In: SAFETY, HEALTH AND ENVIRONMENT WORLD CONGRESS, 13., 2013, Porto, Portugal. **Developing a healthier environment under worldwide economical constraints: proceedings**. Porto: SHEWC, 2013. p. 398-401.
- FARROW, A.; WINOGRAD, M. Land use modelling at the regional scale: an input to rural sustainability indicators for Central America. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 85, n. 1/3, p. 249-268, 2001.
- FENG, X.; LIU, G.; CHEN, J. M.; LIU, J.; JU, W. M.; SUN, R.; ZHOU, W. Net primary productivity of China`s terrestrial ecosystems from a process model driven by remote sensing. **Journal of Environmental Management**, New York, v. 85, n. 3, p. 563-573, 2007.
- FERRAZ, J. M. G. As dimensões da sustentabilidade e seus indicadores. In: MARQUES, J. F.; SKORUPA, L. A.; FERRAZ, J. M. G. **Indicadores de sustentabilidade em agroecossistemas**. Jaguariuna: Embrapa Meio Ambiente, 2003. p. 15-35.
- FIELD, C. B.; RANDERSON, J. T.; MALMSTRÖM, C. M. Global net primary production: combining ecology and remote sensing. **Remote Sensing Environment**, New York, v. 51, n. 1, p. 74-88, 1995.
- FRANÇA, S. L. B.; QUELHAS, O. L. G. Produção mais limpa: sustentabilidade para as micro e pequenas empresas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA EM RESÍDUOS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 2004, Costão do Santinho, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ICTR, 2004. p. 451-457.
- GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. Porto Alegre: UFRGS, 2000. 653 p.
- GOMES, M. L.; MARCELINO, M. M.; ESPADA, M. **Proposta para um sistema de indicadores de desenvolvimento sustentável**. [Amadora]: Direção Geral do Ambiente, 2000. 228 p. Disponível em: <http://www.apambiente.pt/_cms/view/page_doc.php?id=308>. Acesso em: 05 nov. 2015.
- HAMMOND, A.; ADRIAANSE, A.; RODENBURG, E.; BRYANT, D.; WOODWARD, R. **Environmental indicators: a systematic approach to measuring and reporting on environmental policy performance in the context of sustainable development**. Washington: WRI, 1995. 53 p.
- HANLEY, N.; MOFFATT, I.; FAICHNEY, R.; WILSON, M. Measuring sustainability: a time series of alternative indicators for Scotland. **Ecological Economics**, New York, v. 28, n. 1, p. 55-73, 1999.
- HATCHUEL, G.; POQUET, G. **Indicateurs sur la qualité de vie urbaine et sur l`environnement**. Paris: Credoc, 1992. 58 p.
- KAGAWA, F. Dissonance in students`perceptions of sustainable development and sustainability Implications for curriculum change. **International Journal of Sustainability in Higher Education**, Hamburg, v. 8, n. 3, p. 317-338, 2007.
- KHALIL, D.; RAMZY, O.; MOSTAFA, R. Perception towards sustainable development concept: Egyptian students` perspective. **Sustainability Accounting, Management and Policy Journal**, Durham, v. 4, n. 3, p. 307-327, 2013.

LIMA, S. F. Introdução ao conceito de sustentabilidade aplicabilidade e limites. **Caderno da Escola de Negócios**, Curitiba, v. 4, n. 4, p. 1-14, 2006.

MAGRI, F. C. **Fundamentos para a implantação e avaliação da produção sustentável de grãos**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2008. 228 p.

MARIOTTI, H. **Complexidade e sustentabilidade**: o que se pode e o que não se pode fazer. São Paulo: Atlas, 2013. 258 p.

MARZALL, K. **Indicadores de sustentabilidade para agroecossistemas**. 1999. 208 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

MEADOWS, D. **Indicators and Information systems for sustainable development**: a report to the Balaton Group. Hartland Four Corners: The Sustainability Institute, 1998. 95 p.

MENDES, J. M. G. Dimensões da sustentabilidade. **Revista das Faculdades Santa Cruz**, Santa Cruz, v. 7, n. 2, p. 49-59, 2009.

MITCHELL, G. Problems and fundamentals of sustainable development indicators. **Sustainable Development**, Sydney, v. 4, n. 1, p. 1-11, 1996.

MONTIBELLER FILHO, G. **O mito do desenvolvimento sustentável: meio ambiente e custos sociais no moderno sistema produtor de mercadorias**. Florianópolis: Ed. UFSC, 2001. 306 p.

MOURA, L. G. V. **Indicadores para a avaliação da sustentabilidade em sistemas de produção da agricultura familiar**: o caso dos fumicultores de Agudo-RS. 2002. 230 p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Rural) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

OLIVEIRA, L. R. de; MEDEIROS, R. M.; TERRA, P. de B.; QUELHAS, O. L. G. Sustentabilidade: da evolução dos conceitos à implementação como estratégia nas organizações. **Produção**, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 70-82, 2012.

PÉREZ-GIL, J. A.; MOSCOSO, S. C.; RODRÍGUEZ, R. M. Validez de constructo: el uso de análisis factorial exploratorio-confirmatorio para obtener evidencias de validez. **Revista Psicothema**, Oviedo, v. 12, n. 2, p. 442-446, 2000.

PESSOA, M. C. P. Y; GHINI, R.; MARQUES, J. F.; SKORUPA, L. A.; BRANDÃO, M. S. B.; CASTRO, V. L. S. de; SAITO, M. L.; FERRAZ, J. M. G. Modelo conceitual de indicadores de sustentabilidade para a microbacia do córrego Taquara Branca, Sumaré, SP. In: MARQUES, J. F.; SKORUPA, L. A.; FERRAZ, J. M. G. **Indicadores de sustentabilidade em agroecossistemas**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2003. p. 109-127.

PHILLIS, Y. A.; ANDRIANTIATSAHOLINIAINA, L. A. Sustainability: an ill-defined concept and its assessment using fuzzy logic. **Ecological Economics**, New York, v. 37, n. 3, p. 435-456, 2001.

ROSA, L. A. B. da; GOMES, C. M.; KNEIPP, J. M.; BICHUETI, R. S. O poder de inovação e a implementação da estratégia para a sustentabilidade no setor mineral brasileiro. **Revista Ibero Americana de Estratégia**, São Paulo, v. 13, n. 1, p. 49-63, 2014.

ROZADOS, H. B. F. Uso de Indicadores na Gestão de Recursos de Informação. **Revista Digital de Biblioteconomia e Ciências da Informação**, Campinas, v. 3, n. 1, p. 60-76, 2005.

RUSCHMANN, D. **Metodologias de capacidade de carga**. Palestra apresentada no 1º Seminário Capacidade de Suporte Ambiental nas Regiões Metropolitanas do Brasil, Brasília, DF, 2012.

SIENA, O. Método para avaliar desenvolvimento sustentável: técnicas para escolha e ponderação de aspectos e dimensões. **Produção**, São Paulo, v. 18, n. 2, p. 359-374, 2008.

SUN, R.; CHEN, J. M.; ZHU, Q.; ZHOU, Y.; LIU, J.; LI, J.; LIU, S.; YAN, G.; TANG, S. Spatial distribution of net primary productivity and evapotranspiration in Changbaishan Natural Reserve, China, using Landsat ETM+ data. **Canadian Journal Remote Sensing**, Ottawa, v. 30, n. 5, p. 731-742, 2004.

VIGLIZZO, E. F.; PORDOMINGO, A. J.; CASTRO, M. G.; LERTORA, F. A. Environmental assessment of agriculture at a regional scale in the pampas of Argentina. **Environmental Monitoring and Assessment**, Dordrecht, v. 87, n. 2, p. 169-195, 2003.

Embrapa

Trigo