

## Metodologia para avaliação de sustentabilidade da cadeia produtiva da soja no Brasil



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

# **Documentos 365**

## **Metodologia para avaliação de sustentabilidade da cadeia produtiva da soja no Brasil**

*Marcelo Hiroshi Hirakuri*

*Cesar de Castro*

*Júlio Cezar Franchini*

*Henrique Debiasi*

*Sérgio de Oliveira Procópio*

*Alvadi Antonio Balbinot Junior*

Embrapa Soja  
Londrina, PR  
2015

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](http://www.embrapa.br/soja)

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

**Comitê de Publicações da Embrapa Soja**

Presidente: *Ricardo Vilela Abdelnoor*

Secretário-Executivo: *Regina Maria Villas Bôas de Campos Leite*

Membros: *Alvadi Antonio Balbinot Junior, Claudine Dinali Santos Seixas, Fernando Augusto Henning, Eliseu Binneck, Liliane Márcia Mertz-Henning, Maria Cristina Neves de Oliveira, Norman Neumaier e Vera de Toledo Benassi.*

Supervisão editorial: *Vanessa Fuzinatto Dall'Agnol*

Normalização bibliográfica: *Ademir Benedito Alves de Lima*

Editoração eletrônica e capa: *Marisa Yuri Horikawa*

**1ª edição**

*Online* (2015)

**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

---

Metodologia para avaliação de sustentabilidade da cadeia produtiva da soja no Brasil  
[recurso eletrônico] : / Marcelo Hiroshi Hirakuri ... [et al.]. – Londrina: Embrapa Soja, 2015.

62 p. (Documentos/ Embrapa Soja, ISSN : 2176-2937; n.365)

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

CDD: 338.17334 (21.ed.)

# **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

## **Henrique Debiasi**

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

**Sergio de Oliveira Procópio**

Engenheiro Agrônomo, Dr.

Pesquisador da Embrapa Tabuleiros Costeiros

Aracajú, SE

sergio.procopio@embrapa.br

**Alvadi Antonio Balbinot Junior**

Engenheiro Agrônomo, Dr.

Pesquisador da Embrapa Soja

Londrina, PR

alvadi.balbinot@embrapa.br

# Apresentação

Nas últimas duas décadas, a soja se consolidou como a principal cultura do agronegócio brasileiro. Nesse período, houve avanços expressivos de área e de produtividade no país. Hoje, a soja é cultivada em vários ambientes de produção, em todas as regiões brasileiras. Todavia, paralelamente ao crescimento econômico da cultura, também cresce as pressões para que a cultura impacte minimamente o meio ambiente e que, de fato, seja um indutor do desenvolvimento social nas regiões em que é cultivada.

O conhecimento das fragilidades e potencialidades regionais da cultura da soja é de fundamental importância para orientar ações de pesquisa e assistência técnica, bem como delinear políticas públicas que impactem positivamente no sentido de minimizar os gargalos regionais e alavancar os pontos positivos da cadeia produtiva, refletindo-se em avanços econômicos, ambientais e sociais.

Para que seja possível realizar um “raio x” regional da cadeia produtiva de soja, é necessário fundamentar o trabalho em metodologia robusta, que considere as várias nuances ambientais/agronômicas, econômicas e sociais relacionadas à sojicultura e aos sistemas de produção em que essa oleaginosa está inserida.

Essa publicação apresenta de forma clara uma metodologia exequível para avaliação de indicadores de sustentabilidade da cultura da soja. Nesse contexto, a Embrapa Soja espera que essa publicação seja uma ferramenta útil para incrementar a sustentabilidade da sojicultura nacional no curto, médio e longo prazo.

*Ricardo Vilela Abdelnoor*

Chefe Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento

Embrapa Soja

# Sumário

<b>Sustentabilidade – definições e conceitos.....</b>	<b>9</b>
<b>Avaliação da sustentabilidade em atividades agrícolas .....</b>	<b>12</b>
<b>Metodologia para avaliação de sustentabilidade da cadeia produtiva da soja.....</b>	<b>15</b>
Indicadores relacionados à dimensão ambiental-agronômica.....	19
Atributo norteador: Utilização de agrotóxicos.....	19
Atributo norteador: Utilização de fertilizantes e corretivos .....	22
Atributo norteador: Inoculação de sementes de soja .....	28
Atributo norteador: Manejo do solo .....	29
Atributo norteador: Física do solo.....	31
Atributo norteador: Manejo da resistência de plantas daninhas, pragas e doenças.....	32
Indicadores relacionados à dimensão econômica .....	36
Atributo norteador: Produção de grãos.....	36
Atributo norteador: Remuneração do sojicultor.....	40
Atributo norteador: Capacidade de armazenagem .....	44
Atributo norteador: Posse da terra.....	46
Atributo norteador: Escoamento da produção para exportações do grão..	46
Atributo norteador: Retorno de investimento .....	48
Indicadores relacionados à dimensão social .....	50
Atributo norteador: Utilização de agrotóxicos.....	50
Atributo norteador: Emprego e renda para o trabalhador na atividade agropecuária .....	52
Atributo norteador: Desenvolvimento humano .....	55
<b>Índice integrado de sustentabilidade (IIS) e coeficientes dimensionais .....</b>	<b>59</b>
<b>Considerações finais .....</b>	<b>60</b>
<b>Referências .....</b>	<b>61</b>



# **Metodologia para avaliação de sustentabilidade da cadeia produtiva da soja no Brasil**

---

*Marcelo Hiroshi Hirakuri*

*Cesar de Castro*

*Júlio Cezar Franchini*

*Henrique Debiasi*

*Sérgio de Oliveira Procópio*

*Alvadi Antonio Balbinot Junior*

## **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 (WCED, 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 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 políticas 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 constru-

ção 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 norteadada 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.

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; aprimoramento do sistema integração-lavoura-pecuária-floresta; melhoria na fixação biológica do nitrogênio; e, sem falar no plantio direto, que passa despercebido da sustentabilidade ambiental e talvez seja, *per se*, um dos principais mitigadores de diversas ações antrópicas.

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 da Moratória da Soja, a partir de 2006, pouca soja produzida no país teve origem no Bioma Amazônico. 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 sustentam a sojicultura. Outra questão importante é que, segundo previsões do MAPA, a área de soja no Brasil ultrapassará 41,0 milhões de hectares na safra 2024/25. Este incremento ocorrerá 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, 2015). 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 último levantamento realizado nesse Estado (2011), verifica-se que, dentre os 10 melhores índices de desenvolvimento, nove foram obtidos por municípios produtores de soja. Lucas do Rio Verde, que está entre os dez maiores produtores de soja do estado, possui do maior índice de desenvolvimento humano do Mato Grosso. Como curiosidade, o único município com elevado IFDM e não produtor de soja é Cuiabá, a capital do estado.

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.

## **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 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, 2014). 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 apresenta 62 indicadores revistos e atualizados em relação às edições anteriores. Tais indicadores estão divididos em quatro dimensões: ambiental, social, econômica e institucional (IBGE, 2014).

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).

## **Metodologia para avaliação de sustentabilidade da cadeia produtiva da soja**

A metodologia desenvolvida tem como objetivo determinar o grau de sustentabilidade da cadeia produtiva da soja em regiões produtoras, por meio de indicadores, de tal modo que seja possível capturar, monitorar e tratar as fragilidades locais.

Os indicadores de sustentabilidade propostos foram inseridos em três dimensões distintas: ambiental-agronômica, econômica e social. Todavia, alguns apresentam transversalidade, ou seja, são relevantes 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.

Cada região avaliada terá um Índice Integrado de Sustentabilidade (IIS), que pode variar entre zero e 100. Para cada uma das três dimensões supracitadas, podem ser ressaltados os seguintes aspectos:

- Dimensão ambiental-agronômica: possui 15 indicadores e um coeficiente dimensional que varia de zero a 48;
- Dimensão econômica: possui 11 indicadores e um coeficiente dimensional que varia de zero a 34;
- Dimensão social: possui sete indicadores e um coeficiente dimensional que varia de zero a 18. Como pode ser verificado, se somarmos os coeficientes dimensionais máximos teremos o valor 100, que representa o índice máximo que pode ser obtido.

Dentro das referidas dimensões, foram estabelecidos pesos para os indicadores de sustentabilidade para que sejam gerados cada um dos três coeficientes dimensionais (ambiental-agronômico, econômico e social).

Para determinar tais pesos foi adotada a Técnica Delphi, que consiste na busca de um consenso entre um grupo de especialistas a respeito de questões técnicas e cenários futuros. O método exige três condições básicas: o anonimato dos respondentes; a representação estatísti-

ca da distribuição dos resultados; e o feedback das respostas do grupo, para servir de norteador nas rodadas subsequentes (Martino, 1993).

A Técnica Delphi foi utilizada duas vezes, visando definir duas questões imperativas: (1) estabelecimento de uma ordem de importância dos indicadores em cada dimensão; (2) definição dos pesos dos indicadores em cada dimensão, a partir de sua importância. Para tanto, foram aplicados dois questionários interativos junto a especialistas de diversas áreas de pesquisa com soja, obedecendo a condição de anonimato.

Em primeiro lugar, aplicou-se a Técnica Delphi para estabelecer uma ordem de importância para os indicadores de cada uma das dimensões. As respostas foram tratadas estatisticamente e devolvidas aos referidos especialistas, acompanhadas das justificativas técnicas apontadas por cada respondente. Este processo foi repetido em rodadas sucessivas, até que a divergência de opiniões entre os especialistas se reduziu a um nível satisfatório.

A partir desse ponto, a técnica foi aplicada novamente, mas para determinar o peso dos indicadores, em cada uma das três dimensões. Do mesmo modo, o processo foi repetido em rodadas sucessivas para se atingir um consenso.

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, ressaltou-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, assistência técnica e políticas públicas para maximizar a sustentabilidade da cadeia produtiva da soja no Brasil.

A Tabela 1 mostra as três dimensões da proposta metodológica, orga-

nizada em atributos norteadores que contemplam diferentes indicadores de sustentabilidade. Também são informados os pesos dos indicadores para formação do coeficiente dimensional.

Salienta-se, adicionalmente, que a presente metodologia 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, haverá necessidade de readequação dos indicadores ora apresentados, no sentido de permitir análises mais robustas e contemporâneas da sustentabilidade desses sistemas. Para futura aplicação da metodologia está sendo construído um software, que permitirá preenchimento de dados via Internet e a visualização dos resultados por meio de ferramentas gráficas.

**Tabela 1.** Dimensões e indicadores componentes da proposta metodológica.

## Indicadores relacionados à dimensão ambiental-

<b>DIMENSÃO AMBIENTAL AGRONÔMICA</b>		
<b>Atributo Norteador: Utilização de Agrotóxicos</b>		<b>Peso: 9%</b>
Indicador 1:	Periculosidade ao Ambiente	Peso: 9%
<b>Atributo Norteador: Utilização de Fertilizantes e Corretivos</b>		<b>Peso: 34%</b>
Indicador 1:	Uso de fertilizantes químicos nitrogenados	Peso: 4%
Indicador 2:	Uso e resposta do fertilizante fosfatado por tonelada de grão produzido	Peso: 7%
Indicador 3:	Uso e resposta do fertilizante potássico por tonelada de grão produzido	Peso: 7%
Indicador 4:	Número de adubações foliares	Peso: 3%
Indicador 5:	Forma de aplicação do fertilizante fosfatado	Peso: 4%
Indicador 6:	Realização de análise de solo e de tecido	Peso: 9%
<b>Atributo Norteador: Inoculação de Sementes de Soja</b>		<b>Peso: 5%</b>
Indicador 1:	Frequência de inoculação	Peso: 5%
<b>Atributo Norteador: Manejo do Solo</b>		<b>Peso: 25%</b>
Indicador 1:	Diversificação de culturas agrícolas	Peso: 9%
Indicador 2:	Número de cultivos por ano	Peso: 7%
Indicador 3:	Sistema de manejo do solo	Peso: 9%
<b>Atributo Norteador: Física do Solo</b>		<b>Peso: 6%</b>
Indicador 1:	Textura do solo	Peso: 6%
<b>Atributo norteador: Manejo da Resistência de Plantas Daninhas, Pragas e Doenças</b>		<b>Peso: 21%</b>
Indicador 1:	Manejo da resistência de plantas daninhas	Peso: 7%
Indicador 2:	Manejo da resistência de pragas	Peso: 7%
Indicador 3:	Manejo da resistência de doenças	Peso: 7%
<b>DIMENSÃO ECONÔMICA</b>		
<b>Atributo Norteador: Produção de Grãos</b>		<b>Peso: 32%</b>
Indicador 1:	Produtividade regional da soja	Peso: 12%
Indicador 2:	Estabilidade da produção	Peso: 11%
Indicador 3:	Variabilidade da produtividade regional	Peso: 9%
<b>Atributo Norteador: Remuneração do Sojicultor</b>		<b>Peso: 36%</b>
Indicador 1:	Preço pago ao produtor	Peso: 10%
Indicador 2:	Variação dos custos operacionais	Peso: 8%
Indicador 3:	Diferença entre custos operacionais	Peso: 5%
Indicador 4:	Remuneração financeira média regional	Peso: 13%
<b>Atributo Norteador: Capacidade de Armazenagem</b>		<b>Peso: 6%</b>
Indicador 1:	Capacidade de armazenamento regional de soja, milho e trigo	Peso: 6%
<b>Atributo Norteador: Posse da Terra</b>		<b>Peso: 4%</b>
Indicador 1:	Percentual de área cultivada com soja por meio de arrendamento	Peso: 4%
<b>Atributo Norteador: escoamento da Produção para Exportação do Grão</b>		<b>Peso: 7%</b>
Indicador 1:	Distância rodoviária entre a região produtora e o principal porto exportador	Peso: 7%
<b>Atributo Norteador: Retorno de Investimento</b>		<b>Peso: 15%</b>
Indicador 1:	Vida de Retorno de Investimento (VRI)	Peso: 15%
<b>DIMENSÃO SOCIAL</b>		
<b>Atributo Norteador: Utilização de Agrotóxicos</b>		<b>Peso: 24%</b>
Indicador 1:	Periculosidade à vida humana	Peso: 24%
<b>Atributo Norteador: Emprego e renda para o trabalhador na atividade agropecuária</b>		<b>Peso: 40%</b>
Indicador 1:	Salário agropecuário local versus salário agropecuário nacional	Peso: 12%
Indicador 2:	Salário agropecuário local versus salários locais dos outros setores	Peso: 14%
Indicador 3:	Equidade de gênero na remuneração média agropecuária	Peso: 7%
Indicador 4:	Equidade na oportunidade de emprego média agropecuária	Peso: 7%
<b>Atributo Norteador: Desenvolvimento Humano</b>		<b>Peso: 36%</b>
Indicador 1:	Desenvolvimento da região sojicultora pelo IFDM	Peso: 19%
Indicador 2:	Desenvolvimento da região sojicultora pelo IDH-M	Peso: 17%

## **agronômica**

A dimensão ambiental-agronômica está voltada para a avaliação da aptidão agronômica da região produtora e aspectos ambientais do sistema produtivo adotado. Ao todo, são 15 indicadores distribuídos em seis atributos norteadores: (1) utilização de agrotóxicos; (2) utilização de fertilizantes e corretivos; (3) inoculação de sementes de soja; (4) manejo do solo; (5) física do solo; (6) manejo da resistência de plantas daninhas, pragas e doenças.

A dimensão ambiental-agronômica tem um coeficiente, que pode variar entre zero a 48, conforme a classificação da região avaliada, dentro de cada um de seus indicadores. Na sequência desta seção, será abordado cada atributo norteador, seu peso para a valoração do coeficiente ambiental e a contribuição de cada indicador para a formação desse valor.

Ressalta-se que a somatória dos pesos de cada atributo norteador para a formação do coeficiente da dimensão ambiental-agronômica será igual a um, ou seja, 100%.

### **Atributo norteador: Utilização de agrotóxicos**

O atributo norteador conta com um indicador relacionado ao uso de agrotóxicos, que é a periculosidade ao ambiente. Este é um indicador amplo, que considera três fatores fundamentais para a produção agrícola, que são: manejo de pragas; manejo de doenças e manejo de plantas daninhas. Para a formação do coeficiente da dimensão ambiental-agronômica, este atributo norteador tem um peso de 9%, referente ao indicador relatado.

#### **Indicador - Periculosidade ao ambiente**

O Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA, 2015) 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 do ambiente em função dos agrotóxicos aplicados na cultura da soja. Para tal, foi determinado a partir de informações de atores do setor produtivo, um programa usual de aplicações de agrotóxicos na cultura (**Tabela 1**). Este programa não se refere a uma recomendação de pesquisa, mas sim a um pacote tecnológico de ampla adoção que serve como referência para avaliar as vulnerabilidades existentes no controle fitossanitário da cultura da soja, as quais estão vinculadas, sobretudo, a estresses bióticos, que impactam na maior frequência de aplicações e/ou dose de agrotóxicos.

Todos os agrotóxicos são classificados quanto ao seu PPA em uma dentre 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.

Para o cálculo do IPA, inicialmente, será atribuído 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.

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 Online, 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 e do Ministério do Meio Ambiente.

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, no programa usual de aplicação apresentado na **Tabela 2** foi necessário mencionar o nome comercial dos agrotóxicos, não significando, portanto, que os autores indicam esses produtos em detrimento de outros.

**Tabela 2.** Exemplo de um programa de uso de agrotóxicos na cultura da soja e seus Potenciais de Periculosidade Ambiental (PPA).

Marca comercial	Princípio ativo	PPA	Peso PPA	Aplicações
<b>Herbicidas</b>				
Roundup Transorb "R"	Glifosato	III	1,50	1
DMA 806 BR	2,4-D-dimetilamina	III	1,50	1
Roundup Ready	Glifosato	III	1,50	2
Gramoxone 200	Dicloreto de paraquate	II	2,00	1
<b>Inseticidas</b>				
Nomolt 150	Teflubenzurom	II	2,00	1
Tracer	Espinosade	III	1,50	1
Belt	Flubendiamida	III	1,50	1
Premio	Clorrantraniliprole	II	2,00	1
Engeo Pleno	Lambda-cialotrina + Tiametoxam	I	2,50	1
Orthene 750 BR	Lambda-cialotrina + Tiametoxam	III	1,50	1
Connect	Beta-ciflutrina + Imidacloprido	II	2,00	1
<b>Fungicidas</b>				
Elatus	Azoxistrobina + Benzovindiflupyr	II	2,00	1
Fox	Protiocanazol + Trifloxistrobina	II	2,00	1
Aproach Prima	Ciproconazol + Picoxistrobina	II	2,00	1
<b>Tratamento de sementes</b>				
Standak Top	Fipronil + Piraclostrobina + Tiofanato-metílico	II	2,00	1

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 produtivo adotado pelo produtor. Assim, foi estabelecido um procedimento de cálculo para o IPA, que considera a dose mínima e a dose máxima possível de ser utilizada para cada pesticida, considerando todos os alvos existentes para a cultura da soja. Também foi observado o valor médio entre a dose mínima e a máxima indicada.

O procedimento consiste em estabelecer uma relação de dose da seguinte forma: (1) se a dose adotada for inferior ao valor médio, a rela-

ção dose será a divisão da dose adotada pelo valor médio (ou seja, um valor menor que um); (2) se a dose adotada ficar entre o valor médio e dose máxima a relação de dose será igual a um; (3) se a dose adotada for superior a dose máxima, a relação de dose será a divisão da dose adotada pela dose máxima (ou seja, um valor maior que um).

O IPA de um pesticida será dado pela multiplicação entre seu PPA, número de aplicações e relação de dose. O IPA da soja na região será a soma do IPA dos pesticidas utilizados no seu cultivo.

- Variáveis relacionadas ao indicador: Índice de Periculosidade Ambiental: potencial de periculosidade ambiental (PPA), número de aplicações e dose de agrotóxicos.

- Classes de sustentabilidade para esse indicador:

- Classe 1 (Excelente):  $IPA \leq 29,00$ .
- Classe 2 (Boa):  $29,00 < IPA \leq 34,50$ .
- Classe 3 (Baixa):  $34,50 < IPA \leq 41,50$ .
- Classe 4 (Muito baixa):  $IPA > 41,50$ .

### **Atributo norteador: Utilização de fertilizantes e corretivos**

O atributo norteador possui seis indicadores associados ao uso de fertilizantes e corretivos, os quais: (i) uso de fertilizantes químicos nitrogenados; (ii) uso e resposta do fertilizante fosfatado por tonelada de grão produzido; (iii) uso e resposta do fertilizante potássico por tonelada de grão produzido; (iv); número de adubações foliares; (v) forma de aplicação do fertilizante fosfatado; (vi) realização de análise de solo e de tecido.

Para a formação do coeficiente da dimensão ambiental-agronômica, este atributo norteador tem um peso de 34%, distribuídos entre seus seis indicadores.

### **Indicador - Uso de fertilizantes químicos nitrogenados**

Experimentos realizados no Brasil mostram que a inoculação da soja com bactérias fixadoras de nitrogênio, quando realizada corretamente, supre a demanda de nitrogênio (N) pelas plantas de soja, juntamente com o N mineralizado da matéria orgânica do solo, sendo, portanto, desnecessária a utilização de adubos nitrogenados minerais. A principal questão relativa ao fertilizante nitrogenado, principalmente a 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 e na aplicação, emitindo gases de efeito estufa (GEE), além de estar sujeito a perdas de N via volatilização e/ou lixiviação. O indicador tem um peso de 4% na formação do coeficiente dimensional.

- Variável relacionada ao indicador Uso de fertilizantes químicos nitrogenados: 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:
  - 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  $30 \text{ kg ha}^{-1}$ .

### **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  $P_2O_5$  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 eficiência 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 tonelada de grãos em solos bem manejados e com teor adequado de fósforo no solo. O indicador tem um peso de 7% na formação do coeficiente dimensional.

- Variável relacionada ao indicador Uso e resposta do fertilizante fosfatado por tonelada de grão produzido: 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.

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

O potássio é o segundo nutriente mais consumido pela soja, sendo que a produção de 1 tonelada de grãos implica na retirada da lavoura 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. 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 tonelada de grãos em solos bem manejados e com teor adequado de potássio no solo. O indicador tem um peso de 7% na formação do coeficiente dimensional.

- Variável relacionada ao indicador Uso e resposta do fertilizante potássico por tonelada de grão produzido: 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.

### **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. Agricultores vêm aplicando tais produtos sem fazer acompanhamento das quantidades disponíveis no solo, da necessidade das plantas, ou mesmo, dos teores foliares. 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. O indicador tem um peso de 3% na formação do coeficiente dimensional.

Variável relacionada ao indicador Número de adubações foliares: 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.

### **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 fundamento, 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. O indicador tem um peso de 4% na formação do coeficiente dimensional.

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

- Classes de sustentabilidade para esse indicador Forma de aplicação do fertilizante fosfatado:

- 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.

### **Indicador - Realização de análise de solo e de tecido**

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 de nutrientes pautada na análise do 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.

A análise de macro e de micronutrientes de folhas é uma estratégia 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. O indicador tem um peso de 9% na formação do coeficiente dimensional.

- Variável relacionada ao indicador Realização de análise de solo e de tecido: periodicidade na realização da análise de solos na região produtora; periodicidade na realização da análise de tecido na região produtora.
- Classes de sustentabilidade para esse indicador:
  - Classe 1 (Excelente): análise de solo em intervalos de no máximo 2 anos e análise foliar em intervalos de no máximo 2 anos.
  - Classe 2 (Boa): análise de solo em intervalos de 3 anos e análise foliar em intervalos de 3 anos.

- Classe 3 (Baixa): análise de solo em intervalos de 4 anos e análise foliar em intervalos de 4 anos.
- Classe 4 (Muito baixa): análise de solo em intervalos superiores a 4 anos e análise foliar em intervalos superiores a 4 anos.

### **Atributo norteador: Inoculação de sementes de soja**

O atributo norteador possui um indicador vinculado à inoculação de sementes de soja. Para a formação do coeficiente da dimensão ambiental-agronômica, este atributo norteador tem um peso de 5%, referente ao indicador supracitado.

#### **Indicador - Frequência de inoculação**

O nitrogênio (N) é o nutriente requerido em maior quantidade pela cultura da soja. Estima-se que, para produzir 1 tonelada 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. Todavia, têm sido observados ganhos no rendimento de grãos com a inoculação em áreas já cultivadas com essa leguminosa. Por isso, a inoculação da soja todas as safras 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 três safras.

## **Atributo norteador: Manejo do solo**

O atributo norteador possui três indicadores de manejo do solo, que são: (i) diversificação de culturas agrícolas; (ii) número de cultivos por ano; (iii) sistema de manejo do solo. Para a formação do coeficiente da dimensão ambiental-agronômica, este atributo norteador tem um peso de 25%, distribuídos entre seus três indicadores.

### **Indicador - Diversificação de culturas agrícolas**

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. O indicador tem um peso de 9% na formação do coeficiente dimensional.

- 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 espécies cultivadas nos últimos cinco anos.

- Classe 2 (Boa): três espécies cultivadas nos últimos 5 anos.
- Classe 3 (Baixa): duas espécies cultivadas nos últimos 5 anos.
- Classe 4 (Muito Baixa): uma espécie cultivada nos últimos 5 anos.

### **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. O indicador tem um peso de 7% na formação do coeficiente dimensional.

- 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.

### **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. O indicador tem um peso de 9% na formação do coeficiente dimensional.

- 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 grade 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.

### **Atributo norteador: Física do solo**

O atributo norteador conta com um indicador relacionado à física do solo, que é a textura do solo, cujo peso na formação do coeficiente da dimensão ambiental-agronômica é de 6%.

#### **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 rota-

ção 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):  $25\% < \text{Solos com teor de argila} \leq 35\%$ .
- Classe 3 (Baixa):  $15\% < \text{Solos com teor de argila} \leq 25\%$ .
- Classe 4 (Muito baixa): Solos com teor médio de argila  $\leq 15\%$

### **Atributo norteador: Manejo da resistência de plantas daninhas, pragas e doenças**

O atributo norteador possui três indicadores que tratam do manejo de resistência: (i) manejo da resistência de plantas daninhas; (ii) manejo da resistência de pragas; (iii) manejo da resistência de doenças. Para a formação do coeficiente da dimensão ambiental-agronômica, este atributo norteador tem um peso de 21%, distribuídos entre seus três indicadores.

#### **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 ampla-

mente 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. O indicador tem um peso de 7% na formação do coeficiente dimensional.

- Variável relacionada ao indicador: IPA, número de diferentes mecanismos de ação de herbicidas usados no cultivo de soja e inclusões de herbicidas. Para as inclusões, caso um determinado produto comercial seja utilizado n vezes, isso representará n inclusões.

- Classes de sustentabilidade para esse indicador:

- Classe 1 (Excelente): (IPA herbicidas  $\leq 6$ ) e (Mecanismos de ação / inclusões de herbicidas  $> 0,5$ ).

- Classe 2 (Boa): (IPA herbicidas  $\leq 6$ ) e (Mecanismos de ação / inclusões de herbicidas  $\leq 0,5$ ).

- Classe 3 (Baixa): (IPA herbicidas  $> 6$ ) e (Mecanismos de ação / inclusões de herbicidas  $> 0,5$ ).

- Classe 4 (Muito baixa): (IPA herbicidas  $> 6$ ) e (Mecanismos de ação / inclusões de herbicidas  $\leq 0,5$ ).

### **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. O indicador tem um peso de 7% na formação do coeficiente dimensional.

- Variável relacionada ao indicador: IPA, número de diferentes mecanismos de ação de inseticidas usados no cultivo de soja e inclusões de inseticidas. Para as inclusões, caso um determinado produto comercial seja utilizado n vezes, isso representará n inclusões.

- Classes de sustentabilidade para esse indicador:

- Classe 1 (Excelente): (IPA inseticidas  $\leq 15$ ) e (Mecanismos de ação / inclusões de inseticidas  $\geq 0,4$ ).

- Classe 2 (Boa): (IPA inseticidas  $\leq 15$ ) e (Mecanismos de ação / inclusões de inseticidas  $< 0,4$ ).

- Classe 3 (Baixa): (IPA inseticidas  $> 15$ ) e (Mecanismos de ação / inclusões de inseticidas  $\geq 0,4$ ).

- Classe 4 (Muito baixa): (IPA inseticidas  $> 15$ ) e (Mecanismos de ação / inclusões de inseticidas  $< 0,4$ ).

### **Indicador – Manejo da resistência de doenças**

A cultura da soja está sujeita a várias doenças causadas por fungos, bactérias, vírus e fitonematóides, que podem limitar expressivamente a produtividade, reduzir a qualidade do produto colhido e aumentar os custos de produção. O controle químico, por meio da aplicação de fungicidas, é uma das principais estratégias de manejo de doenças fúngicas na soja. Nas últimas décadas, houve aumento acentuado da incidência e severidade de várias doenças na cultura da soja. Por outro lado, também houve evolução significativa de fungicidas disponibilizados no mercado. Nesse contexto, merece destaque a ferrugem asiática

(*Phakopsora pachyrhizi*), por ser uma doença que ocorre em praticamente todas as regiões produtoras de soja do Brasil, pelo elevado impacto negativo à cultura e pelo alto custo de controle. Especialmente para essa doença, percebeu-se, nos últimos cinco anos, perda acentuada de eficácia de fungicidas que até então apresentavam controle satisfatório. Isso correu em função da seleção de fungos resistentes ocasionada pela aplicação frequente de fungicidas com o mesmo mecanismo de ação. Certamente, o manejo da resistência de doenças, notadamente da ferrugem asiática, é tema central de trabalhos de pesquisa, transferência de tecnologia e assistência técnica, pois a resistência desse fungo aos fungicidas pode comprometer a competitividade da sojicultora nacional. O indicador tem um peso de 7% na formação do coeficiente dimensional.

- Variável relacionada ao indicador: número de diferentes mecanismos de ação de fungicidas usados no cultivo de soja e inclusões de fungicidas. Para as inclusões, caso um determinado produto comercial seja utilizado  $n$  vezes, isso representará  $n$  inclusões.

- Classes de sustentabilidade para esse indicador:

- Classe 1 (Excelente): (IPA fungicidas  $\leq 6$ ) e (Mecanismos de ação / inclusões de fungicidas  $\geq 0,5$ ).

- Classe 2 (Boa): (IPA fungicidas  $\leq 6$ ) e (Mecanismos de ação / inclusões de fungicidas  $< 0,5$ ).

- Classe 3 (Baixa): (IPA fungicidas  $> 6$ ) e (Mecanismos de ação / inclusões de fungicidas  $\geq 0,5$ ).

- Classe 4 (Muito baixa): (IPA fungicidas  $> 6$ ) e (Mecanismos de ação / inclusões de fungicidas  $< 0,5$ ).

## **Indicadores relacionados à dimensão econômica**

A dimensão econômica tem o propósito de avaliar a viabilidade dos sistemas produtivos regionais, assim como tratar aspectos conjunturais fundamentais para a sustentabilidade da cadeia produtiva da soja, como, por exemplo, os fatores logísticos. Ao todo, são 11 indicadores distribuídos em seis atributos norteadores: (1) produção de grãos; (2) remuneração do sojicultor; (3) capacidade de armazenagem; (4) posse da terra; (5) escoamento da produção para exportações do grão; (6) retorno de investimento.

A dimensão econômica tem um coeficiente, que pode variar entre zero a 34, conforme a classificação da região avaliada, dentro de cada um de seus indicadores. Na sequência desta seção, será abordado cada atributo norteador, seu peso para a valoração do coeficiente econômico e a contribuição de cada indicador para a formação desse valor.

Ressalta-se que a somatória dos pesos de cada atributo norteador para a formação do coeficiente da dimensão econômica será igual a um, ou seja, 100%.

### **Atributo norteador: Produção de grãos**

O atributo norteador possui três indicadores relacionados com a produção de grãos: (i) produtividade regional da soja; (ii) estabilidade de produção; (iii) variabilidade da produção regional. Para a formação do coeficiente da dimensão econômica, este atributo norteador tem um peso de 32%, distribuídos entre seus três indicadores.

#### **Indicador - Produtividade regional da soja**

A obtenção de elevadas produtividades tem relação direta com a viabilidade econômica de uma cultura ao afetar a sua receita de vendas. Além disso, tem profunda relevância ambiental, pois maiores rendimentos também significam menor pressão por aberturas de novas áreas para aumentar a produção regional e nacional dessa cultura.

De acordo com o levantamento municipal do IBGE (2015), a produtivi-

dade avançou de tal forma, que municípios sojicultores como Corbélia (PR), Mamborê (PR) e Coronel Vivida (PR) já conseguem ultrapassar a média de  $3.660 \text{ kg ha}^{-1}$ . Por outro lado, quando tais condições se mostram bastante restritivas, as quebras de produção podem ocasionar rendimentos inferiores a  $1.800 \text{ kg ha}^{-1}$ , como já ocorrido em municípios produtores dos 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 médio prazo (cinco 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. O indicador tem um peso de 12% na formação do coeficiente dimensional.

- Variável relacionada ao indicador: produtividade regional média ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) e produtividade nacional média ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), nas cinco 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.

### **Indicador - Estabilidade de produção**

A avaliação da estabilidade de produção da soja visa caracterizar o risco associado aos sistemas agrícolas regionais que comportam a cultura. Por meio de estatísticas agrícolas, em primeiro lugar, será determi-

nado o intervalo mais provável de produtividade de determinada região no último decênio. Como padrão, estão sendo considerados intervalos de 300 kg/ha, o que equivale a 5,0 sc/ha. Depois, será calculada uma média de produtividade regional, a partir dos valores de produtividade que fazem parte deste intervalo mais provável.

Para uma microrregião hipotética, considere que se tenha as seguintes produtividades nas safras do último decênio, em kg/ha: 2.690; 2.800; 3.030; 2.200; 2.900; 3.200; 3.000; 2.400; 3.350; 2.950. No intervalo de produtividade (2.200, 2.500) existem duas safras, o mesmo ocorrendo para o intervalo (2.400, 2.700). No o intervalo (2.690, 2.990) existem quatro safras. Já o intervalo (2.800, 3.100) conta com cinco safras e será aquele mais provável. Ao calcular a média das produtividades constantes neste intervalo mais provável (2800 kg/ha, 2.900 kg/ha, 2.950 kg/ha, 3.000 kg/ha e 3.030 kg/ha), tem-se como média regional o valor de 2.936 kg/ha.

A partir da média regional de produtividade estimada, será verificado no último decênio, em quantas safras houve uma quebra igual ou superior a 20%. No exemplo descrito, tem-se  $2.936 \text{ kg/ha} \times 0,2 = 587,2 \text{ kg/ha}$ . Considerando o intervalo hipotético, tem-se que existe apenas uma safra com quebra igual ou superior a 20%, na qual foi obtido um rendimento de 2.200 kg/ha.

Se existir mais de um intervalo mais provável, ao invés de intervalos de 300 kg/h, deverão ser considerados intervalos de 350 kg/ha. Caso ainda exista mais de um intervalo mais provável, deverão ser considerados intervalos de 400 kg/ha, e assim por diante, até que se obtenha um único intervalo mais provável. Ou seja, se necessário aumente o tamanho do intervalo em 50 kg/ha para se obter um único intervalo mais provável.

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. O indicador tem um peso de 11% na formação do coeficiente dimensional.

- Variáveis relacionadas ao indicador: produtividade dos municípios que compõem a região ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), moda matemática das produtividades regionais ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) 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%.

### **Indicador - Variabilidade da produtividade regional**

Para completar a visão sobre produtividade e sua evolução, foi introduzido o conceito de variabilidade, que consiste na determinação do coeficiente de variação (CV) da produtividade regional. O indicador terá como base estatísticas regionais fornecidas por instituições do setor.

As regiões com menor CV indicam as regiões com condições edafoclimáticas e sistemas de produção mais estáveis ao cultivo de soja. Por outro lado, as regiões produtoras que apresentam maior CV podem trazer embutidos, riscos econômicos, ambientais e sociais, como diminuição da renda do sojicultor, retração do valor bruto da produção local e maior uso de pesticidas. O indicador tem um peso de 9% na formação do coeficiente dimensional.

- Variáveis relacionadas ao indicador: produtividades da microrregião ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) e o coeficiente de variação microrregional.

- 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):  $CV \geq 30\%$ .

### **Atributo norteador: Remuneração do sojicultor**

O atributo norteador possui quatro indicadores que influenciam a remuneração do sojicultor: (i) preço pago ao produtor; (ii) variação dos custos operacionais; (iii) diferença entre custos operacionais; (iv) remuneração financeira média regional. Para a formação do coeficiente da dimensão econômica, este atributo norteador tem um peso de 36%, distribuídos entre seus quatro indicadores.

#### **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.

A situação descrita é gravemente acentuada pela limitação de rotas rodoviárias eficientes 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 no Porto de Santos. O indicador tem um peso de 10% na formação do coeficiente dimensional.

- Variável relacionada ao indicador: preço de venda da soja (R\$ sc<sup>-1</sup>).

- 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.

### **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 produtor rural terá como objetivos a minimização destes custos e a otimização da produtividade dos seus cultivos, visando à maximização do lucro gerado pelo seu sistema de produção.

O cultivo de soja pode apresentar elevados custos operacionais, mas pode ser viabilizado por meio de uma estratégia de maximização de receitas, ou seja, por meio da obtenção de altas produtividades. Contudo, custos elevados trazem grande risco à prática produtiva, pois fatores incontroláveis, como o clima, podem reduzir drasticamente a produtividade da soja e, conseqüentemente, sua receita de vendas.

Nesse sentido, este 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 no curtíssimo prazo. O indicador tem um peso de 8% na formação do coeficiente dimensional.

- 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.

### **Indicador – Diferença entre custos operacionais**

Diversos fatores podem fazer com que haja diferença significativa entre os custos operacionais em 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 geralmente arcam com custos de fretes, bastante superiores àqueles observados para regiões próximas aos portos.

Outro custo impactante na produção de soja está relacionado à nutrição da planta. 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. Isso gera significativas diferenças de custos operacionais entre regiões produtoras.

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 na microrregião do Norte Araguaia (MT), importante região produtora que se encontra distante dos portos. O indicador tem um peso de 5% na formação do coeficiente dimensional.

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

### **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 de 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 (lucro unitário, escala ou 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/ou temporário.

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. O indicador tem um peso de 13% na formação do coeficiente dimensional.

- Variáveis relacionadas ao indicador: área de soja média nas propriedades regionais (hectares), lucro financeiro unitário regional (R\$ ha<sup>-1</sup>).

- Classes de sustentabilidade para esse indicador:

- Classe 1 (Excelente): Remuneração financeira média > 300 salários mínimos.

- Classe 2 (Boa): 120 salários mínimos < remuneração financeira média <= 300 salários mínimos.

- Classe 3 (Baixa): 60 salários mínimos < remuneração financeira média <= 120 salários mínimos.

- Classe 4 (Muito baixa): Remuneração financeira média <= 60 salários mínimos.

### **Atributo norteador: Capacidade de armazenagem**

O atributo norteador possui um indicador referente à capacidade de armazenagem regional. Para a formação do coeficiente da dimensão econômica, este atributo norteador tem um peso de 6%, que é o peso do referido indicador.

### **Indicador - Capacidade de armazenamento regional de soja, milho e trigo**

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.

O déficit de armazenagem dispara ações paliativas 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.

A soja, o milho e o trigo representam os principais grãos produzidos no país e que disputam espaço nos silos a granel. Nesse sentido, este indicador foi criado para relacionar em âmbito regional, a capacidade de armazenamento a granel com a produção de soja, milho e trigo.

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

- Classes de sustentabilidade para esse indicador:

- Classe 1 (Excelente): capacidade de armazenagem a granel / (produção de soja + milho + trigo)  $\geq 1,20$ .

- Classe 2 (Boa):  $1,00 \leq$  capacidade de armazenagem a granel / (produção de soja + milho + trigo)  $< 1,20$ .

- Classe 3 (Baixa):  $0,80 \leq$  capacidade de armazenagem a granel / (produção de soja + milho + trigo)  $< 1,00$ .

- Classe 4 (Muito baixa): capacidade de armazenagem a granel / (produção de soja + milho + trigo)  $< 0,80$ .

### **Atributo norteador: Posse da terra**

O atributo norteador possui um indicador sobre posse da terra. Para a formação do coeficiente da dimensão econômica, este atributo norteador tem um peso de 4%, referente a peso do seu único indicador.

#### **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.

- Classes de sustentabilidade para esse indicador:

- 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  $< 40\%$ .

### **Atributo norteador: escoamento da produção para exportações do grão**

A soja é o principal produto exportado pelo agronegócio nacional. Nesse sentido, criou-se este atributo norteador para tratar tal aspecto conjuntural. Este atributo possui um único indicador com peso de 7% na formação do coeficiente da dimensão econômica.

## **Indicador - Distância rodoviária entre a região produtora e o principal porto exportador**

A incapacidade público-privada e as barreiras técnicas e ambientais fazem com que projetos de hidrovias e ferrovias deixem de ser implementados ou sejam executados lentamente. Assim, a agricultura brasileira tem enfrentado crônicos problemas logísticos. Um dos principais deles diz respeito ao escoamento da produção agrícola, que percorre longos trechos rodoviários até o seu destino final.

Mesmo em regiões que existem integração de modais como Miritituba/PA (rodovia-hidrovia) e Porto Franco/MA (rodovia-ferrovia), verificam-se estrangulamentos que diminuem a capacidade competitiva do agronegócio nacional. Por exemplo, o trecho rodoviário que liga regiões produtoras do Mato Grosso a Miritituba, via BR-163, conta com extenso trecho não asfaltado, aspecto inadmissível para um país que deseja assumir uma posição de referência agrícola mundial.

Esse indicador tem forte conotação econômica, uma vez que é um dos componentes principais na formação do preço de frete da empresa exportadora até o porto. Adicionalmente, tem um impacto ambiental-econômico importante, que se refere à emissão de gases de efeito estufa e seus impactos na economia verde.

Nesse contexto, o indicador visa dar um indicativo da distância rodoviária percorrida 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 armazenamentos intermediários no processo. Entretanto, dá claros indicativos sobre a competitividade e sustentabilidade logística, econômica e ambiental das diversas regiões produtoras de soja.

No caso de modais integrados é considerado somente o trecho rodoviário. Considere uma região hipotética, em que o escoamento envolve o transporte rodoviário até Porto Franco (MA) e, de lá, o transporte fer-

roviário até São Luís (MA), para o Porto de Itaqui. Logicamente, para o cálculo da distância rodoviária ponderada percorrida, somente o trecho rodoviário até Porto Franco (MA) será considerado nos cálculos, pois o trecho restante envolve transporte ferroviário.

- Variável relacionada ao indicador: distância rodoviária percorrida 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.

### **Atributo norteador: Retorno de investimento**

O último atributo norteador econômico tem o intuito de avaliar a soja como opção de investimento, considerando o seu tempo de retorno.

Este atributo possui um único indicador referente à Vida de Retorno do Investimento (VRI) da produção agrícola, que tem um peso de 15% na formação do coeficiente da dimensão econômica.

#### **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-se 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 ( $R\$ \text{ ha}^{-1}$ ), custo financeiro ( $R\$ \text{ ha}^{-1}$ ), lucro financeiro ( $R\$ \text{ ha}^{-1}$ ), investimentos em infraestrutura ( $R\$ \text{ ha}^{-1}$ ) e investimentos em terra ( $R\$ \text{ ha}^{-1}$ ).

- Classes de sustentabilidade para esse indicador:

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

## **Indicadores relacionados à dimensão social**

A dimensão social procura avaliar impactos dos sistemas produtivos para a sociedade e seus desdobramentos em desenvolvimento regional. Ao todo, são sete indicadores distribuídos em três atributos norteadores: (1) utilização de agrotóxicos; (2) emprego e renda para o trabalhador na atividade agropecuária; (3) desenvolvimento humano.

A dimensão social tem um coeficiente, que pode variar entre zero a 18, conforme a classificação da região avaliada, dentro de cada um de seus indicadores. Na sequência desta seção, será abordado cada atributo norteador, seu peso para a valoração do coeficiente social e a contribuição de cada indicador para a formação desse valor.

Ressalta-se que a somatória dos pesos de cada atributo norteador para a formação do coeficiente da dimensão social será igual a um, ou seja, 100%.

### **Atributo norteador: Utilização de agrotóxicos**

O atributo norteador possui um indicador relacionado ao uso de agrotóxicos, que é a periculosidade à vida humana. Este é um indicador amplo, que considera três fatores fundamentais para a produção agrícola, que são: manejo de pragas; manejo de doenças e manejo de plantas daninhas. Para a formação do coeficiente da dimensão social, este atributo norteador tem um peso de 24%, referente ao único indicador relatado.

#### **Indicador - Periculosidade à vida humana**

Atividades agrícolas 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, incluindo 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. Essas classes toxicológicas são calculadas pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2015), com um princípio similar ao Potencial de Periculosidade Ambiental, apresentado anteriormente.

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.

Em primeiro lugar, utiliza-se o mesmo padrão de aplicações de agrotóxicos do indicador 3.1.1.1. Contudo, ressalta-se que pesticidas podem ter um potencial de periculosidade ao ambiental diferente do potencial de periculosidade à vida humana. A Tabela 3 mostra o programa usual de aplicações e o PPH. Os procedimentos de cálculo são similares ao do indicador 3.1.1.1.

**Tabela 3.** Programa usual de aplicações e PPH.

Marca comercial	Princípio ativo	PPH	Peso PPH	Aplicações
<b>Herbicidas</b>				
Roundup Transorb "R"	Glifosato	II	2,00	1
DMA 806 BR	2,4-D-dimetilamina	I	2,50	1
Roundup Ready	Glifosato	II	2,00	2
Gramoxone 200	Dicloreto de paraquate	I	2,50	1
<b>Inseticidas</b>				
Nomolt 150	Teflubenzurom	IV	1,00	1
Tracer	Espinosade	IV	1,00	1
Belt	Flubendiamida	III	1,50	1
Premio	Clorantraniliprole	III	1,50	1
Engoe Pleno	Lambda-cialotrina + Tiametoxam	III	1,50	1
Orthene 750 BR	Lambda-cialotrina + Tiametoxam	II	2,00	1
Connect	Beta-ciflutrina + Imidacloprido	II	2,00	1
<b>Fungicidas</b>				
Elatus	Azoxistrobina + Benzovindiflupyr	I	2,50	1
Fox	Protiocanazol + Trifloxistrobina	I	2,50	1
Aproach Prima	Ciproconazol + Picoxistrobina	III	1,50	1
<b>Tratamento de sementes</b>				
Standak Top	Fipronil + Piraclostrobina + Tiofanato-metílico	II	2,00	1

- Variáveis relacionadas ao indicador: Potencial de Periculosidade à Vida Humana e o número de aplicações.
- Classes de sustentabilidade para esse indicador:
  - Classe 1 (Excelente):  $IPH \leq 30,00$ .
  - Classe 2 (Boa):  $30,00 < IPH \leq 36,00$ .
  - Classe 3 (Baixa):  $36,00 < IPH \leq 43,50$ .
  - Classe 4 (Muito baixa):  $IPH > 43,50$ .

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

O atributo norteador possui quatro indicadores que associados ao emprego e renda do trabalhador na atividade agropecuária: (i) salário agropecuário local versus salário agropecuário nacional; (ii) salário agropecuário local versus salários locais dos outros setores; (iii) equidade de gênero na remuneração média agropecuária; (iv) equidade na oportunidade de emprego média agropecuária. Para a formação do coeficiente da dimensão social, este atributo norteador tem um peso de 40%, distribuídos entre seus quatro indicadores.

#### **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 con-

sideradas leves ou moderadas. O indicador tem um peso de 12% na formação do coeficiente dimensional.

- 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.

#### **Indicador - Salário agropecuário local versus salários locais dos outros setores**

O propósito do indicador é avaliar a competitividade do salário agropecuário de uma região com destacada 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. O indicador tem um peso de 14% na formação do coeficiente dimensional.

- 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):  $1,00 \times \text{salário de outros setores} \leq \text{salário agropecuário} < 1,20 \times \text{salário de outros setores}$ .
- Classe 3 (Baixa):  $0,80 \times \text{salário de outros setores} \leq \text{salário agropecuário} < 1,00 \times \text{salário de outros setores}$ .
- Classe 4 (Muito baixa):  $\text{salário agropecuário} < 0,80 \times \text{salário de outros setores}$ .

#### **Indicador - Equidade de gênero na remuneração média agropecuária**

O indicador tem 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. O indicador tem um peso de 7% na formação do coeficiente dimensional.

- 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.

#### **Indicador - Equidade na oportunidade de emprego média agropecuária**

O indicador busca 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. O indicador tem um peso de 7% na formação do coeficiente dimensional.

- 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.

### **Atributo norteador: Desenvolvimento humano**

O atributo norteador tem dois indicadores de desenvolvimento humano: (i) desenvolvimento da região sojicultora pelo IFDM; (ii) desenvolvimento dos municípios da região sojicultora pelo IDH-M. Para a formação do coeficiente da dimensão social, este atributo norteador tem um peso de 36%, distribuídos entre seus dois indicadores.

### **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, 2015).

A classificação da FIRJAN, quanto ao estágio de desenvolvimento dos municípios brasileiros (Tabela 4), 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. Assim, o indicador de desenvolvimento humano pelo IDFM tem o propósito de avaliar se a riqueza gerada pela soja tem desenvolvido a região como um todo, parte dela ou está sendo direcionada para outras regiões. O indicador tem um peso de 19% na formação do coeficiente dimensional.

**Tabela 4.** Classificação do desenvolvimento municipal de acordo com o valor do índice IFDM.

Classificação	Intervalo
Alto estágio de desenvolvimento	IFDM > 0,80
Desenvolvimento moderado	0,60 < IFDM ≤ 0,80
Desenvolvimento regular	0,40 < IFDM ≤ 0,60
Baixo estágio de desenvolvimento	IFDM ≤ 0,40

Fonte: FIRJAN (2015).

- 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.

### **Indicador – Desenvolvimento da região sojicultora pelo IDH-M**

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 (PNUD, 2015). 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 prevaletentes de taxas de matrículas específicas por idade permanecem 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.

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 conjunto 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 tem um peso de 17% na formação do coeficiente dimensional.

- 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.

## **Índice integrado de sustentabilidade (IIS) e coeficientes dimensionais**

O Índice Integrado de Sustentabilidade (IIS) dará um quadro geral da sustentabilidade da soja na região avaliada. Ou seja, agrega todas as dimensões e indicadores existentes. Conforme a pontuação alcançada, a região avaliada receberá uma dentre as seguintes classificações:

- Alto nível de sustentabilidade (IIS  $\geq 80$ ): regiões que apresentam fortalezas capazes de viabilizar a produção de soja no longo prazo, embora possa enfrentar fragilidades específicas;

- Médio nível de sustentabilidade ( $60 \leq IIS < 80$ ): regiões que possuem fragilidades que põem a produção de soja em risco, mas que podem aumentar sua sustentabilidade por meio de um conjunto de ajustes agronômicos e econômicos e de políticas sociais;
- Baixo nível de sustentabilidade ( $40 \leq IIS < 60$ ): regiões críticas, que precisam de ações integradas nos contextos agronômico, econômico e social para vencer os obstáculos impostos pelo ambiente;
- Nível crítico de sustentabilidade ( $IIS \leq 40$ ): regiões que apresentam problemas crônicos em todas as dimensões de sustentabilidade. Para que a produção de soja se torne minimamente sustentável será preciso políticas e ações público-privadas contínuas, que gerem impactos positivos ininterruptos na cadeia produtiva regional.

Por sua vez, com os coeficientes dimensionais serão vislumbradas as principais fragilidades existentes nos sistemas e nas cadeias produtivas regionais, de acordo com três níveis de agregação: ambiental-agronômico, econômico e social. Isso permitirá identificar quais dimensões restringem a sustentabilidade da produção de soja em uma região específica e valorar essa restrição. Por exemplo, os coeficientes dimensionais podem apontar que a dimensão econômica é a mais limitante para a sustentabilidade regional da soja, com um coeficiente de 18.6, valor significativamente menor que o seu máximo (48.0).

Por fim, o nível total de desagregação corresponde aos indicadores isolados. Estes são importantes, pois propiciam entender como as dimensões estão afetando a sustentabilidade da produção regional de soja. Por exemplo, dentro da dimensão econômica, pode ser vislumbrado que a Vida de Retorno de Investimento, a remuneração do sojicultor, a variabilidade da produção regional e a estabilidade de produção são as principais fragilidades da dimensão econômica, que a tornam a principal limitante à cadeia produtiva local.

## Considerações finais

A metodologia ora proposta visa avaliar a sustentabilidade da cadeia produtiva da soja em regiões sojícolas e foi construída por uma equipe multidisciplinar, composta por pesquisadores de diversas áreas do conhecimento. Para tanto, foram adotados indicadores pertencentes a uma dentre as seguintes dimensões: ambiental-agronômica, econômica e social. Na dimensão ambiental-agronômica foram gerados 15 indicadores; na dimensão econômica foram formados 11 indicadores; na dimensão social foram prospectados sete indicadores.

Primeiramente, indicadores de uma dimensão específica (e.g. econômica) permitirão uma visão micro, ou seja, representarão um retrato parcial do nível de sustentabilidade da cadeia produtiva da soja de uma dada região. De outro modo, a integração de diversas dimensões propiciará uma visão macro, ou, em outros termos, um cenário amplo do estado de sustentabilidade da cadeia produtiva.

O propósito foi obter indicadores que identifiquem as forças, fraquezas, oportunidades e ameaças à cadeia produtiva da soja brasileira. As forças dizem respeito às potencialidades internas à referida cadeia, que favorecem o aproveitamento das oportunidades do ambiente externo e minimizem ou neutralizem as ameaças. De outro modo, as fraquezas se referem às fragilidades internas à cadeia e que a tornam mais vulnerável às ameaças do ambiente externo e menos propensa a aproveitar suas oportunidades.

Para indicar o nível de sustentabilidade na cadeia produtiva da soja em uma determinada região tem-se o coeficiente gerado a partir dos índices dimensionais. Isso criará um quadro de sustentabilidade da cadeia, que propiciará monitorar potencialidades e fragilidades, além de capturar mudanças e tendências originadas a partir do ambiente externo.

O intuito é que esta metodologia sirva de base para ações estratégicas de pesquisa, transferência de tecnologia, assistência técnica 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.

ANVISA. **Critérios para a classificação toxicológica**. Disponível em: <[http://portal.anvisa.gov.br/wps/portal/anvisa/anvisa/home/agrotoxicotoxicologia!/ut/p/c4/04\\_SB8K8xLLM9MSSzPy8xBz9C-POos3hnd0cPE3MfAwMDMydnA093Uz8z00B\\_A3djM\\_2CbEdFANFW4QO!/?1dmy&urile=wcm%3Apath%3A/anvisa+portal/anvisa/inicio/agrotoxicos+e+toxicologia/publicacao+agrotoxico+toxicologia/criterios+para+a+classificacao+toxicologica](http://portal.anvisa.gov.br/wps/portal/anvisa/anvisa/home/agrotoxicotoxicologia!/ut/p/c4/04_SB8K8xLLM9MSSzPy8xBz9C-POos3hnd0cPE3MfAwMDMydnA093Uz8z00B_A3djM_2CbEdFANFW4QO!/?1dmy&urile=wcm%3Apath%3A/anvisa+portal/anvisa/inicio/agrotoxicos+e+toxicologia/publicacao+agrotoxico+toxicologia/criterios+para+a+classificacao+toxicologica)>. Acesso em: 28 set. 2015.

FIRJAN. **Índice Firjan de Desenvolvimento Municipal**. Disponível em: <<http://www.firjan.org.br/ifdm/>>. Acesso em: 21 set. 2015.

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: 28 set. 2015.

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

IBGE. **Banco de dados agregados**: Pesquisas: Produção Agrícola Municipal. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=1612&z=t&o=3>>. Acesso em: 28 set. 2015.

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.

MARTINO, J.P., **Technological forecasting for decision making**, McGraw-Hill, New York, 3 ed, 1993.

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.

PNUD. **O que é o IDH**. Disponível em: <[http://www.pnud.org.br/IDH/IDH.aspx?indiceAccordion=0&li=li\\_IDH](http://www.pnud.org.br/IDH/IDH.aspx?indiceAccordion=0&li=li_IDH)>. Acesso em: 28 set. 2015.

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

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

WCED. **Our Common Future**. New York: UN, Oxford University Press, 1987.

**Embrapa**

---

**Soja**

Ministério da  
**Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento**

GOVERNO FEDERAL  
**BRASIL**  
PÁTRIA EDUCADORA