

**Indicadores de sustentabilidade da cadeia produtiva da soja no Brasil**



CGPE 11355

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

# **Documentos 351**

## **Indicadores de sustentabilidade da cadeia produtiva da soja no Brasil**

*Marcelo Hiroshi Hirakuri  
Cesar de Castro  
Julio Cezar Franchini  
Henrique Debiasi  
Sérgio de Oliveira Procópio  
Alvadi Antonio Balbinot Junior  
Autores*

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

#### **Embrapa Soja**

Rodovia Carlos João Strass, acesso Orlando Amaral, Distrito de Warta  
Caixa Postal 231, CEP 86001-970, Londrina, PR  
Fone: (43) 3371 6000  
Fax: (43) 3371 6100  
www.embrapa.br/soja  
cnpso.sac@embrapa.br

#### **Comitê de Publicações da Embrapa Soja**

Presidente: *Ricardo Vilela Abdelnoor*  
Secretário-Executivo: *Regina Maria Villas Bôas de Campos Leite*  
Membros: *Adeney de Freitas Bueno, Adônis Moreira, Alvadi Antonio Balbinot Junior, Claudio Guilherme Portela de Carvalho, Fernando Augusto Henning, Eliseu Binneck, Liliane Márcia Mertz Henning e Norman Neumaier.*

Supervisão editorial: *Vanessa Fuzinato Dall'Agnol*  
Normalização bibliográfica: *Ademir Benedito Alves de Lima*  
Editoração eletrônica e capa: *Thais Cavalari Rosa e Vanessa Fuzinato Dall'Agnol*  
Fotos da capa: *Julio Cezar Franchini*  
Capa: *Julio Cezar Franchini (foto), Cesar de Castro (montagem), Eliseu Binneck (edição do mapa do Brasil: fonte IBGE).*

#### **1ª edição**

Versão *on line* (2014).

#### **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 Soja**

---

Indicadores de sustentabilidade da cadeia produtiva da soja no Brasil  
[recurso eletrônico] : / Marcelo Hiroshi Hirakuri ... [et al.]. – Londrina: Embrapa Soja, 2014.  
70 p. (Documentos/ Embrapa Soja, ISSN : 2176-2937; n.351).

1.Soja – Cadeia produtiva. 2.Economia agrícola. I.Hirakuri, Marcelo Hiroshi.  
II.Título. III.Série.

CDD: 338.17334 (21.ed.)

© Embrapa 2014

## **Autores**

#### **Marcelo Hiroshi Hirakuri**

Cientista da computação e  
Administrador, M.Sc.  
Analista da Embrapa Soja  
Londrina/PR  
marcelo.hirakuri@embrapa.br

#### **Cesar de Castro**

Engenheiro Agrônomo, Dr.  
Pesquisador da Embrapa Soja  
Londrina/PR  
cesar.castro@embrapa.br

#### **Julio Cezar Franchini**

Engenheiro Agrônomo, Dr.  
Pesquisador da Embrapa Soja  
Londrina/PR  
julio.franchini@embrapa.br

# Apresentação

## **Henrique Debiasi**

Engenheiro Agrônomo, Dr.  
Pesquisador da Embrapa Soja  
Londrina/PR  
henrique.debiasi@embrapa.br

## **Sérgio de Oliveira Procópio**

Engenheiro Agrônomo, Dr.  
Pesquisador da Embrapa Tabuleiros Costeiros  
Aracaju/SE  
sergio.procopio@embrapa.br

## **Alvadi Antonio Balbinot Junior**

Engenheiro Agrônomo, Dr.  
Pesquisador da Embrapa Soja  
Londrina/PR  
alvadi.balbinot@embrapa.br

Esta publicação é o resultado do esforço conjunto de equipe multidisciplinar de diversas áreas do conhecimento da Embrapa Soja, que, ao longo dos últimos 40 anos, tem dado sustentação técnica e econômica à sojicultura nacional, por meio de um conjunto de soluções tecnológicas voltadas para o manejo racional da cultura.

Quando a Embrapa Soja iniciou seus trabalhos, a produção brasileira de soja era de 12 milhões de toneladas e a produtividade de 1,6 t/ha. Atualmente, o Brasil é uma potência agrícola, com uma produção de soja ao redor de 86 milhões de toneladas e produtividade média de 3,0 t/ha. Esta posição privilegiada ao longo do tempo e o conhecimento dos principais atores da cadeia produtiva da soja propiciaram introduzir e construir conceitos de sustentabilidade juntamente com os avanços de pesquisa e as inovações tecnológicas pelos quais a cultura tem passado.

Com o crescimento do agronegócio brasileiro, tem aumentado a importância desta *commodity* no cenário mundial. Contudo, fiel à nossa missão de “viabilizar, por meio de pesquisa, desenvolvimento e inovação, soluções para a sustentabilidade da cadeia produtiva da soja, em benefício da sociedade brasileira”, somos cientes de que a produção agrícola não é contrária aos justos interesses da sociedade pela preservação do ambiente e da necessidade de produção de alimentos mais seguros.

# Sumário

Assim, a Embrapa Soja espera, mais uma vez, cumprir também a sua missão, contribuindo com uma ferramenta de avaliação da sustentabilidade por meio de “Indicadores de Sustentabilidade”, considerando três dimensões: ambiental-agronômica, econômica e social. Outra questão importante é a possibilidade de capturar mudanças e tendências, para possíveis ajustes técnicos que permitam aos indicadores sempre estarem alinhados com a realidade da agricultura nacional.

Desse modo, a sojicultura poderá se manter altamente competitiva e permitirá ao Brasil ampliar suas pretensões geopolíticas e geoeconômicas por meio de soluções viáveis para o desenvolvimento sustentável da cultura da soja, segundo preceitos de racionalidade e de respeito ao ambiente.

*Ricardo Vilela Abdelnoor*

Chefe Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento da Embrapa Soja

<b>Indicadores de sustentabilidade da cadeia produtiva da soja no Brasil.....</b>	<b>9</b>
<b>1. Introdução .....</b>	<b>9</b>
<b>2. Soja: cultura estratégica para o Brasil.....</b>	<b>11</b>
<b>3. Sustentabilidade: definições e conceitos.....</b>	<b>14</b>
<b>4. Avaliação da sustentabilidade em atividades agrícolas .....</b>	<b>18</b>
<b>5. Indicadores de sustentabilidade para regiões produtoras de soja .....</b>	<b>21</b>
5.1. Indicadores relacionados à dimensão ambiental-agronômica ..	22
5.1.2. Atributo norteador: Utilização de fertilizantes e corretivos.....	28
5.1.3. Atributo norteador: Inoculação de sementes de soja .....	34
5.1.4. Atributo norteador: Manejo do solo.....	34
5.1.5. Atributo norteador: Física do solo.....	37
5.1.6. Atributo norteador: Manejo da resistência de pragas e plantas daninhas .....	37
5.2. Indicadores relacionados à dimensão econômica.....	39
5.2.1. Atributo norteador: Produção de grãos .....	39

# Indicadores de sustentabilidade da cadeia produtiva da soja no Brasil

*Marcelo Hiroshi Hirakuri, Cesar de Castro, Julio Cesar Franchini, Henrique Debiasi, Sérgio de Oliveira Procópio e Alvadi Antonio Balbinot Junior*

5.2.2. Atributo norteador: Remuneração do sojicultor .....	42
5.2.3. Atributo norteador: Capacidade de armazenagem .....	47
5.2.4. Atributo norteador: Posse da terra .....	48
5.2.5. Atributo norteador: Escoamento da produção para exportações do grão.....	49
5.2.6. Atributo norteador: retorno de investimento.....	50
5.3. Indicadores relacionados à dimensão social.....	51
5.3.1. Atributo norteador: Utilização de pesticidas .....	51
5.3.2. Atributo norteador: Emprego e renda para o trabalhador na atividade agropecuária.....	59
5.3.3. Atributo norteador: Desenvolvimento humano.....	62
<b>6. Considerações finais .....</b>	<b>65</b>
<b>Referências .....</b>	<b>67</b>

## 1. Introdução

De acordo como o IBGE (2014), a área agrícola do Brasil gira em torno de 73,2 milhões de hectares (Mha), desconsiderando as áreas de pastagens, matas e/ou florestas, sistemas agroflorestais, exploração aquícola, construções e carregadores, terras degradadas e terras inaproveitáveis, que formam os 333,7 Mha dos estabelecimentos agrícolas. Porém, ressalta-se que esse valor de 73,2 Mha refere-se ao somatório da área de um conjunto de culturas agrícolas, que podem, inclusive, ocupar um mesmo espaço em épocas diferentes. Um exemplo dessa situação é o sistema de sucessão soja /milho safrinha, em que poucos dias após a colheita da soja, a área produtiva será destinada ao milho. Em outros termos, a área “realmente” utilizada para a prática agrícola é significativamente inferior aos 73,2 Mha, provavelmente um valor entre 50,0 e 55,0 Mha. Nesse contexto, a soja ocupa uma área de 30,0 Mha.

A necessidade crescente de aumento da produção de alimentos e as restrições ambientais para conter a expansão da fronteira agrícola deixam como alternativas para a segurança alimentar, a intensificação da agricultura e o incremento da produtividade. Desse modo, torna-se essencial o desenvolvimento constante de inovações e para o aumen-

to da produtividade, que deverão estar integradas à automatização das operações agrícolas e ao uso adequado de insumos, como fertilizantes, herbicidas, inseticidas, acaricidas e fungicidas.

Com um mercado consumidor exigente, a qualidade do produto e a eficiência dos processos logísticos se tornam imprescindíveis para aumentar a sustentabilidade da cadeia produtiva de soja, o que impõe o desafio constante de se tratar adequadamente os aspectos associados à produção agrícola. Assim, novos esforços devem ser empregados para que a cultura tenha maior sustentabilidade. Para tanto, é necessária a adoção de mecanismos para monitorar os sistemas de produção de soja e identificar os riscos à produção nacional, sejam eles de natureza ambiental, social, agrônômica, mercadológica, estrutural ou tecnológica, permitindo ao sistema de inovação, se alinhar às reais necessidades dos setores de interesse da cadeia produtiva da soja.

Se de um lado, o contexto atual tem sido marcado por uma forte pressão de grupos ambientalistas, combatendo os desmatamentos e a degradação ambiental, de outro, estão as exigências da sociedade por mecanismos eficientes de produção de alimentos e energia em larga escala, de forma que se atenda a necessidade populacional (não falte alimentos) a um baixo custo e com a qualidade exigida. Para o Brasil, esse aparente antagonismo gera uma crescente demanda por soluções eficientes que permitam a produção sustentável de alimentos e energia no País.

A soja, por ser o principal produto do agronegócio nacional e, também, a principal matéria prima para a produção de biodiesel, tem sido alvo de questionamentos ambientais, muitos deles originados de países que utilizaram seus recursos naturais sem os mesmos cuidados que exigem do Brasil, como se fossemos ainda uma colônia que carecesse de diretrizes mandatárias. Com isso, tem sido crescente a demanda da sociedade para que as instituições públicas e privadas do

agronegócio da soja realizem estudos e pesquisas voltadas também para as questões ambientais que cercam a produção da *commodity* no Brasil.

Este documento tem o objetivo de trazer uma abordagem de avaliação da sustentabilidade da produção de soja, no âmbito regional: dos sistemas agrícolas em que a cultura está inclusa de forma significativa, dos elos de sua cadeia produtiva (pesquisa, transporte, armazenagem, entre outros.) e dos seus desdobramentos sociais (emprego, desenvolvimento humano, entre outros).

A abordagem utilizada neste documento está calcada em indicadores de sustentabilidade para regiões produtoras de soja mais pertinentes aos sistemas de produção predominantes e adequados à realidade dos processos de produção agrícolas em todas as suas vertentes: ambiental-agrônômica, econômica, e social. Desse modo, os indicadores propostos podem, inclusive, ser utilizados como instrumento para realinhamento de ações de pesquisa, desenvolvimento e transferência de tecnologia das instituições públicas e privadas atuantes na agricultura nacional.

## 2. Soja: cultura estratégica para o Brasil

A magnitude do agronegócio como um todo e da soja não se restringe à significativa área cultivada. O Produto Interno Bruto (PIB) do agronegócio brasileiro superou R\$ 988 bilhões em 2012, representando 22,4% do PIB nacional (CEPEA 2014; BANCO CENTRAL..., 2012; ABREU, 2014; IBGE, 2014). O PIB do agronegócio está segmentado em distribuição, agropecuária, indústria e insumos.

O PIB da agropecuária é composto pelas atividades da agricultura e da pecuária e indica o valor adicionado da produção primária, ou seja, “dentro da porteira”, não considerando o valor adicionado “fora da

porteira”, referente aos setores de distribuição, da indústria e de insumos. Por sua vez, o Valor Bruto da Produção (VBP) de uma *commodity* agrícola representa uma estimativa da sua geração de renda, sem considerar seus impactos nos elos de distribuição, indústria e insumo.

Em 2012, o VBP da soja somou R\$ 50,5 bilhões e contemplou 25,7% do PIB agropecuário (R\$ 196,1 bilhões). Se existissem estatísticas monetárias similares, agregadas e disponíveis, elas, provavelmente, indicariam impactos significativos da oleaginosa também nos setores de distribuição, indústria e insumos. Isso porque a soja é o grão mais produzido no Brasil, amplamente comercializado e distribuído interna e externamente, relacionado ao maior complexo agroindustrial instalado no país, agrupando milhares de empresas, desde pequenos revendedores de insumos a grandes transnacionais, além de ser a maior consumidora de sementes, fertilizantes e defensivos (ABRASEM, 2014; ANUÁRIO ESTATÍSTICO..., 2013; SINDIVEG, 2014).

No que tange ao comércio exterior, o complexo agroindustrial da soja lidera as exportações do agronegócio, atingindo 31,0% dos US\$ 100,0 bilhões exportados por este setor em 2013 (Figura 1). Além disso, ao comparar o saldo comercial do agronegócio e demais setores da economia nacional (Figura 2), tem-se que o saldo de segmentos superavitários do agronegócio como aquele obtido pelo complexo agroindustrial da soja (US\$ 30,8 bilhões) é essencial para a Balança Comercial do País, uma vez que os demais setores da economia apresentam um elevado déficit comercial.

A importância da soja também pode ser avaliada pela estreita interação com outras cadeias produtivas. O principal produto derivado da soja é o farelo, utilizado para a composição de rações destinadas às cadeias de aves, suínos e bovinos, peixes, entre outras, principalmente como fonte proteica vegetal, para a produção de grande quantidade de proteína animal. Ou seja, a produção animal é altamente dependente da soja.

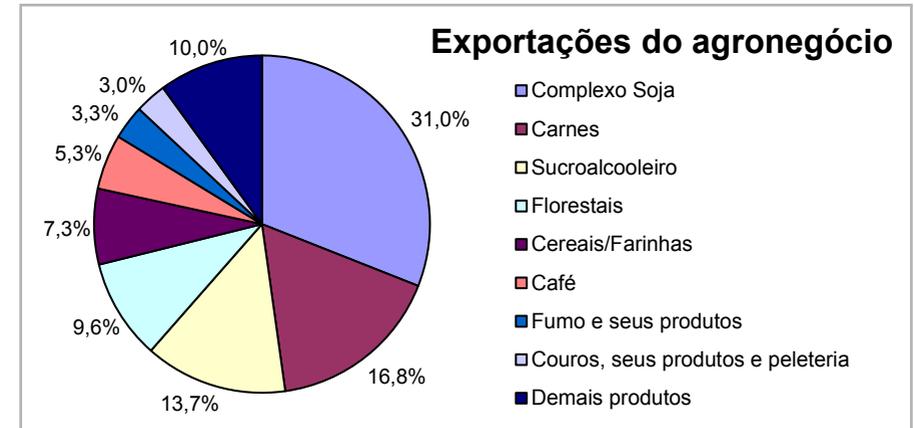


Figura 1. Exportações do agronegócio em 2013. Fonte: BRASIL (2014a).

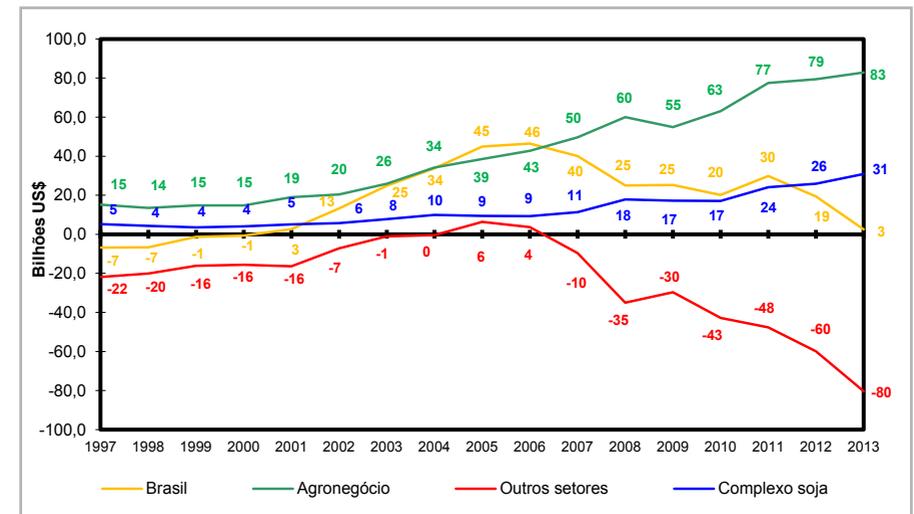


Figura 2. SalDOS comerciais. Fonte: BRASIL (2014b).

Nas prateleiras dos supermercados existem mais de 200 produtos cuja formulação possui um ou mais ingredientes à base de soja, destacando-se o óleo de soja que alcança 88% do mercado de óleos alimentícios no Brasil, além de bebidas. No que diz respeito ao setor energético, a oleaginosa atendeu a 74% da produção nacional de

biodiesel em 2013 (ANP, 2014) e, caso necessário, será a principal fonte para o aumento da adição do biocombustível ao diesel, permitindo ao país ultrapassar o regime atual do B5. A soja também alcançou grande destaque social, pois o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel movimentou mais de R\$ 2 bilhões para a agricultura familiar na safra 2011/12, onde a soja representou 96% das transações (BRASIL, 2013b). Além disso, a cadeia produtiva da soja gera quantidade expressiva de empregos diretos e indiretos, sendo essencial para a sustentabilidade social da agropecuária brasileira. Nesse contexto, percebe-se o grande leque de usos da soja e sua potencialidade atual e futura, o que fundamenta as bases para um mercado promissor nas próximas décadas.

### 3. Sustentabilidade: definições e conceitos

O termo desenvolvimento sustentável foi utilizado em 1983, quando a Assembleia das Nações Unidas constituiu a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (OSORIO et al., 2005). A definição pioneira gerada pela comissão, que ainda está em uso, afirma que o desenvolvimento sustentável é aquele que satisfaz as necessidades da geração presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras (WORLD..., 1987).

O documento “Meio ambiente: nosso futuro comum” (MARCO UNIVERSAL, 2013) utiliza as seguintes definições de sustentabilidade, para diferentes contextos: (1) sustentabilidade ambiental: implica na capacidade de recomposição dos ecossistemas, mesmo com a interferência do homem; (2) sustentabilidade ecológica: refere-se à base física do processo de crescimento que visa a incorporar os estoques de capital natural às atividades produtivas; (3) sustentabilidade social: visa ao desenvolvimento aliado à melhoria da qualidade de vida da população. Em países com desigualdades, implica na adoção de polí-

ticas distributivas e/ou redistributivas e na universalização do atendimento na área social, principalmente na saúde, educação, habitação e seguridade social; (4) sustentabilidade política: refere-se ao processo de construção da cidadania e visa a garantir a plena incorporação dos indivíduos ao processo de desenvolvimento; (5) sustentabilidade econômica: é a gestão eficiente de recursos considerando a regularidade de fluxos do investimento público e privado. Também considera que a eficiência da economia pode e deve ser avaliada por todos os cidadãos; (6) sustentabilidade demográfica: contrapõe cenários ou tendências de crescimento econômico a taxas demográficas, à faixa etária da população e à percentagem da população economicamente ativa; (7) sustentabilidade cultural: é o esforço para se manter a capacidade de diversidade de culturas, valores e práticas no planeta, no país e/ou numa região, que compõem ao longo do tempo a identidade dos povos; (8) sustentabilidade institucional: criada e fortalecida por engenharias institucionais e/ou instituições que considerem critérios de sustentabilidade em várias áreas; e (9) sustentabilidade espacial: é norteada pela busca de maior igualdade nas relações inter-regionais.

De acordo com Pretty (2008), sustentabilidade em sistemas agrícolas incorpora conceitos de resiliência (a capacidade dos sistemas para amortecer choques e tensões) e persistência (a capacidade dos sistemas para continuar por longos períodos), abordando e englobando resultados mais amplos nas dimensões econômicas, sociais e ambientais.

Um desdobramento de políticas ambientais foi a evolução do uso de biocombustíveis, visando reduzir a demanda por energia fóssil, bem como mitigar as emissões de gases de efeito estufa. Entretanto, vários questionamentos têm sido originados e debatidos arduamente, principalmente no que diz respeito a: 1) competição com a produção de alimentos; 2) mudanças no uso indireto da terra; e 3) balanço energético. A polêmica sobre essas questões ganhou dimensões que extrapo-

lam as questões técnicas, até mesmo pelo fato de que os estudos ou debates realizados tendem a conter uma visão limitada, baseada nos valores e objetivos dos grupos que estão envolvidos, sejam favoráveis ou contrários à temática central debatida.

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) tem desenvolvido e executado diversos projetos de pesquisa que abordam a sustentabilidade no âmbito agropecuário. Podem ser citados os seguintes temas contemplados: viabilidade, competitividade e sustentabilidade de cadeias produtivas na produção de biodiesel; mudanças climáticas na agricultura; dinâmica de gases de efeito estufa; sustentabilidade dos sistemas de produção, melhoria na fixação biológica do nitrogênio e, sem falar no plantio direto, um produto genuinamente nacional, que passa despercebido da sustentabilidade ambiental e talvez seja, per se, um dos principais mitigadores de diversas ações antrópicas. Produtos tais como a soja e a cana-de-açúcar estão entre as principais culturas avaliadas nestes projetos de pesquisa. Não sem razão, são culturas que ocupam aproximadamente 30,0 Mha e 9,1 Mha, respectivamente (CONAB, 2014).

Em julho de 2006, a Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais (ABIOVE) e a Associação Brasileira dos Exportadores de Cereais (ANEC) se comprometeram a não comercializar nem financiar a soja produzida em áreas que foram desmatadas no Bioma Amazônia após esta data. Tal acordo representa a Moratória da Soja, cujo objetivo é responder ao questionamento de grupos ambientalistas e de clientes do Brasil no exterior, promovendo arranjos institucionais privados destinados a gerar novas regras sustentáveis para o cultivo e a comercialização da soja (ABIOVE, 2013).

Como resultado do monitoramento contínuo, a Moratória da Soja produziu evidências de que os plantios da *commodity* possuem uma pequena participação nos ocorridos após julho de 2006, no Bioma Amazônia (0,41% do desmatamento). Portanto, pode-se afirmar, hoje,

que a expansão da soja brasileira não é um importante vetor de desflorestamento nesse Bioma (ABIOVE, 2013). Dessa forma, ressalta-se que um dos principais vetores do crescimento da soja tem sido o desenvolvimento tecnológico da cultura, com o lançamento constante de novas cultivares e tecnologias de manejo do solo e da cultura que dão sustentação à sojicultura. Outra questão importante é que, segundo previsões do MAPA, a área de soja no Brasil deverá alcançar 34,4 milhões de hectares na safra 2022/23. Entretanto, frente à demanda por soja no mundo e o crescente aumento da área no país, essa projeção deve ser superada. Este o incremento deverá ocorrer principalmente em áreas de pastagens degradadas do bioma Cerrado, como o nordeste do Mato Grosso e regiões do MATOPIBA (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia).

Outro fator a ser considerado é o desdobramento da prática agropecuária na qualidade de vida local. O Índice de Desenvolvimento Municipal (IFDM) anual do Sistema FIRJAN (Federação das Indústrias do Rio de Janeiro) acompanha o desenvolvimento de todos os municípios brasileiros, considerando as áreas Emprego e Renda, Educação e Saúde (FIRJAN, 2013). Atualmente, o estado do Mato Grosso possui a maior área cultivada e é o maior produtor nacional de soja e seu desenvolvimento econômico tem sido amplamente baseado no agronegócio. Nesse sentido, em relação ao seu último levantamento realizado nesse Estado (2010), verifica-se que, dentre os 10 melhores índices de desenvolvimento, nove foram obtidos por municípios produtores de soja, sendo que Sorriso representa tanto o município com maior produção de soja, quanto aquele com maior índice de desenvolvimento humano. Como curiosidade, o único município com elevado IFDM e não produtor de soja é Cuiabá, a capital do estado de Mato Grosso.

Por fim, o mercado de soja, assim como o de outras *commodities* está cercado de possíveis ameaças ou barreiras à sua comercialização, tanto no âmbito interno quanto externo, inclusive às não tarifárias.

Atualmente, tais entraves podem estar relacionados a alguns fatores, como por exemplo: qualidade do grão, pragas de armazenagem e mistura de soja convencional e transgênica.

Mais especificamente em relação à qualidade, além das questões relacionadas ao aumento da exigência de qualidade da produção, faz-se necessário maior atenção do produtor, particularmente no que tange a aspectos ambientais, sociais e de bem estar de homens e animais. Caso não sejam executadas de forma adequada, as atividades agrícolas podem causar impactos negativos no ambiente, como: toxicidade a organismos não-alvo, inclusive muitos desses benéficos às atividades agrícolas; contaminação de recursos hídricos, inclusive mananciais subterrâneos; acúmulo de pesticidas na cadeia trófica; entre outros efeitos.

#### **4. Avaliação da sustentabilidade em atividades agrícolas**

Indicadores possuem várias funções, dentre as quais: embasar ações mais eficientes ao simplificar, clarificar e agregar informações úteis para os tomadores de decisões; incorporar conhecimentos científicos sociais e físicos para a tomada de decisões, ajudando a responder questões técnicas e medir o progresso em direção às metas de desenvolvimento sustentável; prover um alerta para prevenir retrocessos econômicos, sociais e ambientais. Nesse contexto, constituem ferramentas úteis para comunicar ideias, pensamentos e valores (UNITED NATIONS, 2007).

Indicadores são ferramentas constituídas por uma ou mais variáveis que, associadas através de diversas formas, revelam significados mais amplos sobre os fenômenos a que se referem. Indicadores de Desenvolvimento Sustentável são instrumentos essenciais para guiar a ação e subsidiar o acompanhamento e a avaliação do progresso alcançado rumo ao desenvolvimento sustentável. Devem ser vistos como um meio para se atingir o desenvolvimento sustentável e não como um

fim em si mesmo. Valem mais pelo que apontam do que pelo seu valor absoluto e são mais úteis quando analisados em seu conjunto do que no exame individual de cada indicador (IBGE, 2012b). A avaliação de cadeias produtivas com base em indicadores pode subsidiar o direcionamento de políticas públicas, da pesquisa, da transferência de tecnologia e da assistência técnica, a fim de sanar possíveis gargalos de sustentabilidade. Para que sejam mais representativos dos sistemas de produção, os indicadores podem ser agrupados em atributos norteadores.

Atualmente, o uso de indicadores para avaliar o desenvolvimento sustentável de uma gama de processos e sistemas produtivos tem se multiplicado de tal forma que eles têm sido elaborados tanto por instituições públicas quanto privadas e já incorporam os mais variados tipos de dimensões: aspectos econômicos, fatores sociais, desenvolvimento ambiental, evolução do conhecimento, diversidade cultural, influência política, etc. Salienta-se a necessidade de geração e delimitação de indicadores objetivos e mensuráveis na prática.

Dentre alguns exemplos de ferramentas conhecidas e que tratam de diferentes dimensões, pode-se citar:

- Indicadores de desenvolvimento sustentável das Nações Unidas;
- Indicadores de desenvolvimento sustentável do IBGE;
- Sistema Base para Avaliação e Eco-Certificação de Atividades Rurais pela Embrapa.

A Comissão de Desenvolvimento Sustentável (*Commission on Sustainable Development – CSD*) das Nações Unidas aprovou o seu Programa de Trabalho sobre Indicadores de Desenvolvimento Sustentável, voltados para países, em 1995. Os dois primeiros conjuntos indicadores da CSD foram desenvolvidos entre 1994 e 2001, respectivamente. Eles foram extensivamente testados, aplicados e utilizados em muitos países como a base para o desenvolvimento de indicadores nacionais de desenvolvimento sustentável (UNITED NATIONS, 2007). O conjunto recente contempla 50 indicadores fundamentais que fazem parte de

um conjunto maior de 96 indicadores, divididos nos seguintes temas: pobreza, governança, saúde, educação, demografia, riscos naturais, atmosfera, terras, oceanos (mares e costas), água doce, biodiversidade, desenvolvimento econômico, parceria econômica mundial e padrões de consumo e produção.

Por sua vez, o IBGE iniciou a publicação de indicadores voltados para a sustentabilidade do desenvolvimento nacional em 2002. A edição de 2012 com 62 indicadores que, em sua maior parte, correspondem aos indicadores apresentados na edição de 2010, todos revistos e atualizados em relação às edições anteriores. Tais indicadores estão divididos em quatro dimensões: ambiental, social, econômica e institucional (IBGE, 2012b).

O Sistema Base para Eco-certificação de Atividades Rurais (Eco-cert Rural PROCISUR) consiste de um conjunto de planilhas eletrônicas que integram vinte e quatro indicadores do desempenho de uma dada atividade rural, no âmbito de um estabelecimento. Sete aspectos essenciais de avaliação são considerados: (I) Uso de Insumos e Recursos; (II) Qualidade Ambiental; (III) Respeito ao Consumidor; (IV) Emprego; (V) Renda; (VI) Saúde; (VII) Gestão e Administração. Os indicadores foram construídos em matrizes de ponderação nas quais dados obtidos em campo, de acordo com o conhecimento do produtor/administrador do estabelecimento, são automaticamente transformados em índices de impacto expressos graficamente. Os resultados da avaliação permitem, ao produtor/administrador, averiguar quais práticas de manejo produzem maior impacto no desempenho de sua atividade e, aos tomadores de decisões, gestores e organizações, a definição de políticas e instrumentos para melhoria de desempenho das atividades rurais, bem como a implantação de um sistema de benchmarking para a identificação de empreendimentos com melhor desempenho ambiental e determinação de estudo de caso afinados com os planos de desenvolvimento local sustentável (RODRIGUES et al., 2006).

## 5. Indicadores de sustentabilidade para regiões produtoras de soja

A metodologia desenvolvida teve como objetivo principal a geração de indicadores de sustentabilidade ambiental-agronômicos, sociais e econômicos, visando à escala regional, ou seja, micro e mesorregiões. Antes da apresentação dos indicadores voltados à avaliação da sustentabilidade de regiões produtoras de soja, é importante apresentar as definições que permeiam os sistemas de produção agrícola com base no texto de Hirakuri et al. (2012). Tais autores elaboraram uma tipologia de sistemas, baseada em escala geográfica, em que se padronizaram as seguintes definições de sistemas no cenário agropecuário: sistema de cultivo, referente às práticas comuns de manejo associadas a uma determinada espécie vegetal; sistemas de produção, composto pelo conjunto de sistemas de cultivo e/ou de criação no âmbito de uma propriedade rural, definidos a partir dos fatores de produção (terra, capital e mão de obra) e interligados por um processo de gestão; sistema agrícola refere-se à organização regional dos diversos sistemas de produção vegetal e/ou animal, que considera as peculiaridades e similaridades desses diferentes sistemas; e bioma, refere-se ao espaço físico onde os sistemas agrícolas estão inseridos.

Os indicadores propostos foram inseridos em três dimensões distintas (ambiental-agronômica, econômica e social). Todavia, alguns apresentam transversalidade, ou seja, apresentam relevância do ponto de vista de mais de uma dimensão. Nesse caso, o indicador foi relacionado à dimensão onde ele causa um impacto mais significativo. Da mesma forma, os indicadores foram agrupados em diferentes atributos norteadores, visando garantir que os mesmos reflitam os sistemas de produção com soja. Salienta-se, adicionalmente, que a presente proposta de indicadores contempla a análise regional de sustentabilidade da cadeia da soja e se fundamenta em indicadores objetivos e de fácil determinação. Em razão da dinâmica dos sistemas de produção em que a soja está inserida, é possível que, futuramente, haja reestrutura-

ção dos indicadores ora apresentados, no sentido de permitir análises mais robustas e contemporâneas da sustentabilidade desses sistemas.

Para cada indicador, foram estabelecidos limites quantitativos que permitem enquadrar os sistemas de produção em diferentes classes de sustentabilidade (mais ou menos sustentável). A faixa de valores que caracteriza uma dada classe de sustentabilidade foi definida com base no conhecimento técnico e científico existente até o momento, no que se refere às variáveis componentes dos indicadores. Assim, ressalta-se que esta proposta de indicadores visa evidenciar vulnerabilidades nos diferentes sistemas de produção com soja, para que se obtenham parâmetros que propiciem desenvolver ações de pesquisa, transferência de tecnologias e políticas públicas para maximizar a sustentabilidade da cadeia produtiva da soja no Brasil.

## 5.1. Indicadores relacionados à dimensão ambiental-agronômica

### 5.1.1. Atributo norteador: Utilização de agrotóxicos

#### 5.1.1.1. Indicador - Periculosidade ao ambiente

O Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama) controla um sistema de classificação quanto ao potencial de periculosidade ambiental (PPA) de agrotóxicos. Para isso, ele avalia o composto em quatro categorias: (1) Transporte – relacionado principalmente ao potencial de lixiviação do pesticida, ou seja, a sua capacidade de contaminação de água subterrânea; (2) Persistência – indicador que reflete a dificuldade de degradação de um pesticida no solo; (3) Bioconcentração – indica a afinidade da molécula em ficar ligada a tecidos lipídicos e se bioacumular ao longo da cadeia trófica; e (4) Toxicidade a diversos organismos – mostra o potencial de intoxicação do produto a diversos tipos de organismos.

Tendo como base essa classificação, foi criado o Índice de Periculosidade Ambiental (IPA), com o intuito de avaliar a vulnerabilidade vinculada ao uso de agrotóxicos na cultura da soja, no que se refere ao ambiente. Para tal, em primeiro lugar, foi determinado a partir de

informações de atores do setor produtivo, um programa usual de aplicações de agrotóxicos na cultura da soja. Ou seja, esse programa não se refere a uma recomendação de pesquisa, mas sim a um pacote tecnológico de ampla adoção que serve como base para avaliar as vulnerabilidades existentes no controle fitossanitário da cultura da soja, as quais estão vinculadas, sobretudo, a estresses bióticos, que impactaram na maior frequência de aplicações e/ou dose de agrotóxicos.

As categorias presentes na metodologia de classificação do IBAMA podem ser visualizadas na Figura 3. Após a coleta de todas as informações do pesticida, o mesmo é classificado quanto ao seu PPA em quatro classes de categorias (classe ambiental I = altamente perigoso ao ambiente; classe ambiental II = muito perigoso ao ambiente; classe ambiental III = perigoso ao ambiente; classe ambiental IV = produto pouco perigoso ao ambiente). O cálculo do IPA terá como procedimento inicial, vincular um peso ao PPA de cada pesticida, de acordo com sua classe ambiental (classe ambiental I = 2,50; classe ambiental II = 2,00; classe ambiental III = 1,50; classe ambiental IV = 1,00), em que o agrotóxico mais impactante ao ambiente receberá peso I, enquanto o menos impactante receberá peso IV. É relevante mencionar que dois agrotóxicos que apresentam o mesmo ingrediente ativo podem apresentar classes toxicológicas distintas, em razão de diferenças em suas formulações comerciais. Por isso, nos exemplos demonstrados nas Tabelas de 1 a 4 foi necessário mencionar o nome comercial dos agrotóxicos, não significando, portanto, que os autores indicam esses produtos em detrimento de outros.

Um agrotóxico pode estar associado ao controle de diferentes pragas, doenças ou plantas daninhas. Nesse sentido, para analisar o alvo do controle do agrotóxico assim como as doses indicadas, foi utilizado o AGROFIT WEB On Line, ferramenta de consulta ao público, composta por um banco de dados de todos os produtos agrotóxicos e afins registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, com informações do Ministério da Saúde (ANVISA) e informações do Ministério do Meio Ambiente (IBAMA).

Transporte	Persistência	Bioconcentração	Diversos organismos	
Solubilidade	Hidrólise	Log Kow	Micro-organismos	4
4	4		4	
Mobilidade	Fotólise	FBC x 2	Minhocas	4
4	4		4	
Absorção	Biodegradabilidade x 2	4	Microcrustáceos	4
4	4		4	
Total	Total (peso 2)	Total (peso 2)	Algas	4
4	4	4	4	
			Peixes	4
			4	
			Aves	4
			4	
			Abelhas	4
			4	
			Oral (rato)	4
			4	

Figura 3. Categorias presentes na metodologia de classificação do IBAMA quanto ao cálculo do potencial de periculosidade ambiental de agrotóxicos.<sup>1</sup> Fonte: IBAMA (2013).

Tabela 1. Índice de Periculosidade Ambiental (IPA) com base em programa de aplicações “usual” para a cultura da soja.

Marca comercial	Princípio ativo	PPA	Peso PPA	Aplic	Dose adotada	Dose limite	Relação de dose	IPA
<b>Herbicidas</b>								
Roundup Transorb "R"	Glifosato	III	1,50	1	3,000	3,000	1,000	1,50
Roundup Ready	Glifosato	III	1,50	2	1,850	1,850	1,000	3,00
DMA 806 BR	2,4-D-dimetilamina	III	1,50	1	1,250	1,250	1,000	1,50
<b>Inseticidas</b>								
Dimilin	Diflubenzurom	III	1,50	2	0,045	0,045	1,000	3,00
Nomolt 150	Teflubenzurom	II	2,00	1	0,050	0,050	1,000	2,00
Lannate BR	Metomil	II	2,00	1	1,150	1,150	1,000	2,00
Engejo Pleno	Lambda-cialotrina + Tiametoxam	I	2,50	2	0,163	0,163	1,000	5,00
Connect	Beta-ciflutrina + Imidacloprido	II	2,00	1	0,700	0,700	1,000	2,00
<b>Fungicidas</b>								
Opera	Epoxiconazol + Piraclostrobina	II	2,00	1	0,550	0,550	1,000	2,00
Priori Xtra	Azoxistrobina + Ciproconazol	II	2,00	1	0,300	0,300	1,000	2,00
Aproach Prima	Ciproconazol + Picoxistrobina	II	2,00	1	0,300	0,300	1,000	2,00
Derosal 500 SC	Carbendazim	III	1,50	1	0,300	0,300	1,000	1,50
<b>Tratamento de sementes</b>								
Standak Top	Fipronil + Piraclostrobina + Tiofanato-metilico	II	2,00	1	0,100	0,100	1,000	2,00
								<b>Total 29,50</b>

PPA: potencial de periculosidade ambiental (PPA) de agrotóxicos.

<sup>1</sup>(1) Transporte – características do agrotóxico que afetam a sua dinâmica no ambiente; (2) Persistência - características do agrotóxico que influenciam na sua degradação ambiental; (3) Bioconcentração - características do agrotóxico que influenciam na sua bioacumulação na cadeia trófica; e (4) Diversos organismos - toxicidade do agrotóxico a organismos não alvos.

Tabela 2. Índice de Periculosidade Ambiental (IPA) com base em programa de aplicações “usual” para a cultura da soja, mais uma operação de dessecação pré-colheita.

Marca comercial	Princípio ativo	PPA	Peso PPA	Aplic	Dose adotada	Dose limite	Relação de dose	IPA
<b>Herbicidas</b>								
Roundup Transorb "R"	Glifosato	III	1,50	1	3,000	3,000	1,000	1,50
Roundup Ready	Glifosato	III	1,50	2	1,850	1,850	1,000	3,00
DMA 806 BR	2,4-D-dimetilamina	III	1,50	1	1,250	1,250	1,000	1,50
<b>Gramoxone 200 *</b>	<b>Dicloreto de paraquate</b>	<b>II</b>	<b>2,00</b>	<b>1</b>	<b>1,750</b>	<b>1,750</b>	<b>1,000</b>	<b>2,00</b>
<b>Inseticidas</b>								
Dimilin	Diflubenzurom	III	1,50	2	0,045	0,045	1,000	3,00
Nomolt 150	Teflubenzurom	II	2,00	1	0,050	0,050	1,000	2,00
Lannate BR	Metomil	II	2,00	1	1,150	1,150	1,000	2,00
Engejo Pleno	Lambda-cialotrina + Tiametoxam	I	2,50	2	0,163	0,163	1,000	5,00
Connect	Beta-ciflutrina + Imidacloprido	II	2,00	1	0,700	0,700	1,000	2,00
<b>Fungicidas</b>								
Opera	Epoxiconazol + Piraclostrobina	II	2,00	1	0,550	0,550	1,000	2,00
Priori Xtra	Azoxistrobina + Ciproconazol	II	2,00	1	0,300	0,300	1,000	2,00
Aproach Prima	Ciproconazol + Picoxistrobina	II	2,00	1	0,300	0,300	1,000	2,00
Derosal 500 SC	Carbendazim	III	1,50	1	0,300	0,300	1,000	1,50
<b>Tratamento de sementes</b>								
Standak Top	Fipronil + Piraclostrobina + Tiofanato-metilico	II	2,00	1	0,100	0,100	1,000	2,00
								<b>Total 31,50</b>

Tabela 3. Índice de Periculosidade Ambiental (IPA) com base em programa de aplicações “usual” para a cultura da soja, mais uma operação de dessecação pré-colheita e uma maior necessidade de controle/prevenção da ferrugem-asiática.

Marca comercial	Princípio ativo	PPA	Peso PPA	Aplic	Dose adotada	Dose limite	Relação de dose	IPA
<b>Herbicidas</b>								
Roundup Transorb "R"	Glifosato	III	1,50	1	3,000	3,000	1,000	1,50
Roundup Ready	Glifosato	III	1,50	2	1,850	1,850	1,000	3,00
DMA 806 BR	2,4-D-dimetilamina	III	1,50	1	1,250	1,250	1,000	1,50
<b>Gramoxone 200</b>	<b>Dicloreto de paraquate</b>	<b>II</b>	<b>2,00</b>	<b>1</b>	<b>1,750</b>	<b>1,750</b>	<b>1,000</b>	<b>2,00</b>
<b>Inseticidas</b>								
Dimilin	Diflubenzurom	III	1,50	2	0,045	0,045	1,000	3,00
Nomolt 150	Teflubenzurom	II	2,00	1	0,050	0,050	1,000	2,00
Lannate BR	Metomil	II	2,00	1	1,150	1,150	1,000	2,00
Engejo Pleno	Lambda-cialotrina + Tiametoxam	I	2,50	2	0,163	0,163	1,000	5,00
Connect	Beta-ciflutrina + Imidacloprido	II	2,00	1	0,700	0,700	1,000	2,00
<b>Fungicidas</b>								
<b>Opera *</b>	<b>Epoxiconazol + Piraclostrobina</b>	<b>II</b>	<b>2,00</b>	<b>2</b>	<b>0,550</b>	<b>0,550</b>	<b>1,000</b>	<b>4,00</b>
<b>Priori Xtra *</b>	<b>Azoxistrobina + Ciproconazol</b>	<b>II</b>	<b>2,00</b>	<b>2</b>	<b>0,300</b>	<b>0,300</b>	<b>1,000</b>	<b>4,00</b>
Aproach Prima	Ciproconazol + Picoxistrobina	II	2,00	1	0,300	0,300	1,000	2,00
Derosal 500 SC	Carbendazim	III	1,50	1	0,300	0,300	1,000	1,50
<b>Tratamento de sementes</b>								
Standak Top	Fipronil + Piraclostrobina + Tiofanato-metilico	II	2,00	1	0,100	0,100	1,000	2,00
								<b>Total 35,50</b>

PPA: potencial de periculosidade ambiental (PPA) de agrotóxicos.

\* Aplicações adicionais em relação ao programa de aplicações anterior.

**Tabela 4.** Índice de Periculosidade Ambiental (IPA) com base em programa de aplicações “usual” para a cultura da soja, mais uma operação de dessecação pré-colheita e uma maior necessidade de controle/prevenção da ferrugem-asiática e de pragas (lagartas e percevejos).

Marca comercial	Princípio ativo	PPA	Peso PPA	Aplic	Dose adotada	Dose limite	Relação de dose	IPA
<b>Herbicidas</b>								
Roundup Transorb "R"	Glifosato	III	1,50	1	3,000	3,000	1,000	1,50
Roundup Ready	Glifosato	III	1,50	2	1,850	1,850	1,000	3,00
DMA 806 BR	2,4-D-dimetilamina	III	1,50	1	1,250	1,250	1,000	1,50
<b>Gramoxone 200</b>	<b>Dicloreto de paraquate</b>	<b>II</b>	<b>2,00</b>	<b>1</b>	<b>1,750</b>	<b>1,750</b>	<b>1,000</b>	<b>2,00</b>
<b>Inseticidas</b>								
Dimilin	Diflubenzurom	III	1,50	2	0,045	0,045	1,000	3,00
Nomolt 150	Teflubenzurom	II	2,00	1	0,050	0,050	1,000	2,00
<b>Lannate BR *</b>	<b>Metomil</b>	<b>II</b>	<b>2,00</b>	<b>2</b>	<b>1,150</b>	<b>1,150</b>	<b>1,000</b>	<b>4,00</b>
<b>Match EC *</b>	<b>Lufenurom</b>	<b>II</b>	<b>2,00</b>	<b>1</b>	<b>0,150</b>	<b>0,150</b>	<b>1,000</b>	<b>2,00</b>
Engeo Pleno	Lambda-cialotrina + Tiametoxam	I	2,50	2	0,163	0,163	1,000	5,00
<b>Orthene 750 BR *</b>	<b>Acefato</b>	<b>III</b>	<b>1,50</b>	<b>1</b>	<b>0,600</b>	<b>0,600</b>	<b>1,000</b>	<b>1,50</b>
Connect	Beta-ciflutrina + Imidacloprido	II	2,00	1	0,700	0,700	1,000	2,00
<b>Fungicidas</b>								
<b>Opera</b>	<b>Epoconazol + Piraclostrobina</b>	<b>II</b>	<b>2,00</b>	<b>2</b>	<b>0,550</b>	<b>0,550</b>	<b>1,000</b>	<b>4,00</b>
<b>Priori Xtra</b>	<b>Azoxistrobina + Ciproconazol</b>	<b>II</b>	<b>2,00</b>	<b>2</b>	<b>0,300</b>	<b>0,300</b>	<b>1,000</b>	<b>4,00</b>
Approach Prima	Ciproconazol + Picoxistrobina	II	2,00	1	0,300	0,300	1,000	2,00
Derosal 500 SC	Carbendazim	III	1,50	1	0,300	0,300	1,000	1,50
<b>Tratamento de sementes</b>								
Standak Top	Fipronil + Piraclostrobina + Tiofanato-metilico	II	2,00	1	0,100	0,100	1,000	2,00
<b>Total</b>								<b>41,00</b>

PPA: potencial de periculosidade ambiental (PPA) de agrotóxicos.

\* Aplicações adicionais em relação ao programa de aplicações anterior.

As doses indicadas de um agrotóxico podem variar significativamente, de acordo com o alvo do controle. Nesse sentido, os organismos que exigem maior dose para o seu controle aumentam a vulnerabilidade ambiental do sistema. Para avaliar esse efeito, foram criadas as variáveis: “dose limite” e “relação de dose”. A primeira consiste na média entre a menor e maior dose indicada para um determinado agrotóxico. Por exemplo, o Orthene 750 BR está recomendado para controlar 10 pragas. A dose mínima do inseticida é de 0,2 L/ha, indicada para o controle da lagarta da soja, lagarta desfolhadora, lagarta falsa-medideira e lagarta mede-palmo. Já, a dose máxima para a cultura é de 1,0 L/ha, indicada para broca das axilas, lagarta do feijão, lagarta enroladeira das folhas, percevejo marrom e percevejo pequeno. Desse modo, a “dose limite” será  $(0,2+1,0)/2 = 0,6$  L/ha.

Quando a “dose adotada” for superior à “dose limite”, a variável “relação de dose” medirá a relação entre a “dose adotada” e a “dose limite”, descrevendo uma situação em que o controle de um alvo exige maiores doses de agrotóxicos. Caso contrário, a relação será igual a um, representando um menor efeito ao ambiente, ou seja, está sendo realizado o controle de organismos alvos que exigem menor uso de agrotóxicos.

O valor do IPA será o resultado da multiplicação do peso do PPA, número de aplicações e “relação dose” (Tabelas 1 a 4).

Variáveis relacionadas ao indicador: potencial de periculosidade ambiental, o número de aplicações e a dose de agrotóxicos.

Classes de sustentabilidade para esse indicador:

- Classe 1 (Excelente): IPA  $\leq$  31,50.
- Classe 2 (Boa):  $31,50 < \text{IPA} \leq 35,50$ .
- Classe 3 (Baixa):  $35,50 < \text{IPA} \leq 41,00$ .
- Classe 4 (Muito baixa): IPA  $>$  41,00.

### 5.1.1.2. Indicador - Forma predominante de aplicação

A aplicação aérea, principalmente em grandes propriedades e em algumas situações, é a única alternativa para o manejo fitossanitário das lavouras. A utilização de aviões agrícolas na aplicação de agrotóxicos é viável, quando dentro dos padrões e requisitos estabelecidos para a atividade. Porém, determinados fatores de risco a tornam mais vulnerável que a aplicação terrestre.

Além das questões intrínsecas relacionadas aos agrotóxicos, um quadro preocupante é que entre 2003 e 2007, ocorreram 47 acidentes com aviões agrícolas em todo o Brasil (15 acidentes fatais), enquanto no período entre 2008 e 2012, esse valor saltou para 95 (25 acidentes fatais) (BRASIL, 2013a), impulsionados pelo crescimento desse tipo de serviço, o que alerta para maiores cuidados com a capacitação dos

pilotos e manutenção das aeronaves. Além disso, é prudente evitar técnicas de aplicação que promovam maior vulnerabilidade ao arraste pelo vento (deriva), ou mesmo a evaporação das gotas aspergidas com agrotóxicos antes que elas atinjam seus alvos de acordo com a finalidade do produto (planta daninha, inseto-praga, folhagem da cultura). Ou seja, em se tratando de pulverização, é necessário considerar um fundamento básico: quanto menor a distância entre o(s) bico(s) do pulverizador e o alvo, menor a chance de ocorrer perdas por deriva e/ou volatilização.

Com base nisso, a aplicação aérea deve ser um recurso usado em situações específicas, que possam inviabilizar a prática agrícola ou por questões logísticas e de tempo, mas não ser o método principal para aplicação de agrotóxicos na cultura da soja.

Variável relacionada ao indicador: número predominante de aplicações aéreas na região, em relação ao total de aplicações.

Classes de sustentabilidade para esse indicador:

- Classe 1 (Excelente): aplicações aéreas  $\leq 15\%$  de todas as aplicações.
- Classe 2 (Boa):  $15\%$  de todas as aplicações < aplicações aéreas  $\leq 30\%$  de todas as aplicações.
- Classe 3 (Baixa):  $30\%$  de todas as aplicações < aplicações aéreas  $\leq 45\%$  de todas as aplicações.
- Classe 4 (Muito baixa): aplicações aéreas  $> 45\%$  de todas as aplicações.

### 5.1.2. Atributo norteador: Utilização de fertilizantes e corretivos

#### 5.1.2.1. Indicador - Uso de fertilizante químico nitrogenado

Experimentos realizados no Brasil mostram que a inoculação da soja com bactérias fixadoras de nitrogênio, quando realizada corretamente, suprema a demanda de nitrogênio (N) pelas plantas de soja, sendo desnecessária a utilização de adubos químicos contendo N. A principal questão relativa ao fertilizante nitrogenado, principalmente ureia, o

mais utilizado na agricultura, é o custo energético para a sua síntese, uma vez que utiliza combustíveis não renováveis no processo de fabricação, no transporte, na aplicação no solo, emitindo gases de efeito estufa (GEE), além de estar sujeito a perdas de N, principalmente com a aplicação a lanço.

Variável relacionada ao indicador: quantidade de N via fertilizante químico nitrogenado, predominantemente utilizado na região para a cultura da soja ( $\text{kg ha}^{-1}$ ).

Classes de sustentabilidade para esse indicador: 2

- Classe 1 (Excelente):  $0 \text{ kg ha}^{-1}$ .
- Classe 2 (Boa): de 1 a  $20 \text{ kg ha}^{-1}$ .
- Classe 3 (Baixa): de 21 a  $30 \text{ kg ha}^{-1}$ .
- Classe 4 (Muito baixa): acima de  $30 \text{ kg ha}^{-1}$ .

#### 5.1.2.2. Indicador - Uso e resposta do fertilizante fosfatado por tonelada de grão produzido

A dependência da importação de fertilizantes químicos pelo Brasil é um fator altamente preocupante, podendo ser relacionado a questões de segurança alimentar e nacional. Cerca de 51% do fósforo (P) utilizado na agricultura nacional é importado. A descoberta de novas reservas e de fontes alternativas de nutrientes e a melhoria na eficiência da resposta da produção (grãos por unidade de P) é assunto prioritário dentro da pesquisa na área de fertilidade e nutrição de plantas. Há de se ressaltar que a maioria do transporte de insumos agrícolas no Brasil é realizada via rodovias, o que gera, dentre outros problemas, altos níveis de emissões de GEE na atmosfera. Na adubação de manutenção, quantidades reduzidas de  $\text{P}_2\text{O}_5$  aplicada por tonelada de grão produzido é prejudicial à sustentabilidade da soja, pois haverá a redução gradual de P no solo, afetando a sustentabilidade das culturas que compõem os sistemas de produção. Por outro lado, a utilização de doses elevadas do nutriente por tonelada de grão indica baixa efi-

ciência de uso, o que também é inadequado à sustentabilidade dessa oleaginosa. Nas duas situações há, também, um efeito gradual ou imediato na rentabilidade do empreendimento agrícola. O indicador é baseado na quantidade de  $P_2O_5$  por t de grãos em solos bem manejados e com teor adequado de fósforo no solo.

Variável relacionada ao indicador: quantidade de  $P_2O_5$ , predominantemente utilizada para produção de determinada quantidade de grãos de soja na região produtora.

Classes de sustentabilidade para esse indicador:

- Classe 1 (Excelente): de 10 a 15 kg de  $P_2O_5$  por t de grão.
- Classe 2 (Boa): de 16 a 20 kg de  $P_2O_5$  por t de grão.
- Classe 3 (Baixa): de 5 a 9 kg ou de 21 a 30 kg de  $P_2O_5$  por t de grão.
- Classe 4 (Muito baixa): menos de 5 kg ou mais de 30 kg de  $P_2O_5$  por t de grão.

### 5.1.2.3. Indicador - Uso e resposta do fertilizante potássico por tonelada de grão produzido

O potássio é o segundo nutriente mais consumido pela soja, sendo necessário para produzir 1000 kg de grãos, em torno de 20 kg de  $K_2O$ . A dependência da importação de fertilizantes químicos pelo Brasil é um fator que vem preocupando vários integrantes ligados ao setor agrícola. Aproximadamente 90% do potássio (K) utilizado nas lavouras brasileiras é importado. A descoberta de novas reservas e de fontes alternativas de nutrientes e a melhoria na eficiência da resposta de produção (grãos por unidade de K) é assunto prioritário dentro da pesquisa na área de fertilidade e nutrição de plantas e até do melhoramento genético (tenho que pensar melhor). Assim, como para o fósforo, a maior parte do transporte de insumos agrícolas no Brasil é realizada via rodovias, o que gera altos níveis de emissões de GEE na atmosfera. Enquanto que o uso de doses pequenas de  $K_2O$  reduz a produtividade da soja, a aplicação excessiva aumenta os custos de produção, reduz do lucro da atividade agrícola e pode resultar em poluição ambiental. O

indicador é baseado na quantidade de  $K_2O$  por t de grãos em solos bem manejados e com teor adequado de potássio no solo.

Variável relacionada ao indicador: quantidade de  $K_2O$ , predominantemente utilizada para produção de determinada quantidade de grãos de soja na região produtora.

Classes de sustentabilidade para esse indicador:

- Classe 1 (Excelente): de 20 a 25 kg de  $K_2O$  por t de grão.
- Classe 2 (Boa): de 26 a 30 kg de  $K_2O$  por t de grão.
- Classe 3 (Baixa): de 15 a 19 kg ou de 31 a 35 kg de  $K_2O$  por t de grão.
- Classe 4 (Muito baixa): menos de 15 kg ou mais de 35 kg de  $K_2O$  por t de grão.

### 5.1.2.4. Indicador - Número de adubações foliares

Com exceção da possibilidade de aplicação de cobalto e molibdênio (CoMo) e de manganês, que podem resultar em benefícios reais na produtividade da cultura da soja, ainda existem dúvidas quanto à eficiência da adubação foliar na melhoria da nutrição de plantas de soja. Diversas empresas no Brasil comercializam inúmeros produtos contendo macro e, principalmente micronutrientes para a aplicação foliar além de diversos outros produtos como reguladores de crescimento, adjuvantes, extratos, entre outros. Agricultores vêm aplicando tais produtos sem fazer acompanhamento das quantidades disponíveis no solo, da necessidade das plantas, ou mesmo, dos teores foliares nas plantas. É importante mencionar que a adubação foliar muitas vezes tem efeito paliativo, sendo o adequado manejo do solo e adubação via solo mais relevante para a sustentabilidade das culturas que compõem os diferentes sistemas de produção.

Variável relacionada ao indicador: número regional médio de aplicações de adubos foliares durante o ciclo da cultura da soja.

Classes de sustentabilidade para esse indicador:

- Classe 1 (Excelente): 0 e 1 adubação foliar.
- Classe 2 (Boa): 2 adubações foliares.
- Classe 3 (Baixa): 3 e 4 adubações foliares.
- Classe 4 (Muito baixa): acima de 4 adubações foliares.

#### 5.1.2.5. Indicador - Forma de aplicação do fertilizante fosfatado

O fósforo é um elemento de baixa mobilidade no solo, consequentemente, ele tende a se concentrar nos locais de aplicação, principalmente nas áreas conduzidas sob o sistema de plantio direto. Não obstante esse princípio, atualmente, existe forte tendência em aplicar esse nutriente de forma antecipada, a lanço, e em área total na superfície do solo. Essa prática, ao longo dos anos, pode causar redução significativa de fósforo nas camadas subsuperficiais do solo, dificultando o crescimento radicular em profundidade e a exploração do solo, o que pode ser altamente prejudicial à nutrição mineral da planta, principalmente, em anos de menor precipitação pluvial. Além disso, é provável que as perdas de fósforo por erosão sejam maiores em situações em que há concentração desse nutriente na superfície do solo e em áreas mal manejadas e principalmente em áreas declivosas.

Variável relacionada ao indicador: tipo de aplicação regionalmente predominante do fertilizante fosfatado nos últimos cinco anos.

Classes de sustentabilidade para esse indicador:

- Classe 1 (Excelente): sempre aplicado no sulco de semeadura (semeadoras equipadas com hastes).
- Classe 2 (Boa): sempre aplicado no sulco de semeadura (semeadoras equipadas com discos duplos).
- Classe 3 (Baixa): aplicação anual alternada - sulco de semeadura e a lanço.
- Classe 4 (Muito baixa): sempre aplicado a lanço.

#### 5.1.2.6. Indicador - Realização de análise de solo

Para realizar a calagem e a reposição racional e equilibrada dos nutrientes do solo, operação fundamental para obtenção de elevada

produtividade, é imprescindível a realização da análise química do solo. A recomendação precisa na aplicação de nutrientes ao solo reduz a possibilidade de desequilíbrio nutricional e as perdas dos nutrientes por vários processos de dissipação. Também, impede que ocorra a perda da fertilidade do solo e a redução das produtividades das culturas que compõem o sistema de produção, pelo balanço negativo dos nutrientes. Esse indicador contempla a frequência de análise, mas é necessário salientar a necessidade de coletas realizadas de acordo com as indicações técnicas.

Variável relacionada ao indicador: periodicidade na realização da análise de solos na região produtora.

Classes de sustentabilidade para esse indicador:

- Classe 1 (Excelente): intervalo – ao menos de 2 em 2 anos.
- Classe 2 (Boa): intervalo – de 3 em 3 anos.
- Classe 3 (Baixa): intervalo – de 4 em 4 anos.
- Classe 4 (Muito baixa): intervalo – superior a 4 anos.

#### 5.1.2.7. Indicador - Realização de análise de tecido

A análise de macro e de micronutrientes de folhas é uma estratégia muito eficiente para avaliação do estado nutricional das plantas e é complementar à análise química de solo, que permite, indiretamente, observar se os procedimentos adotados com o manejo da calagem e da adubação estão sendo adequados para atender a necessidade das plantas. Outra questão é a possibilidade da correção ou ajustes no manejo da adubação adotado no talhão e no balanço de nutrientes.

Variável relacionada ao indicador: periodicidade na realização da análise de tecido na região produtora.

Classes de sustentabilidade para esse indicador:

- Classe 1 (Excelente): intervalo – anual.
- Classe 2 (Boa): intervalo - de 2 em 2 anos.

- Classe 3 (Baixa): intervalo - de 3 em 3 anos.
- Classe 4 (Muito baixa): intervalo – superior a 3 anos.

### 5.1.3. Atributo norteador: Inoculação de sementes de soja

#### 5.1.3.1. Indicador - Frequência de inoculação

O nitrogênio (N) é o nutriente requerido em maior quantidade pela cultura da soja. Estima-se que, para produzir 1000 kg de grãos, são necessários em torno de 85 kg de N. Os ganhos com a inoculação, em áreas já cultivadas anteriormente com soja, são menos expressivos do que os obtidos em solos de primeiro ano. Ainda, têm sido observados ganhos no rendimento de grãos com a inoculação em áreas já cultivadas com essa leguminosa. Por isso, a reinoculação da soja é uma prática eficaz para a obtenção de elevadas produtividades.

Variável relacionada ao indicador: periodicidade predominante de inoculação das sementes de soja nos últimos cinco anos, na região produtora.

Classes de sustentabilidade para esse indicador:

- Classe 1 (Excelente): inocula em todas as safras.
- Classe 2 (Boa) : inocula a cada duas safras.
- Classe 3 (Baixa): inocula a cada três safras.
- Classe 4 (Muito baixa): inocula após um período superior a quatro safras.

### 5.1.4. Atributo norteador: Manejo do solo

#### 5.1.4.1. Indicador - Diversificação de culturas agrícolas<sup>3</sup>

A diversificação biológica é um dos pilares da sustentabilidade em sistemas agrícolas. Espécies vegetais contrastantes no que se refere ao sistema radicular, à capacidade de absorção de nutrientes do solo e de fixação biológica de nitrogênio, às exigências nutricionais, à suscetibilidade a pragas e doenças, entre outras características, são importantes para comporem, sistemas diversificados de produção de

soja voltados a proporcionar equilíbrio agroecológico. A baixa diversificação dos sistemas de produção encontra-se associada a práticas não racionais que levam à degradação da qualidade física, química e biológica do solo, principalmente pela redução dos estoques de carbono orgânico; à redução da cobertura do solo, com o consequente aumento da intensidade dos processos erosivos, da temperatura do solo e das perdas de água por evaporação; e ao aumento da incidência de pragas, doenças e plantas daninhas. Todos esses efeitos reduzem a produtividade de grãos e aumentam a necessidade de insumos químicos e os custos de produção ao longo do tempo. Milho, trigo, aveia branca, aveia preta, sorgo, milheto, girassol, feijão, braquiárias e crotalárias, ente outras, são exemplos de culturas que podem ser inseridas em sistemas de produção com a soja.

Variável relacionada ao indicador: número de diferentes culturas agrícolas nos últimos cinco anos, predominante na região produtora.

Classes de sustentabilidade para esse indicador:

- Classe 1 (Excelente): quatro ou mais diferentes culturas agrícolas nos últimos cinco anos.
- Classe 2 (Boa): três diferentes culturas agrícolas nos últimos 5 anos.
- Classe 3 (Baixa): duas diferentes culturas agrícolas nos últimos 5 anos.
- Classe 4 (Muito Baixa): uma única cultura agrícola nos últimos 5 anos.

#### 5.1.4.2. Indicador - Número de cultivos por ano

Regiões onde as condições edafoclimáticas permitem o cultivo de mais de uma safra por ano agrícola são mais favoráveis à implementação de sistemas diversificados de produção. Práticas de manejo de conservação de água no solo, cultivares com maior precocidade, antecipação da época de semeadura, a consorciação de culturas e a sobressemeadura, são ações que podem auxiliar na realização de uma segunda safra. É importante frisar a importância da alternância das espécies vegetais dentro dos sistemas de produção, pois situações como o cultivo de soja na safra e

na safrinha podem, em longo prazo, ser mais prejudiciais à sustentabilidade das áreas agrícolas do que um único cultivo de soja ao ano.

Variável relacionada ao indicador: número de cultivos com diferentes culturas agrícolas por ano, na região produtora.

Classes de sustentabilidade para esse indicador:

- Classe 1 (Excelente): três ou mais cultivos por ano com espécies diferentes ou sistema integração lavoura-pecuária (iLP) em ciclos pastagem/lavouras de 1 a 2 anos.
- Classe 2 (Boa): dois cultivos por ano com espécies diferentes ou iLP em ciclos pastagem/lavouras superiores a 2 anos.
- Classe 3 (Baixa): apenas um cultivo por ano.
- Classe 4 (Muito baixa): dois ou mais cultivos por ano com a mesma espécie.

#### 5.1.4.3. Indicador - Sistema de manejo do solo

A adoção do Sistema Plantio Direto tem promovido uma significativa diminuição na erosão, quando comparado ao modelo agrícola baseado no preparo intensivo do solo (aração e gradagem), e quando parte do controle das plantas daninhas nas entrelinhas era realizado por meio de cultivadores. A manutenção da palhada na superfície dos solos agrícolas vem ocasionando diversos benefícios, como: maior conservação da água do solo, aumento dos teores de matéria orgânica do solo, redução da temperatura do solo, maior atividade biológica, entre outros.

Variáveis relacionadas ao indicador: sistema de preparo do solo, nível de mobilização do solo e tempo de adoção do sistema plantio direto, predominantes na região produtora.

Classes de sustentabilidade para esse indicador:

- Classe 1 (Excelente): Sistema Plantio Direto (SPD).
- Classe 2 (Boa): Plantio direto com escarificação em intervalo igual ou superior a 3 anos.

- Classe 3 (Baixa): Preparo mínimo com grande leve; e/ou escarificação com intervalos menores que 3 anos; e/ou grade pesada ou arado de discos, com intervalo igual ou superior a 5 anos.
- Classe 4 (Muito baixa): Preparo do solo com grade pesada ou arado de discos com intervalo inferior a 5 anos.

#### 5.1.5. Atributo norteador: Física do solo

##### 5.1.5.1. Indicador – Textura do solo

A textura do solo está relacionada à capacidade de retenção de água e de nutrientes, à resistência e resiliência e ao acúmulo de matéria orgânica. O uso integral do Sistema Plantio Direto, considerando a rotação de culturas, o baixo revolvimento do solo e a manutenção do solo coberto pode minimizar, em parte, a fragilidade de solos com baixos teores de argila, mas essa característica edáfica continua sendo relevante para a sustentabilidade da produção vegetal. O enquadramento desse indicador em classes de sustentabilidade segue os critérios estabelecidos pela Instrução Normativa nº 2, de 09 de outubro de 2008, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), que agrupa os solos em três categorias quanto à capacidade de retenção de água: arenoso (Tipo 1); textura média (Tipo 2); e argiloso (Tipo 3).

Variável relacionada ao indicador: % de argila na camada de solo de 0 a 20 cm, predominante na região produtora.

Classes de sustentabilidade para esse indicador:

- Classe 1 (Excelente): Solos com teor médio de argila > 35%.
- Classe 2 (Boa): 25% < Solos com teor de argila <= 35%.
- Classe 3 (Baixa): 15% < Solos com teor de argila <= 25%.
- Classe 4 (Muito baixa): Solos com teor médio de argila <= 15%

#### 5.1.6. Atributo norteador: Manejo da resistência de pragas e plantas daninhas

##### 5.1.6.1. Indicador – Manejo da resistência de plantas daninhas

As plantas daninhas podem causar sérias reduções na produtividade

e na qualidade de grãos de soja, além de aumentarem os custos de produção e, em alguns casos, dificultar ou mesmo impedir a colheita. O principal mecanismo de interferência dessas plantas é a competição por água, luz e nutrientes. Atualmente o método de controle mais amplamente difundido no Brasil é o químico, por meio da aplicação de herbicidas. No entanto, especialmente nas últimas duas décadas, surgiram biótipos de várias espécies daninhas resistentes a uma ampla gama de herbicidas, inclusive o glifosato, amplamente utilizado no manejo de plantas daninhas, em dessecações e no controle em pós-emergência no caso da soja RR. Uma das principais estratégias para reduzir a probabilidade de aparecimento de biótipos resistentes é o uso de herbicidas com diferentes mecanismos de ação.

Variável relacionada ao indicador: número de diferentes mecanismos de ação de herbicidas usados no sistema de produção regional com soja nos últimos cinco anos.

Classes de sustentabilidade para esse indicador:

- Classe 1 (Excelente): Mecanismos de ação > 5.
- Classe 2 (Boa): Mecanismos de ação = 5.
- Classe 3 (Baixa): Mecanismos de ação = 4.
- Classe 4 (Muito baixa): Mecanismos de ação < 4.

### 5.1.6.2. Indicador – Manejo da resistência de pragas

Os insetos-pragas se constituem em importante fonte de estresse biótico em sistemas de produção de agrícola no Brasil. De forma geral, o complexo de lagartas e de percevejos estão presentes nos diversos sistemas de produção de soja do país e causam sérios prejuízos em função da redução de produtividade e/ou qualidade de grãos e de sementes, além de ser um dos responsáveis pela possibilidade de contaminação ambiental, em função do manejo de pragas. A resistência de insetos-praga a inseticidas promove aumento dos custos de produção e também pode inviabilizar o controle, o que, certamente,

redundará em reduções de produtividade. Esse contexto se torna ainda mais grave frente à retirada de alguns inseticidas do mercado, caso do metamidofós, por exemplo. Atualmente, principal estratégia para prevenir o aparecimento de populações resistentes a curto, médio e longo prazo é a rotação de inseticidas com diferentes mecanismos de ação.

Variável relacionada ao indicador: número de diferentes mecanismos de ação de inseticidas, no manejo da resistência de pragas, no sistema de produção regional com soja, nos últimos cinco anos.

Classes de sustentabilidade para esse indicador:

- Classe 1 (Excelente): Mecanismos de ação > 4.
- Classe 2 (Boa): Mecanismos de ação = 4.
- Classe 3 (Baixa): Mecanismos de ação = 3.
- Classe 4 (Muito baixa): Mecanismos de ação < 3.

## 5.2. Indicadores relacionados à dimensão econômica

### 5.2.1. Atributo norteador: Produção de grãos

#### 5.2.1.1. Indicador - Produtividade regional da soja

Uma vez que o mercado de commodities é marcado por intensas flutuações nas cotações dos diversos produtos agrícolas comercializados, o agricultor necessita otimizar o seu desempenho produtivo, por meio de um manejo racional da cultura que permita maximizar seu lucro operacional. Nesse contexto, a obtenção de elevados níveis de produtividade, além de propiciar a viabilidade econômica de uma cultura, tem relevância ambiental, pois maiores rendimentos também significam menor pressão por aberturas de novas áreas para o aumento da produção nacional dessa cultura.

De acordo com o levantamento municipal do IBGE (2012a), a produtividade avançou de tal forma, que municípios sojicultores como Corbélia (PR), Mamborê (PR) e Coronel Vivida (PR) já conseguem ultrapassar

a média de 3.660 kg ha<sup>-1</sup>, sob condições edafoclimáticas favoráveis. Por outro lado, quando tais condições se mostram bastante restritivas, as quebras de produção podem ocasionar rendimentos inferiores a 30 sc ha<sup>-1</sup>, como já ocorrido nos Estados da Região Sul, no Mato Grosso do Sul e no Piauí.

O indicador avalia produtividade regional por meio da avaliação comparativa com a produtividade nacional, no curto prazo (três anos). O resultado deste indicador, somado aos resultados de outros indicadores, propiciará determinar fragilidades emergenciais que surgem nos sistemas de produção com soja e exigem rápidas respostas pelas empresas de pesquisa do setor.

Variável relacionada ao indicador: produtividade regional média (kg ha<sup>-1</sup>) e produtividade nacional média (kg ha<sup>-1</sup>), nas três últimas safras.

Classes de sustentabilidade para esse indicador:

- Classe 1 (Excelente): produtividade regional  $\geq 1,2$  produtividade nacional.
- Classe 2 (Boa):  $1,0$  produtividade nacional  $\leq$  produtividade regional  $< 1,2$  produtividade nacional.
- Classe 3 (Baixa):  $0,8$  produtividade nacional  $\leq$  produtividade regional  $< 1,0$  produtividade nacional.
- Classe 4 (Muito baixa): produtividade regional  $< 0,8$  produtividade nacional.

### 5.2.1.2. Indicador - Estabilidade de produção

Dentre os problemas mais relevantes para a sustentabilidade da agricultura nacional tem-se a quebra de safra, sobretudo quando ela afeta as commodities mais remuneradoras de um sistema de produção. Assim, a avaliação da estabilidade de produção da soja visa caracterizar o risco associado aos sistemas agrícolas regionais que comportam a cultura.

Por meio de dados municipais do IBGE (2012a), em primeiro lugar,

será utilizada a média de produtividade regional do último decênio. Em seguida, por meio do conceito matemático de moda, será determinado o intervalo mais provável de produtividade regional desse decênio. Por fim, será verificado neste período, em quantas delas houve uma quebra de produção significativa, que representa um valor igual ou superior a 20% do ponto médio do supracitado intervalo.

Por exemplo, se o intervalo mais provável de produtividade for [2.900 kg ha<sup>-1</sup>; 3.100 kg ha<sup>-1</sup>], o ponto médio será 3.000 kg ha<sup>-1</sup>, sendo as quebras de produtividades significativas, valores iguais ou superiores a 600 kg ha<sup>-1</sup> (20%).

Esse indicador também tem forte conotação ambiental, pois um baixo número de quebras indica que, além da região apresentar aptidão para o cultivo de soja, a estabilidade produtiva diminui possíveis pressões por aberturas de novas áreas visando o aumento de escala. Além disso, a estabilidade na produção de soja constitui-se em um indicador de utilização de tecnologias adequadas de manejo do solo e da cultura, que tornam essa oleaginosa menos suscetível a perdas por estresses bióticos e/ou abióticos.

Variáveis relacionadas ao indicador: produtividade dos municípios que compõem a região (kg ha<sup>-1</sup>), moda matemática das produtividades regionais (kg ha<sup>-1</sup>) e o número de safras com quebra de produção superior a 20%, nos últimos 10 anos.

Classes de sustentabilidade para esse indicador:

- Classe 1 (Excelente): nenhuma quebra de safra.
- Classe 2 (Boa): de 1 a 2 safras com quebra superior a 20%.
- Classe 3 (Baixa): de 3 a 4 safras com quebra superior a 20%.
- Classe 4 (Muito baixa): acima de 4 safras com quebra superior a 20%.

### 5.2.1.3. Indicador - Variabilidade da produtividade regional

Para completar a visão sobre produtividade e sua evolução, foi in-

roduzido o conceito de variabilidade da produtividade regional, que consiste na determinação do coeficiente de variação (CV) da produtividade regional, indicador, que terá como base os dados municipais do IBGE (2012a).

As regiões com menor CV indicaram as regiões com condições edafoclimáticas e sistemas de produção mais estáveis ao cultivo de soja. Por outro lado, as regiões produtoras que apresentarem maior CV, além de maior risco econômico, também podem trazer embutido, riscos ambientais e sociais adicionais, como maior uso de defensivos, diminuição da renda do sojicultor e retração do valor bruto da produção local.

Classes de sustentabilidade para esse indicador:

- Classe 1 (Excelente): CV < 5%.
- Classe 2 (Boa):  $5 \leq CV < 15\%$ .
- Classe 3 (Baixa):  $15 \leq CV < 30\%$ .
- Classe 4 (Muito baixa): CV  $\geq 30\%$ .

## 5.2.2. Atributo norteador: Remuneração do sojicultor

### 5.2.2.1. Indicador - Preço pago ao produtor

Assim como a produtividade, o preço pago ao produtor é um fator essencial na formação da receita e na geração da renda agrícola. Uma vez que grande parte da soja em grão e seus derivados são produtos de exportação, regiões sojicultoras mais próximas dos portos, como Ponta Grossa (PR) e Cachoeira do Sul (RS), tendem a ter um preço de venda mais competitivo. Por outro lado, para regiões mais distantes dos portos, como Canarana (MT) e Sorriso (MT), por exemplo, o preço pago ao produtor tende a ser inferior. Esta situação é gravemente acentuada pela limitação de rotas e estradas eficientes para o transporte e de modais alternativos de transporte, principalmente, no que se refere a ferrovias e hidrovias. Nesse sentido, Santos, a principal via de escoamento dos produtos da cadeia produtiva da soja foi adotada

como referencial de preços. O procedimento é simples, consistindo na comparação entre o preço regional da soja e o preço do grão em Santos, considerando a média dos últimos 12 meses.

Variável relacionada ao indicador: preço de venda da soja (R\$/sc).

Classes de sustentabilidade para esse indicador:

- Classe 1 (Excelente): preço regional  $\geq 0,90$  preço em Santos.
- Classe 2 (Boa):  $0,85$  preço em Santos  $\leq$  preço regional <  $0,90$  preço em Santos.
- Classe 3 (Baixa):  $0,80$  preço em Santos  $\leq$  preço regional <  $0,85$  preço em Santos.
- Classe 4 (Muito baixa): preço regional <  $0,80$  preço em Santos.

### 5.2.2.2. Indicador – Variação dos custos operacionais

Os custos operacionais representam os custos incorridos no processo produtivo (e.g. insumos e operações mecanizadas), nos serviços pós-colheita (e.g. assistência técnica) e nas depreciações (máquinas, equipamentos e imobilizados). O manejo necessita ser racional, com o intuito de minimizar estes custos, além de otimizar a produtividade do cultivo, visando à maximização do lucro operacional do agricultor.

Embora uma commodity que apresente custos operacionais elevados possa ser viabilizada por meio de uma estratégia de maximização de receitas, valores significativos para os referidos custos trazem grande risco à prática produtiva. Como exemplo, os sucessivos recordes nacionais na produção de grãos têm exposto o Brasil aos infindáveis problemas relacionados à logística do agronegócio nacional, que impactaram em aumentos significativos no custo com frete agrícola, no curtíssimo prazo (um ano). Nesse sentido, o presente indicador visa avaliar a variação dos custos operacionais regionais da safra atual em relação aos custos operacionais da safra anterior, buscando um retrato econômico da atividade nesse curtíssimo prazo.

Variáveis relacionadas ao indicador: custo dos insumos produtivos (R\$ ha<sup>-1</sup>), custo das operações mecanizadas (R\$ ha<sup>-1</sup>) e custos de serviços pós-colheita (R\$ ha<sup>-1</sup>), na região produtora.

Classes de sustentabilidade para esse indicador:

- Classe 1 (Excelente): custo operacional da safra atual  $\leq$  0,80 custo operacional da safra anterior.
- Classe 2 (Boa): 1,00 operacional custo da safra anterior  $\leq$  custo operacional da safra atual  $<$  0,80 custo operacional da safra anterior.
- Classe 3 (Baixa): 1,20 custo operacional da safra anterior  $\leq$  custo operacional da safra atual  $<$  1,00 custo operacional da safra anterior.
- Classe 4 (Muito baixa): custo operacional da safra atual  $>$  1,20 custo operacional da safra anterior.

### 5.2.2.3. Indicador – Diferença entre custos operacionais

Diversos fatores podem fazer com que haja diferença significativa entre os custos operacionais nas diversas regiões sojicultoras do país. O frete agrícola tem aparecido como um dos grandes vilões da produção no Brasil Central, uma vez que grande parte dos sojicultores brasileiros de regiões distantes dos portos e que contam com uma agroindústria insuficiente, geralmente arcam com custos de fretes, bastante superiores àqueles observados para regiões próximas aos portos, ou que possuem uma forte rede de agroindústrias (e.g. cooperativas e complexos processadores).

Também impactantes são os custos relacionados à adubação do solo, pois as características edafoclimáticas de cada região, as estratégias locais relacionadas ao manejo da fertilidade e as necessidades das culturas que compõem os diferentes sistemas de produção regionais, fazem com que existam diferenças no uso de fertilizantes entre as diversas regiões sojicultoras, o que gera significativas diferenças de custos operacionais.

Assim, o indicador visa avaliar comparativamente o custo operacional

de diversas regiões produtoras. Para tanto, será utilizado como padrão de comparação o custo operacional de soja no Médio Norte mato-grossense, constante nos levantamentos do IMEA (Instituto Mato-Grossense de Economia Aplicada). O Médio Norte do Mato Grosso tem uma safra estimada entre 2,9 e 3,0 Mt, sendo o maior produtor nacional de soja. Além disso, é uma região produtora distante dos portos, o que o faz sofrer impactos negativos em termos de custos com fretes.

Variáveis relacionadas ao indicador: custo dos insumos produtivos (R\$ ha<sup>-1</sup>), custo das operações mecanizadas (R\$ ha<sup>-1</sup>) e custos de serviços pós-colheita (R\$ ha<sup>-1</sup>), na região produtora.

Classes de sustentabilidade para esse indicador:

- Classe 1 (Excelente): custo operacional regional  $\leq$  0,75 custo operacional no Médio Norte (MT).
- Classe 2 (Boa): 0,75 custo operacional no Médio Norte (MT)  $<$  custo operacional regional  $\leq$  0,90 custo no operacional Médio Norte (MT).
- Classe 3 (Baixa): 0,90 custo operacional no Médio Norte (MT)  $<$  custo operacional regional  $\leq$  1,00 custo operacional no Médio Norte (MT).
- Classe 4 (Muito baixa): custo operacional regional  $>$  1,00 custo operacional no Médio Norte (MT).

### 5.2.2.4. Indicador - Remuneração financeira média regional

A capitalização é essencial para a qualidade de vida e para a sustentabilidade do produtor, assim como para a evolução da agricultura regional e nacional. No que diz respeito à prática agrícola, uma propriedade pequena ou média pode ser viável em razão de um maior lucro operacional unitário e por características específicas do seu sistema produtivo (diversificação de cultivos e fontes de renda), enquanto propriedades com pequenas margens unitárias de lucro operacional podem ser viáveis em função da escala de produção. Assim, para “regiões agrícolas em que a soja constitui um dos principais componentes do sistema de produção”, a remuneração

financeira média regional da cultura, junto com informações correlatas (e.g. área média local), permite vislumbrar o impacto econômico-financeiro da soja na agricultura local, além permitir indicar qual tipo de sustentação prevalece na região avaliada (por lucro unitário, por escala, ou por ambos).

Ressalta-se que esse indicador se adequa às regiões em que a soja tem representatividade e continuidade na formação da renda, não sendo indicado para regiões em que a cultura se apresenta apenas como um cultivo marginal e temporário. Por exemplo, na Região Sul, é bastante comum encontrarmos unidades produtivas e, até mesmo microrregiões agrícolas, em que a principal fonte de renda do agricultor é a produção de leite, bovinos e/ou aves, com a soja se apresentando apenas como uma opção “não continuada e significativa” de investimento. Assim, esse indicador deve ser utilizado para regiões comprovadamente sojicultoras, com área média significativa, geralmente superior a 20 hectares. As classes de sustentabilidade foram estabelecidas de acordo análise realizada a partir das avaliações econômico-financeiras das instituições do setor e partir das peculiaridades associadas a diversas regiões produtoras (e.g. tamanho médio da propriedade, atividade produtiva principal e evolução dos preços recebidos).

O cálculo da remuneração financeira média regional será feito a partir do lucro financeiro unitário (R\$/ha), que considera apenas os custos financeiros desembolsáveis. A remuneração financeira média regional será estimada a partir da multiplicação entre lucro financeiro unitário e área regional média.

Variáveis relacionadas ao indicador: área de soja média nas propriedades regionais (hectares), lucro financeiro unitário regional (R\$/ha).

Classes de sustentabilidade para esse indicador:

- Classe 1 (Excelente): Remuneração financeira média > R\$ 250.000,00.

- Classe 2 (Boa): R\$ 100.000,00 < remuneração financeira média <= R\$ 250.000,00.
- Classe 3 (Baixa): R\$ 25.000,00 < remuneração financeira média <= R\$ 100.000,00.
- Classe 4 (Muito baixa): Remuneração financeira média <= R\$ 25.000,00.

### 5.2.3. Atributo norteador: Capacidade de armazenagem

#### 5.2.3.1. Indicador - Capacidade de armazenamento regional de soja e milho

Para que o Brasil se torne uma verdadeira potência agrícola, fortaleça a competitividade do seu agronegócio e dê suporte às suas pretensões geopolíticas, é imprescindível o estabelecimento de uma rede logística com capacidade de atender ao volume da sua crescente produção agropecuária. Nesse sentido, a capacidade de armazenamento a granel será um dos principais requisitos de competitividade das regiões agrícolas.

Em decorrência da evolução de capacidade estática de armazenamento a granel abaixo do incremento da produção nacional de grãos, tem sido cada vez mais comum o carregamento (ou armazenamento) imediato e inadequado, sobretudo de soja e milho, nos caminhões, embarcações e vagões de trens direcionados aos portos nacionais. Uma vez que essa tática é insuficiente para contornar o caos logístico faceado pelo setor de grãos, determinadas medidas paliativas têm sido cada vez mais adotadas, como os silos-bolsa e, até mesmo, a “armazenagem” a céu aberto. Essa segunda medida paliativa tem ocorrido sobremaneira com o milho, que normalmente é preterido pela soja nos silos e armazéns brasileiros, criando um quadro inimaginável para um país que tem pretensões geopolíticas e geoeconômicas.

A soja e o milho representam os principais grãos produzidos no país e que travam grande disputa por espaço de armazenagem nos silos. Outras culturas como girassol e canola, que representam atividades de nicho, seguem outro modelo logístico, sendo distribuídos, armazena-

dos e processados em agroindústrias específicas. Por exemplo, tem-se o girassol na microrregião de Parecis e a canola na microrregião de Guarapuava, cujos grãos são vendidos para indústrias setoriais locais, não sendo direcionados aos mesmos armazéns de milho e soja.

Geralmente, a capacidade de armazenamento regional está muito aquém da necessária para armazenar os grãos simultaneamente e, em casos mais drásticos, abaixo da necessária para armazenar apenas um deles. Nesse sentido, o presente indicador foi criado para relacionar em âmbito regional, a capacidade de armazenamento a granel com a produção de soja e milho.

Variáveis relacionadas ao indicador: capacidade regional de armazenagem a granel (t), produção regional de soja (t) e produção regional de milho (t).

Classes de sustentabilidade para esse indicador:

- Classe 1 (Excelente): capacidade de armazenagem a granel/(produção de soja + milho)  $\geq 1,20$ .
- Classe 2 (Boa):  $1,00 \leq$  capacidade de armazenagem a granel/(produção de soja + milho)  $< 1,20$ .
- Classe 3 (Baixa):  $0,80 \leq$  capacidade de armazenagem a granel/(produção de soja + milho)  $< 1,00$ .
- Classe 4 (Muito baixa): capacidade de armazenagem a granel/(produção de soja + milho)  $< 0,80$ .

## 5.2.4. Atributo norteador: Posse da terra

### 5.2.4.1. Indicador - Percentual de área cultivada com soja por meio de arrendamento

A integração vertical do processo permite a economia de escopo e aumento da competitividade da atividade produtiva, pois elimina os crescentes custos com locação de área produtiva e a posse da propriedade pelo sojicultor propicia eliminar restrições à implantação de um

sistema de produção mais adequado à maximização da renda agrícola. Nesse sentido, o produtor com área própria possui uma importante vantagem competitiva em custos, comparado àquele que necessita arrendar áreas para a produção agrícola. Para determinar os limiares de sustentabilidade do indicador, foram realizadas análises nos custos com arrendamento de terra para o cultivo de soja, publicados por diversas instituições do setor.

Variável relacionada ao indicador: percentual regional de área de produção de soja arrendada.

- Classe 1 (Excelente): área regional própria  $\geq 80\%$ .
- Classe 2 (Boa):  $60\% \leq$  área regional própria  $< 80\%$ .
- Classe 3 (Baixa):  $40\% \leq$  área regional própria  $< 60\%$ .
- Classe 4 (Muito baixa): área regional própria  $< 40\%$ .

## 5.2.5. Atributo norteador: Escoamento da produção para exportações do grão

### 5.2.5.1. Indicador - Distância rodoviária ponderada entre a região produtora de soja e o principal porto utilizado para a exportação de grãos.

Os crônicos problemas logísticos no Brasil fazem com que commodities agrícolas voltadas para a exportação sejam amplamente escoadas por rodovias. De um lado, esse fato tem conotação ambiental-econômica no que se refere à emissão de gases de efeito estufa e seus impactos na economia verde, por outro, tem forte ligação com a viabilidade econômica das regiões produtoras, uma vez que é um dos componentes principais na formação do preço de frete da empresa exportadora até o porto.

Nesse contexto, o indicador visa dar um indicativo da distância rodoviária entre a região produtora de soja e o principal porto por onde o grão será escoado. Ressalta-se que tal indicador não representa a distância rodoviária percorrida pelo grão até o porto, uma vez que existem diferentes opções de rotas, além de deslocamentos e armaze-

namentos intermediários no processo. Entretanto, dá claros indicativos sobre a competitividade e sustentabilidade logística, econômica e ambiental das diversas regiões produtoras de soja. Para o estabelecimento das classes de sustentabilidade, foram levantadas as distâncias entre os municípios produtores de soja dos diversos Estados e os principais portos por onde escoam essas produções estaduais.

Variável relacionada ao indicador: distância rodoviária entre região analisada e o principal porto de escoamento para exportações (km).

Classes de sustentabilidade para esse indicador:

- Classe 1 (Excelente): distância ponderada  $\leq 500$  km.
- Classe 2 (Boa):  $500 \text{ km} < \text{distância ponderada} \leq 1.000$  km.
- Classe 3 (Baixa):  $1.000 \text{ km} < \text{distância ponderada} \leq 2.000$  km.
- Classe 4 (Muito baixa): distância ponderada  $> 2.000$  km.

## 5.2.6. Atributo norteador: retorno de investimento

### 5.2.6.1. Indicador - Vida de retorno do investimento (VRI)

A produção nacional de espécies vegetais comerciais, sobretudo os grãos, está crescendo de forma contínua. Essa evolução está ocorrendo por meio de dois tipos de estratégias: (1) a incorporação de novas áreas para a produção de espécies vegetais comerciais, especialmente as áreas de pastagens; (2) o uso de áreas que já estão sendo utilizadas por espécies vegetais comerciais, pela implantação de cultivos mais rentáveis em um determinado sistema de produção (e.g. a introdução da soja na porção sul do Rio Grande do Sul, em sistemas de rotação com arroz).

Ambas as estratégias são fundamentais para o desenvolvimento da agricultura nacional. Contudo, elas incorrem em significativos volumes de investimentos para serem operacionalizadas. Em outros termos, o retorno/recuperação do investimento inicial realizado poderá se dar em um prazo considerável de tempo, o que diminuirá a atratividade dos negócios agrícolas.

Partindo do princípio que o retorno sobre o investimento é um aspecto fundamental para o desenvolvimento da agricultura nacional, o indicador visa avaliar o tempo de retorno dos investimentos necessários para implantar o sistema de produção regional predominante em novas áreas agrícolas.

Assim, será realizada uma análise de investimentos (AI), considerando: (1) os investimentos necessários em recursos produtivos (terra, máquinas, equipamentos, trabalho, etc.); (2) o fluxo de receita, estimado de acordo com o preço corrente recebido pelos produtores; (3) o fluxo de custo, de acordo com os custos operacionais correntes; (4) fluxo líquido resultante, decorrente dos fluxos de receitas e custos.

Para avaliar o tempo de retorno dos investimentos, será adotada como variável a Vida de Retorno de Investimento (VRI), de acordo com os procedimentos de cálculo baseados no trabalho de Kuhnen (2008). O objetivo é mostrar se os sistemas regionais de produção com soja constituem vetores de atratividade para investimentos agrícolas.

Variáveis relacionadas ao indicador: receita ( $\text{R\$ ha}^{-1}$ ), custo financeiro ( $\text{R\$ ha}^{-1}$ ), lucro financeiro ( $\text{R\$ ha}^{-1}$ ), investimentos em infraestrutura ( $\text{R\$ ha}^{-1}$ ) e investimentos em terra ( $\text{R\$ ha}^{-1}$ ).

Classes de sustentabilidade para esse indicador:

- Classe 1 (Excelente):  $\text{VRI} \leq 10$  safras.
- Classe 2 (Boa):  $10 \text{ safras} < \text{VRI} \leq 20$  safras.
- Classe 3 (Baixa):  $20 \text{ safras} < \text{VRI} \leq 30$  safras.
- Classe 4 (Muito baixa):  $\text{VRI} > 30$  safras.

## 5.3. Indicadores relacionados à dimensão social

### 5.3.1. Atributo norteador: Utilização de pesticidas

#### 5.3.1.1. Indicador - Periculosidade à vida humana

A necessidade crescente de aumento da produção de alimentos e as restrições ambientais para conter a expansão da fronteira agrícola dei-

xam como alternativas a intensificação da agricultura e o incremento da produtividade. Assim, torna-se essencial o desenvolvimento de inovações e adoções de tecnologias para o aumento da produtividade, uma vez que a baixa oferta de mão de obra obrigará, cada vez mais, a automatização das operações agrícolas e a crescente necessidade de uso adequado de insumos como fertilizantes e agrotóxicos (herbicidas, inseticidas, acaricidas e fungicidas), fatores primordiais para a maioria dos sistemas de cultivo. Contudo, além das questões relacionadas ao aumento da exigência de qualidade da produção, faz-se necessário maior atenção do produtor, particularmente no que tange a aspectos ambientais, sociais e de bem estar de homens e animais. Estas atividades executadas de forma inadequadas podem causar diversos impactos no ambiente, como: toxicidade a organismos não-alvo, inclusive muitos desses benéficos às atividades agrícolas; contaminação dos recursos hídricos, inclusive mananciais subterrâneos; bioacumulação na cadeia trófica; entre outros efeitos.

O Ministério da Saúde emite parecer quanto aos produtos técnicos, ingredientes ativos e produtos formulados, distribuídos nas seguintes classes toxicológicas: Classe I - Produtos Extremamente Tóxicos; Classe II - Produtos Altamente Tóxicos; Classe III - Produtos Medianamente Tóxicos; Classe IV - Produtos Pouco Tóxicos (Figura 4). Essas classes toxicológicas são calculadas pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), com um princípio similar ao Potencial de Periculosidade Ambiental, apresentado anteriormente. Nesse sentido, para seguir uma padronização, assumiu-se que cada classe toxicológica se refere a um Potencial de Periculosidade à Vida Humana (PPH).

Tendo como base essa classificação, foi criado o Índice de Periculosidade à Vida Humana (IPH), com o intuito de avaliar a vulnerabilidade da vida humana, vinculada ao uso de agrotóxicos na cultura da soja.

Para tal, em primeiro lugar, foi determinado a partir de informações de atores do setor produtivo, um programa padrão de aplicações de agrotóxicos na cultura da soja. Ou seja, esse programa não se refere a uma recomendação de pesquisa, mas sim a um pacote tecnológico de ampla adoção que serve como base para avaliar as vulnerabilidades existentes no controle fitossanitário da cultura da soja, as quais estão vinculadas, sobretudo, a estresses bióticos, que impactaram na maior frequência e/ou na dose de agrotóxicos agrícolas.

O cálculo do IPH terá como procedimento inicial, vincular um peso ao PPH de cada agrotóxicos, de acordo com sua classe toxicológica (classe toxicológica I = 2,50; classe toxicológica II = 2,00; classe toxicológica III = 1,50; classe toxicológica IV = 1,00), em que o pesticida mais tóxico receberá peso I, enquanto o menos tóxico receberá peso IV.

Um agrotóxico pode estar associado ao controle de diferentes pragas, doenças ou plantas daninhas. Nesse sentido, para analisar o alvo do controle do agrotóxico, assim como as doses indicadas, foi utilizado o AGROFITWEB On Line, ferramenta de consulta ao público, composta por um banco de dados de todos os produtos agrotóxicos e afins registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, com informações do Ministério da Saúde (ANVISA) e informações do Ministério do Meio Ambiente (IBAMA).

Assim como o indicador 5.1.1.1. (Periculosidade ao ambiente), considera que as doses de um agrotóxico podem variar significativamente de acordo com o alvo do controle e utiliza as variáveis “dose limite” e “relação de dose”. Os procedimentos de cálculo são similares ao do indicador 5.1.1.1. O valor do IPH será o resultado da multiplicação do peso do PPH, número de aplicações e “relação dose” (Tabelas 5 a 8).

CLASSE I	CLASSE II	CLASSE III	CLASSE IV
a) as formulações líquidas que apresentam DL 50 oral, para ratos, igual ou inferior a 20 mg kg <sup>-1</sup> ;	a) as formulações líquidas que apresentam DL 50 oral, para ratos, superiores a 20 mg kg <sup>-1</sup> e até 200 mg kg <sup>-1</sup> , inclusive;	a) as formulações líquidas que apresentam DL 50 oral, para ratos, superior a 200 mg kg <sup>-1</sup> e até 2.000 mg kg <sup>-1</sup> , inclusive;	a) as formulações líquidas que apresentam DL 50 oral, para ratos, superior a 2000 mg kg <sup>-1</sup> ;
b) as formulações sólidas que apresentam DL 50 oral, para ratos, igual ou inferior a 5 mg kg <sup>-1</sup> ;	b) as formulações sólidas que apresentam DL 50 oral, para ratos, superiores a 5 mg kg <sup>-1</sup> e até 500 mg kg <sup>-1</sup> , inclusive;	b) as formulações sólidas que apresentam DL 50 oral, para ratos, superior a 500 mg kg <sup>-1</sup> e até 500 mg kg <sup>-1</sup> , inclusive;	b) as formulações sólidas que apresentam DL 50 oral, para ratos, superior a 500 mg kg <sup>-1</sup> , inclusive;
c) as formulações líquidas que apresentam DL 50 dérmica, para ratos, igual ou inferior a 40 mg kg <sup>-1</sup> ;	c) as formulações líquidas que apresentam DL 50 dérmica para ratos superior a 40 mg kg <sup>-1</sup> e até 400 mg kg <sup>-1</sup> , inclusive;	c) as formulações líquidas que apresentam DL 50 dérmica, para ratos, superior a 400 mg kg <sup>-1</sup> e até 4.000 mg kg <sup>-1</sup> , inclusive;	c) as formulações sólidas que apresentam DL 50 dérmica, para ratos, superior a 4000 mg kg <sup>-1</sup> ;
d) as formulações sólidas que apresentam DL 50 dérmica, para ratos, igual ou inferior a 10 mg kg <sup>-1</sup> ;	d) as formulações sólidas que apresentam DL 50 dérmica, para ratos, superior a 10 mg kg <sup>-1</sup> e até 100 mg kg <sup>-1</sup> , inclusive;	d) as formulações sólidas que apresentam DL 50 dérmica, para ratos, superior a 100 mg kg <sup>-1</sup> e até 1.000 mg kg <sup>-1</sup> , inclusive;	d) as formulações sólidas que apresentam DL 50 dérmica, para ratos superior a 1.000 mg kg <sup>-1</sup> ;
e) as formulações que provocam opacidade na córnea reversível ou não dentro de sete dias ou irritação persistente nas mucosas oculares dos animais testados;	e) as formulações que não apresentam de modo algum, opacidade na córnea, bem como aquelas que apresentam irritação reversível dentro de 7 (sete) dias nas mucosas oculares de animais testados;	e) as formulações que não apresentam, de modo algum, opacidade na córnea e aquelas que apresentam irritação reversível dentro de 72 (setenta e duas) horas nas mucosas oculares dos animais testados;	e) as formulações que não apresentam de modo algum, opacidade na córnea e aquelas que apresentam irritação leve, reversível dentro de 24 (vinte e quatro) horas, nas mucosas oculares dos animais testados;
f) as formulações que provocam ulceração ou corrosão na pele dos animais testados;	f) as formulações que provocam irritação severa, ou seja, obtenham um escore igual ou superior a 5 (cinco) segundo o método de Draize e Cols na pele de animais testados;	f) as formulações que provocam irritação moderada ou um escore igual ou superior a 3 (três) e até 5 (cinco), segundo o método de Draize e Cols, na pele dos animais testados;	f) as formulações que provocam irritação leve ou um escore inferior a 3 (três), segundo o método de Draize e Cols, na pele dos animais testados;
g) os produtos, ainda em fase de desenvolvimento, a serem pesquisados ou experimentados no Brasil;	g) as formulações que possuam CL 50 inalatória, para ratos, superior a 0,2 mg L <sup>-1</sup> de ar por uma hora de exposição e até 2 mg L <sup>-1</sup> de ar por uma hora de exposição, inclusive.	g) as formulações que possuem CL 50 inalatória, para ratos, superior a 2 mg L <sup>-1</sup> de ar por uma hora de exposição e até 20 mg L <sup>-1</sup> de ar por uma hora de exposição, inclusive.	g) as formulações que possuem CL 50 inalatória, para ratos, superior a 20 mg L <sup>-1</sup> de ar por hora de exposição.
h) as formulações que possuam CL 50 inalatória para ratos igual ou inferior a 0,2 mg L <sup>-1</sup> de ar por uma hora de exposição.			

Fonte: Anvisa (2013)

**Figura 4.** Critérios utilizados pela Anvisa para definição de classe toxicológica de um agrotóxico no Brasil.

Obs. A classificação de uma substância ou formulação em uma das classes toxicológicas previstas não depende de todos os dados toxicológicos estarem na mesma classe. O dado mais agravante será utilizado para classificar o produto

**Tabela 5.** Cálculo do Índice de Periculosidade à Vida Humana (IPH) com base em programa de aplicações “usual” para a cultura da soja.

Marca comercial	Princípio ativo	PPH	Peso PPH	Aplicações	Dose adotada	Dose limite	Relação de dose	IPH
<b>Herbicidas</b>								
Roundup Transorb "R"	Glifosato	II	2,00	1	3,000	3,000	1,000	2,00
Roundup Ready	Glifosato	II	2,00	2	1,850	1,850	1,000	4,00
DMA 806 BR	2,4-D-dimetilamina	I	2,50	1	1,250	1,250	1,000	2,50
<b>Inseticidas</b>								
Dimilin	Diflubenzurom	IV	1,00	2	0,045	0,045	1,000	2,00
Nomolt 150	Teflubenzurom	IV	1,00	1	0,050	0,050	1,000	1,00
Lannate BR	Metomil	I	2,50	1	1,150	1,150	1,000	2,50
Engeo Pleno	Lambda-cialotrina + Tiametoxam	III	1,50	2	0,163	0,163	1,000	3,00
Connect	Beta-ciflutrina + Imidacloprido	II	2,00	1	0,700	0,700	1,000	2,00
<b>Fungicidas</b>								
Opera	Epoxiconazol + Piraclostrobrina	II	2,00	1	0,550	0,550	1,000	2,00
Priori Xtra	Azoxistrobrina + Ciproconazol	III	1,50	1	0,300	0,300	1,000	1,50
Aproach Prima	Ciproconazol + Picoxistrobrina	III	1,50	1	0,300	0,300	1,000	1,50
Derosal 500 SC	Carbendazim	II	2,00	1	0,300	0,300	1,000	2,00
<b>Tratamento de sementes</b>								
Standak Top	Fipronil + Piraclostrobrina + Tiofanato-metilico	II	2,00	1	0,100	0,100	1,000	2,00
								<b>Total 28,00</b>

PPH = Potencial de Periculosidade à Vida Humana.

**Tabela 6.** Cálculo do Índice de Periculosidade à Vida Humana (IPH) com base em programa de aplicações “usual” para a cultura da soja, mais uma operação de dessecação pré-colheita.

Marca comercial	Princípio ativo	PPH	Peso PPH	Aplicações	Dose adotada	Dose limite	Relação de dose	IPH
<b>Herbicidas</b>								
Roundup Transorb "R"	Glifosato	II	2,00	1	3,000	3,000	1,000	2,00
Roundup Ready	Glifosato	II	2,00	2	1,850	1,850	1,000	4,00
DMA 806 BR	2,4-D-dimetilamina	I	2,50	1	1,250	1,250	1,000	2,50
<b>Gramoxone 200 *</b>	<b>Dicloreto de paraquate</b>	<b>I</b>	<b>2,50</b>	<b>1</b>	<b>1,750</b>	<b>1,750</b>	<b>1,000</b>	<b>2,50</b>
<b>Inseticidas</b>								
Dimilin	Diflubenzurom	IV	1,00	2	0,045	0,045	1,000	2,00
Nomolt 150	Teflubenzurom	IV	1,00	1	0,050	0,050	1,000	1,00
Lannate BR	Metomil	I	2,50	1	1,150	1,150	1,000	2,50
Engeo Pleno	Lambda-cialotrina + Tiametoxam	III	1,50	2	0,163	0,163	1,000	3,00
Connect	Beta-ciflutrina + Imidacloprido	II	2,00	1	0,700	0,700	1,000	2,00
<b>Fungicidas</b>								
Opera	Epoconazol + Piraclostrobina	II	2,00	1	0,550	0,550	1,000	2,00
Priori Xtra	Azoxistrobina + Ciproconazol	III	1,50	1	0,300	0,300	1,000	1,50
Aproach Prima	Ciproconazol + Picoxistrobina	III	1,50	1	0,300	0,300	1,000	1,50
Derosal 500 SC	Carbendazim	II	2,00	1	0,300	0,300	1,000	2,00
<b>Tratamento de sementes</b>								
Standak Top	Fipronil + Piraclostrobina + Tiofanato-metilico	II	2,00	1	0,100	0,100	1,000	2,00
								<b>Total 30,50</b>

PPH = Potencial de Periculosidade à Vida Humana.

\* Aplicações adicionais em relação ao programa de aplicações anterior.

**Tabela 7.** Cálculo do Índice de Periculosidade à Vida Humana (IPH) com base em programa de aplicações “usual” para a cultura da soja, mais uma operação de dessecação pré-colheita e uma maior necessidade de controle/prevenção da ferrugem-asiática.

Marca comercial	Princípio ativo	PPH	Peso PPH	Aplicações	Dose adotada	Dose limite	Relação de dose	IPH
<b>Herbicidas</b>								
Roundup Transorb "R"	Glifosato	II	2,00	1	3,000	3,000	1,000	2,00
Roundup Ready	Glifosato	II	2,00	2	1,850	1,850	1,000	4,00
DMA 806 BR	2,4-D-dimetilamina	I	2,50	1	1,250	1,250	1,000	2,50
<b>Gramoxone 200</b>	<b>Dicloreto de paraquate</b>	<b>I</b>	<b>2,50</b>	<b>1</b>	<b>1,750</b>	<b>1,750</b>	<b>1,000</b>	<b>2,50</b>
<b>Inseticidas</b>								
Dimilin	Diflubenzurom	IV	1,00	2	0,045	0,045	1,000	2,00
Nomolt 150	Teflubenzurom	IV	1,00	1	0,050	0,050	1,000	1,00
Lannate BR	Metomil	I	2,50	1	1,150	1,150	1,000	2,50
Engeo Pleno	Lambda-cialotrina + Tiametoxam	III	1,50	2	0,163	0,163	1,000	3,00
Connect	Beta-ciflutrina + Imidacloprido	II	2,00	1	0,700	0,700	1,000	2,00
<b>Fungicidas</b>								
<b>Opera *</b>	<b>Epoconazol + Piraclostrobina</b>	<b>II</b>	<b>2,00</b>	<b>2</b>	<b>0,550</b>	<b>0,550</b>	<b>1,000</b>	<b>4,00</b>
<b>Priori Xtra *</b>	<b>Azoxistrobina + Ciproconazol</b>	<b>III</b>	<b>1,50</b>	<b>2</b>	<b>0,300</b>	<b>0,300</b>	<b>1,000</b>	<b>3,00</b>
Aproach Prima	Ciproconazol + Picoxistrobina	III	1,50	1	0,300	0,300	1,000	1,50
Derosal 500 SC	Carbendazim	II	2,00	1	0,300	0,300	1,000	2,00
<b>Tratamento de sementes</b>								
Standak Top	Fipronil + Piraclostrobina + Tiofanato-metilico	II	2,00	1	0,100	0,100	1,000	2,00
								<b>Total 34,00</b>

PPH = Potencial de Periculosidade à Vida Humana.

\* Aplicações adicionais em relação ao programa de aplicações anterior.

**Tabela 8.** Cálculo do Índice de Periculosidade à Vida Humana (IPH) com base em programa de aplicações “usual” para a cultura da soja, mais uma operação de dessecação pré-colheita e uma maior necessidade de controle/prevenção da ferrugem-asiática e de pragas (lagartas e percevejos).

Marca comercial	Princípio ativo	PPH	Peso PPH	Aplicações	Dose adotada	Dose limite	Relação de dose	IPH
<b>Herbicidas</b>								
Roundup Transorb "R"	Glifosato	II	2,00	1	3,000	3,000	1,000	2,00
Roundup Ready	Glifosato	II	2,00	2	1,850	1,850	1,000	4,00
DMA 806 BR	2,4-D-dimetilamina	I	2,50	1	1,250	1,250	1,000	2,50
Gramoxone 200	Dicloreto de paraquate	I	2,50	1	1,750	1,750	1,000	2,50
<b>Inseticidas</b>								
Dimilin	Diflubenzurom	IV	1,00	2	0,045	0,045	1,000	2,00
Nomolt 150	Teflubenzurom	IV	1,00	1	0,050	0,050	1,000	1,00
Lannate BR *	Metomil	I	2,50	2	1,150	1,150	1,000	5,00
Match EC *	Lufenurom	IV	1,00	1	0,150	0,150	1,000	1,00
Engeo Pleno	Lambda-cialotrina + Tiametoxam	III	1,50	2	0,163	0,163	1,000	3,00
Orthene 750 BR *	Acefato	II	2,00	1	0,600	0,600	1,000	2,00
Connect	Beta-ciflutrina + Imidacloprido	II	2,00	1	0,700	0,700	1,000	2,00
<b>Fungicidas</b>								
Opera	Epoconazol + Piraclostrobina	II	2,00	2	0,550	0,550	1,000	4,00
Priori Xtra	Azoxistrobina + Ciproconazol	III	1,50	2	0,300	0,300	1,000	3,00
Approach Prima	Ciproconazol + Picoxistrobina	III	1,50	1	0,300	0,300	1,000	1,50
Derosal 500 SC	Carbendazim	II	2,00	1	0,300	0,300	1,000	2,00
<b>Tratamento de sementes</b>								
Standak Top	Fipronil + Piraclostrobina + Tiofanato-metilico	II	2,00	1	0,100	0,100	1,000	2,00
<b>Total</b>								<b>39,50</b>

PPH = Potencial de Periculosidade à Vida Humana.

\* Aplicações adicionais em relação ao programa de aplicações anterior.

Variáveis relacionadas ao indicador: Potencial de Periculosidade à Vida Humana e o número de aplicações.

Classes de sustentabilidade para esse indicador:

- Classe 1 (Excelente): IPH  $\leq$  30,50.
- Classe 2 (Boa): 30,50 < IPH  $\leq$  34,00.
- Classe 3 (Baixa): 34,00 < IPH  $\leq$  39,50.
- Classe 4 (Muito baixa): IPH > 39,50.

### 5.3.2. Atributo norteador: Emprego e renda para o trabalhador na atividade agropecuária

#### 5.3.2.1. Indicador: Salário agropecuário local versus salário agropecuário nacional.

De acordo com a classificação do MTE (Ministério de Trabalho e Emprego), o trabalho agropecuário pode estar associado a setores como agricultura, silvicultura, criação de animais, extrativismo vegetal e pesca. Inúmeros fatores podem influir no valor do salário agropecuário regional, como o próprio setor de atuação, o tipo de função empregada (e.g. operário de máquinas, trabalhador polivalente, etc.), o nível de capacitação do empregado e o desenvolvimento econômico regional, dentre outros.

Nesse âmbito, o indicador avalia a competitividade do salário agropecuário de uma região com destacada produção de soja em relação ao salário agropecuário nacional. Foi considerado como significativo, uma diferença igual ou superior a 20%. Diferenças inferiores foram consideradas leves ou moderadas.

Variáveis relacionadas ao indicador: salário agropecuário médio local (R\$) e salário agropecuário médio nacional (R\$).

Classes de sustentabilidade para esse indicador:

- Classe 1 (Excelente): salário agropecuário local  $\geq$  1,20 x salário agropecuário nacional.
- Classe 2 (Boa): 1,00 x salário agropecuário nacional  $\leq$  salário agropecuário local < 1,20 x salário agropecuário nacional.
- Classe 3 (Baixa): 0,80 x salário agropecuário nacional  $\leq$  salário agropecuário local < 1,00 x salário agropecuário nacional.
- Classe 4 (Muito baixa): salário agropecuário local < 0,80 x salário agropecuário nacional.

### 5.3.2.2. Indicador - Salário agropecuário local versus salário locais dos outros setores

O indicador usa a classificação do MTE (Ministério de Trabalho e Emprego), assim como o indicador 5.3.2.1. Aqui, o propósito é avaliar a competitividade do salário agropecuário de uma região com destacad a produção de soja em relação ao salário regional de outros setores. Foi considerado como significativo, uma diferença igual ou superior a 20%. Diferenças inferiores foram consideradas leves ou moderadas.

Variáveis relacionadas ao indicador: salário agropecuário médio local (R\$) e salário médio local de outros setores (R\$). Outros setores: extração mineral, indústria de transformação, serviços industriais de utilidade pública, construção civil, comércio, serviços e administração pública.

Classes de sustentabilidade para esse indicador:

- Classe 1 (Excelente): salário agropecuário  $\geq 1,20$  x salário de outros setores.
- Classe 2 (Boa):  $1,00$  x salário de outros setores  $\leq$  salário agropecuário  $< 1,20$  x salário de outros setores.
- Classe 3 (Baixa):  $0,80$  x salário de outros setores  $\leq$  salário agropecuário  $< 1,00$  x salário de outros setores.
- Classe 4 (Muito baixa): salário agropecuário  $< 0,80$  x salário de outros setores.

### 5.3.2.3. Indicador - Equidade de gênero na remuneração média agropecuária

O presente indicador usa a classificação do MTE (Ministério de Trabalho e Emprego), assim como os dois indicadores anteriores. Tem-se o intuito de avaliar a equidade salarial entre homens e mulheres na atividade agropecuária. Como padrão referencial de aceitabilidade, foi considerada uma diferença de até 5% entre o salário agropecuário masculino e o salário agropecuário feminino. A partir de tal referência,

foram estabelecidas classes que, gradativamente, capturam diferenças salariais inadequadas entre gêneros.

Variáveis relacionadas ao indicador: salário agropecuário médio local masculino (R\$) e salário agropecuário médio local feminino (R\$).

Classes de sustentabilidade para esse indicador:

- Classe 1 (Excelente): até 5% a favor de qualquer um dos gêneros.
- Classe 2 (Boa): de 6% a 15% a favor de qualquer um dos gêneros.
- Classe 3 (Baixa): de 16% a 30% a favor de qualquer um dos gêneros.
- Classe 4 (Muito baixa): mais de 30% a favor de qualquer um dos gêneros.

### 5.3.2.4. Indicador - Equidade na oportunidade de emprego média agropecuária

O indicador usa a classificação do MTE (Ministério de Trabalho e Emprego), assim como os três indicadores anteriores. Aqui, o objetivo é avaliar a equidade no número de empregos formais entre homens e mulheres na atividade agropecuária. Como padrão referencial de aceitabilidade, foi considerada uma diferença de até 5% entre a quantidade de emprego agropecuário masculino e o emprego agropecuário feminino. A partir de tal referência, foram estabelecidas classes que, gradativamente, capturam diferenças indesejáveis na oportunidade de empregos entre gêneros.

Variáveis relacionadas ao indicador: número local de empregos agropecuários para homens e número local de empregos agropecuários para mulheres.

Classes de sustentabilidade para esse indicador:

- Classe 1 (Excelente): até 5% a favor de qualquer um dos gêneros.
- Classe 2 (Boa): de 6% a 15% a favor de qualquer um dos gêneros.
- Classe 3 (Baixa): de 16% a 30% a favor de qualquer um dos gêneros.
- Classe 4 (Muito baixa): mais de 30% a favor de qualquer um dos gêneros.

### 5.3.3. Atributo norteador: Desenvolvimento humano

#### 5.3.3.1. Indicador – Desenvolvimento da região sojicultora pelo IFDM

O índice de Desenvolvimento Municipal (IFDM) anual do Sistema FIRJAN (Federação das Indústrias do Rio de Janeiro) acompanha o desenvolvimento de todos os municípios brasileiros, mais de cinco mil, considerando as áreas Emprego e Renda, Educação e Saúde. Ele é feito, exclusivamente, com base em estatísticas públicas oficiais, disponibilizadas pelos ministérios do Trabalho, Educação e Saúde. O índice varia de zero a um. Quanto mais próximo de um, maior o desenvolvimento da localidade. Além disso, sua metodologia possibilita determinar, com precisão, se a melhora relativa ocorrida em determinado município decorre da adoção de políticas específicas ou se o resultado obtido é apenas reflexo da queda dos demais municípios (FIRJAN, 2013).

A classificação da FIRJAN, quanto ao estágio de desenvolvimento dos municípios brasileiros (Tabela 11), foi utilizada como referencial inicial para a criação do indicador referente ao desenvolvimento dos municípios das regiões produtoras de soja.

As classes de sustentabilidade foram estabelecidas focando a região como um todo, não municípios isolados ou parte desses municípios. Imagine o exemplo hipotético de uma região sojicultora, em que todos os seus 10 municípios são importantes produtores do grão. Adicionalmente, considere que um deles possui IFDM igual a 0,81, outro um IFDM de 0,75, quatro deles com IFDM entre 0,60 e 0,70, dois com IFDM entre 0,50 e 0,60, um com IFDM de 0,48 e outro com IFDM igual a 0,39. Pode-se considerar que essa região tem alto desenvolvimento humano, mesmo possuindo municípios com baixos índices IFDM?

Em casos como esse, no qual municípios sojicultores produzem significativa riqueza, mas contam com um baixo nível de desenvolvimento humano, os benefícios econômicos estão sendo transferidos para

outro(s) município(s) polo. Os municípios polo podem estar situados na mesma região do município subdesenvolvido gerador da riqueza ou em uma região vizinha. Assim, o indicador de desenvolvimento humano pelo IDFM tem o propósito de avaliar o desenvolvimento da região como um todo, considerando todos os seus municípios, conforme indicado a seguir.

Variável relacionada ao indicador: Valor do IFDM

Classes de sustentabilidade para esse indicador:

- Classe 1 (Excelente): (acima de 50% dos municípios > 0,80) e (100% dos municípios > 0,60).
- Classe 2 (Boa): (não se encaixa na Classe 1) e (50% dos municípios > 0,70) e (100% dos municípios > 0,60).
- Classe 3 (Baixa): (não se encaixa nas Classe 1 e Classe 2) e (50% dos municípios > 0,60) e (100% dos municípios > 0,50).
- Classe 4 (Muito baixa): não se encaixa nas classes acima.

#### 5.3.3.2. Indicador – Desenvolvimento dos municípios da região sojicultora pelo IDH-M

O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) é uma medida resumida do progresso, no longo prazo, em três dimensões básicas do desenvolvimento humano: renda, educação e saúde. O objetivo da criação do IDH foi o de oferecer um contraponto a outro indicador muito utilizado, o Produto Interno Bruto (PIB) per capita, que considera apenas a dimensão econômica do desenvolvimento.

Criado por Mahbub ul Haq com a colaboração do economista indiano Amartya Sen (Prêmio Nobel de Economia de 1998), o IDH pretende ser uma medida geral e sintética que, apesar de ampliar a perspectiva sobre o desenvolvimento humano, não abrange nem esgota todos os aspectos de desenvolvimento. Desde 2010, quando o Relatório de Desenvolvimento Humano completou 20 anos, novas metodologias foram incorporadas para o cálculo do IDH. Atualmente, os três pilares

que constituem o IDH (saúde, educação e renda) são mensurados da seguinte forma:

- Uma vida longa e saudável (saúde) é medida pela expectativa de vida;
- O acesso ao conhecimento (educação) é medido por: i) média de anos de educação de adultos, que é o número médio de anos de educação recebidos durante a vida por pessoas a partir de 25 anos; e ii) a expectativa de anos de escolaridade para crianças na idade de iniciar a vida escolar, que é o número total de anos de escolaridade que um criança na idade de iniciar a vida escolar pode esperar receber se os padrões prevalentes de taxas de matrículas específicas por idade permanecerem os mesmos durante a vida da criança;
- E o padrão de vida (renda) é medido pela Renda Nacional Bruta (RNB) per capita expressa em poder de paridade de compra (PPP) constante, em dólar, tendo 2005 como ano de referência.

Publicado pela primeira vez em 1990, o índice é calculado anualmente. Desde 2010, sua série histórica é recalculada devido ao movimento de entrada e saída de países e às adaptações metodológicas, o que possibilita uma análise de tendências. Aos poucos, o IDH tornou-se referência mundial. É um índice-chave dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio das Nações Unidas e, no Brasil, tem sido utilizado pelo governo federal e por administrações regionais através do Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M).

O IDH-M é um ajuste metodológico ao IDH Global, e foi publicado em 1998 (a partir dos dados do Censo de 1970, 1980, 1991) e em 2003 (a partir dos dados do Censo de 2000). O indicador pode ser consultado nas respectivas edições do Atlas do Desenvolvimento Humano do Brasil, que compreende um banco de dados eletrônico com informações socioeconômicas sobre todos os municípios e estados do país e Distrito Federal. O IDH-M, ao contrário do IDH global, é calculado a cada 10 anos.

Embora os dois indicadores, IFDM e IDH-M, tenham o mesmo conjun-

to de pilares (renda, educação e saúde), eles contam com diferenças em suas metodologias de cálculo. Assim, uma vez que cada metodologia possui um conjunto de vantagens e desvantagens, e para obtenção de maior precisão das informações, decidiu-se criar um indicador vinculado ao IFDM e outro relacionado com o IDH-M.

O indicador associado ao IDH-M utiliza as mesmas classes de sustentabilidade constantes no indicador relacionado ao IFDM.

Variável relacionada ao indicador: Valor do IDH-M

Classes de sustentabilidade para esse indicador:

- Classe 1 (Excelente): (acima de 50% dos municípios > 0,80) e (100% dos municípios > 0,60).
- Classe 2 (Boa): (não se encaixa na Classe 1) e (50% dos municípios > 0,70) e (100% dos municípios > 0,60).
- Classe 3 (Baixa): (não se encaixa nas Classe 1 e Classe 2) e (50% dos municípios > 0,60) e (100% dos municípios > 0,50).
- Classe 4 (Muito baixa): não se encaixa nas classes acima.

## 6. Considerações finais

As metodologias para a avaliação da sustentabilidade de cadeias produtivas agrícolas que adotam a construção de indicadores multidimensionais estão se tornando, cada vez mais, uma ferramenta estratégica para as empresas de pesquisa do setor. Primeiramente, indicadores de uma dimensão específica (e.g. econômica) permitem uma visão micro, ou seja, representam um retrato parcial do nível de sustentabilidade de uma cadeia produtiva alvo. De outro modo, a integração de diversas dimensões propiciará uma visão macro, ou, em outros termos, um cenário amplo do estado de sustentabilidade de determinada cadeia produtiva.

Partindo da importância estratégica das ferramentas para avaliação da sustentabilidade de cadeias produtivas agrícolas, este documento objetivou a construção de indicadores de sustentabilidade para a cadeia produtiva da soja, considerando três dimensões: ambiental-agronômica, econômica e social. Na dimensão ambiental-agronômica foram propostos 16 indicadores; na dimensão econômica foram construídos 11 indicadores; na dimensão social foram prospectados sete indicadores.

Os indicadores foram construídos por uma equipe multidisciplinar, com pesquisadores de diversas áreas do conhecimento. Com isso, o propósito foi obter indicadores que identifiquem as forças e fragilidades das cadeias produtivas regionais da soja em diferentes aspectos das dimensões ambiental-agronômica, social e econômica. E, além disso, capturar mudanças e tendências, para possíveis ajustes técnicos que permitam aos indicadores sempre estarem alinhados com a realidade da sojicultura nacional e com os requisitos exigidos pela sua cadeia produtiva.

O próximo passo será estabelecer uma metodologia de avaliação de sustentabilidade da cadeia produtiva da soja, que integre as diversas dimensões supracitadas. Para tal, primeiramente, serão criados coeficientes de sustentabilidade para cada dimensão para, que, enfim, se obtenha um índice final de sustentabilidade para avaliar cadeias produtivas regionais da soja. O intuito é que esta metodologia sirva de base para ações estratégicas de pesquisa e transferência de tecnologia e políticas públicas voltadas para a sustentabilidade das cadeias regionais. Desse modo, a sojicultura nacional poderá se manter altamente competitiva e permitirá ao Brasil ampliar suas pretensões geopolíticas e geoeconômicas.

## Referências

ABIOVE. **Moratória da Soja**. Disponível em <<http://www.abiove.org.br/site/?page=moratoria-da-soja&area=NS0zLTE=>>>. Acesso em: 12 jun. 2013.

ABRASEM. **Estatísticas**. Disponível em: <<http://www.abrasem.com.br/category/estatisticas/>>>. Acesso em: 08 abr. 2014.

ABREU, K. Entrevista coletiva: senadora Kátia Abreu presidente da CNA. **Canal do Produtor**, Brasília, DF, 10 jul. 2013. Notícias CNA – Assuntos fundiários. Disponível em: <[>](http://www.canaldoprodutor.com.br/sites/default/files/Apresentacao_segurancaJuridica.pdf). Acesso em: 8 abr. 2014.

ANP. **Boletim Mensal do Biodiesel**. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/>>>. Acesso em: 11 abr. 2014.

ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO SETOR DE FERTILIZANTES. São Paulo: ANDA, 2013.

ANVISA. **Critérios para a classificação toxicológica**. Disponível em: <[>](http://portal.anvisa.gov.br/wps/portal/anvisa/anvisa/home/agrotoxicotoxicologia!/ut/p/c4/04_SB8K8xLLM9MSSzPy8xBz9CP0os3hnd0cPE3MfAwMDMydnA093Uz8z00B_A3djM_2CbEdFANFW4Q0!/?1dmy&urile=wcm%3Apath%3A/anvisa+portal/anvisa/inicio/agrotoxicos+e+toxicologia/publicacao+agrotoxico+toxicologia/criterios+para+a+classificacao+toxicologica)>. Acesso em: 09 nov. 2013.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. Relatório Anual 2012. **Boletim do Banco Central do Brasil**, v. 44, p.1-225, 2012. Disponível em: <[>](http://www.bcb.gov.br/?BOLETIMANO)>. Acesso em: 08 abr. 2014.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Balanco do comércio exterior**. 2014a. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/agrostat>>. Acesso em: 21 mar. 2014.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes. **Panorama estatístico da aviação civil brasileira em 2012**. 2013a. Disponível em: <<http://www.cenipa.aer.mil.br/cenipa/index.php>>. Acesso em: 08 nov. 2013.

BRASIL. Ministério da Indústria, Desenvolvimento e Comércio Exterior. **Balança comercial mensal**. 2014b. Disponível em: <<http://www.mdic.gov.br/>>. Acesso em: 21 mar. 2014.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA). **Políticas setoriais**. 2013b. Disponível em: <<http://www.mda.gov.br/portalmda/noticias/biodiesel-movimentar-2-bilh%C3%B5es-para-agricultura-familiar>>. Acesso em: 07 jun. 2013.

CEPEA. **PIB do agronegócio**. Disponível em: <<http://www.cepea.esalq.usp.br/pib/>>. Acesso em: 08 abr. 2014.

CONAB. **Séries históricas de produção de grãos**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 28 abr. 2014.

FIRJAN. **Índice Firjan de Desenvolvimento Municipal**. Disponível em: <<http://www.firjan.org.br/ifdm/>>. Acesso em: 07 jun 2013.

HIRAKURI, M. H.; DEBIASI, H.; PROCOPIO, S. de O.; FRANCHINI, J. C.; CASTRO, C. de. **Sistemas de produção: conceitos e definições no contexto agrícola**. Londrina: Embrapa Soja, 2012. 24 p. il. (Embrapa Soja. Documentos, 335).

IBAMA. **Avaliação do potencial de periculosidade ambiental (PPA) de agrotóxicos e afins**. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/qualidade-ambiental/avaliacao-do-potencial-de-periculosidade-ambiental-ppa>>. Acesso em: 08 nov 2013

IBGE. **Banco de dados agregados: Pesquisas: Produção agrícola municipal**. 2012a. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=1612&z=t&o=3>>. Acesso em: 19 mar. 2014.

IBGE. **Indicadores de Desenvolvimento Sustentável**. Estudos & Pesquisas: informação geográfica. 2012b. Disponível em: <[ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/recursos\\_naturais/indicadores\\_desenvolvimento\\_sustentavel/2012/ids2012.pdf](ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/recursos_naturais/indicadores_desenvolvimento_sustentavel/2012/ids2012.pdf)>. Acesso em: 19 mar. 2014.

IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. 2014. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/>>. Acesso em: 13 mai. 2014.

KUHNEN, O. L. **Finanças empresariais**. 2.ed. São Paulo: Atlas, 2008. 386p.

MARCO UNIVERSAL. **Meio ambiente: nosso futuro comum**. Marco universal II. Disponível em: <<http://www.marcouniversal.com.br>>. Acesso em: 12 jun. 2013.

OSORIO, L. A. R.; LOBATO, M. O.; CASTILLO, X. A. DEL. Debates on sustainable development: towards a holistic view of reality. **Environment, Development and Sustainability**, London, v. 7, n. 4, p. 501-518, 2005.

PRETTY, J. Agricultural sustainability: concepts, principles and evidence. **Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences**, London, v. 363, n. 1491, p.447-465, 2008.

RODRIGUES, G.S.; BUSCHINELLI, C.C.A.; RODRIGUES, I.; MONTEIRO, R.C.; VIGLIZZO, E. **Sistema Base para Avaliação e Eco-Certificação de Atividades Rurais**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006. 41p. (Embrapa Meio Ambiente. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 37).

SINDIVEG. **Estatísticas do setor**. Disponível em <<http://www.sindiveg.org.br/estatisticas.php>>. Acesso em 08 abr. 2014.

UNITED NATIONS. **Indicators of sustainable development: guidelines and methodologies**. 3rd ed. New York: United Nations, 2007. 93 p.

WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT. **Our common future**. New York: Oxford University Press, 1987.