

São Carlos, SP / Dezembro, 2025

Proposta de indicadores para diagnóstico e acompanhamento de sistemas integrados Lavoura-Pecuária-Floresta

OBJETIVOS DE
DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL



***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Pecuária Sudeste
Ministério da Agricultura e Pecuária***

ISSN 1518-4757 / e-ISSN 1980-6841

Documentos 150

Dezembro, 2025

Proposta de indicadores para diagnóstico e acompanhamento de sistemas integrados Lavoura-Pecuária-Floresta

Marcela de Mello Brandão Vinholis

Estella Rosseto Januszkiewicz

Sandra Aparecida Santos

Claudia De Mori

José Alberto Bastos Portugal

Emerson Borghi

José Ricardo Macedo Pezzopane

Carlos Henrique de Paula e Silva

Amanda Hernandes

Andreza Pereira da Silva Cruz

Embrapa Pecuária Sudeste

São Carlos, SP

2025

Embrapa Pecuária Sudeste
Rod. Wasghinton Luiz, Km 234
13560-970 , São Carlos, SP
www.embrapa.br/pecuaria-sudeste
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Revisão de texto

Gisele Rosso

Normalização bibliográfica

Vera Viana dos Santos Brandão

Comitê Local de Publicações

Presidente

André Luiz Monteiro Novo

Secretário-executivo

Luiz Francisco Zafalon

Membros

Aisten Baldan

Gisele Rosso

Maria Cristina Campanelli Brito

Sílvia Helena Picirillo Sanchez

Projeto gráfico

Leandro Sousa Fazio

Diagramação

Maria Cristina Campanelli Brito

Foto da capa

Gisele Rosso

Publicação digital: PDF

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)

Nome-síntese da Unidade catalogadora

Proposta de Indicadores para diagnóstico e acompanhamento de sistemas integrados
lavoura-pecuária-floresta / Marcela de Mello Brandão Vinholis et al. – São Carlos,
SP: Embrapa Pecuária Sudeste, 2025.
PDF (73 p.) : il. color. – (Documentos / Embrapa Pecuária Sudeste,
e-ISSN 1518-4757 ; 150)

1. Sistema de Produção. 2. Diagnóstico. 3. Indicador Econômico. 4. Indicador
Social. I. Januszkiewicz, Estella Rosseto. II. Santos, Sandra Aparecida. III.
De Mori, Cláudia. IV. Portugal, José Alberto Bastos. V. Borghi, Emerson. VI.
Pezzopane, José Ricardo Macedo. VII. Silva, Carlos Henrique de Paula e. VIII.
Hernandes, Amanda. IX. Cruz, Andreza Pereira da Silva. X. Título. XI. Série.

CDD (23. ed.) 338.47

Vera Viana dos Santos Brandão (CRB-8/7283)

© 2025 Embrapa

Autores

Marcela de Mello Brandão Vinholis

Engenheira-agrônoma, doutora em Engenharia de Produção, pesquisadora da Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos, SP

Estella Rosseto Januszkiewicz

Zootecnista, doutora em Zootecnia e Pós-doutoramento em Pastagem e Forragicultura, assistente técnica da Rede ILPF

Sandra Aparecida Santos

Zootecnista, doutora em Zootecnia, pesquisadora da Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos, SP

Claudia De Mori

Engenheira-agrônoma, doutora em Engenharia de Produção, pesquisadora da Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos, SP

José Alberto Bastos Portugal

Biólogo, doutor em Ciência e Tecnologia de Alimentos, pesquisador e supervisor da Área de Transferência de Tecnologia da Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos, SP

Emerson Borghi

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos, SP

José Ricardo Macedo Pezzopane

Engenheiro-agrônomo, doutor em Física do Ambiente Agrícola, pesquisador da Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos, SP

Carlos Henrique de Paula e Silva

Engenheiro-agrônomo, especialista Agropecuário da Diretoria de Assistência Técnica Integral (CATI), Ribeirão Preto, SP

Amanda Hernandez

Engenheira-agrônoma, doutora em Agronomia, especialista Agropecuário da Diretoria de Assistência Técnica Integral (CATI), Ribeirão Preto, SP

Andreza Pereira da Silva Cruz

Engenheira-agrônoma, especialista em Integração Lavoura-Pecuária-Floresta, coordenadora de Projetos da Rede ILPF, São Paulo, SP

Agradecemos às equipes técnicas da Embrapa Pecuária Sudeste, da Associação Rede ILPF, da Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento do Estado de São Paulo (SAA/SP), representada pela Coordenadoria de Assistência Integral do Estado de São Paulo (CATI), que colaboraram com a produção deste documento, como parte dos resultados do Projeto Integra SP.

Apresentação

A implantação e ampliação do uso de sistemas integrados é uma oportunidade para que a agropecuária brasileira seja mais sustentável. Entretanto, para alcançar esse objetivo, é importante mostrar aos produtores rurais, não somente a importância ambiental dos sistemas integrados, mas também, as vantagens produtivas que podem trazer à sua propriedade.

Nesse sentido, o uso de indicadores que sejam de fácil mensuração e compreensão é fundamental. Para isso, especialistas nas áreas de sistemas integrados e sustentáveis, conservação de solo, socioeconomia e extensão rural selecionaram alguns indicadores que englobam características econômicas, sociais e ambientais. Os cálculos são realizados a partir da coleta de dados quantitativos (como produtividade e custos de produção) e qualitativos, baseados em observações visuais (como características do rebanho, da lavoura, dos pastos e da superfície do solo) ou na percepção do produtor e/ou do técnico que acompanha a propriedade (como aspectos de bem-estar animal e sociais).

Além da simplicidade da coleta de informações, esses indicadores são avaliados e acompanhados anualmente, auxiliando nas decisões de manejo dos sistemas integrados.

Deve ser salientado que, por ser uma proposta inicial, ajustes nos cálculos, bem como a necessidade da inclusão de outros indicadores, podem ocorrer, como resposta a demandas que possam surgir em longo prazo.

Alexandre Berndt

Chefe-Geral da Embrapa Pecuária Sudeste

Sumário

Introdução	7
Processo, indicadores selecionados e coleta de dados	9
Indicadores e caracterização do sistema: definições e operacionalização	11
Caracterização geral da propriedade e do sistema integrado	12
Relação equivalente do uso da terra (LER)	14
Margem bruta (MB)	18
Bem-estar animal (BEA)	25
Balanço de nitrogênio (BN)	30
Multifuncionalidade (MULTI)	37
Percepção social do trabalho (PST)	43
Percepção dos riscos (PR)	47
Relatório dos indicadores	50
Considerações finais	55
Referências	56

Introdução

Sistemas integrados são modelos de uso sustentável da terra que integram ao menos duas modalidades de produção agrícola, pecuária e/ou florestal, realizadas na mesma área, em cultivo consorciado, em sucessão ou em rotação (Balbino et al., 2011), de forma planejada, sistematizada e continuada, com a finalidade de auferir produtos e serviços para a comercialização (Vinholis et al., 2020).

Os sistemas integrados são classificados por Balbino et al. (2011) em quatro tipos:

- 1) integração lavoura-pecuária;
- 2) integração lavoura-floresta;
- 3) integração pecuária-floresta e;
- 4) integração lavoura-pecuária-floresta.

O Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura (Plano ABC), elaborado em 2010 pelo governo brasileiro (Brasil, 2012) e atualizado em 2021 (Brasil, 2021), buscou, entre outras metas, expandir a adoção dos sistemas integrados de Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) no Brasil. Em estudo para verificar as mudanças no uso da terra, o crescimento da produção agropecuária brasileira e o cumprimento das metas do Plano ABC, Telles et al. (2021) constataram que o aumento da área com sistemas ILPF atendeu aos compromissos acordados pelo Brasil e que a agropecuária brasileira tem buscado a sustentabilidade ambiental e o desenvolvimento de tecnologias de baixa emissão de carbono, que são poupadores de recursos naturais.

A compreensão da dinâmica da adoção de uma dada tecnologia permite identificar os impactos e os gargalos decorrentes de sua implementação, oferecendo subsídios às unidades produtivas e ao setor para a busca de maior produtividade e competitividade. A mensuração das alterações ou impactos decorrentes da adoção de uma tecnologia por meio de indicadores é instrumento útil para

caracterização, apoio de tomada de decisão, difusão de tecnologias e formulação de políticas públicas.

Os sistemas de indicadores devem ser instrumentos eficientes e adequados para a avaliação, a quantificação e o monitoramento de um determinado fenômeno, constituindo um dos meios de comunicação e de construção de princípios e de diretrizes em seu processo de transformação (OECD, 2003; Freudenberg, 2003). Sanches (2004) define indicador como sendo um dado relativo a uma variável significativa que caracteriza um fenômeno e que serve de marcador para que se possa atuar sobre tal fenômeno. Por sua vez, a Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE, 2003) define indicador como “um parâmetro, ou valores derivados de parâmetros, que fornece informações sobre o estado de um meio, cuja significação se estende além daquela diretamente relacionada com o valor do parâmetro”.

A escolha dos indicadores deve levar em consideração alguns aspectos: devem ser simples e facilmente compreendidos, terem baixo custo, serem sensíveis às mudanças, mensuráveis com metodologias repetíveis, não-redundantes e concisos, representativos do fenômeno avaliado e de fácil aplicação (Santos et al., 2017; Abbasi et al., 2023).

Assim, este documento tem por objetivo descrever indicadores econômicos, ambientais e sociais selecionados para diagnose e monitoramento de sistemas integrados, detalhando suas metodologias e os dados necessários para os cálculos. Além da contextualização da importância de indicadores no processo de monitoramento de uso de tecnologias apresentado nessa introdução, o documento expõe o processo de escolha, a definição, as metodologias e a operacionalização do conjunto de indicadores selecionados e algumas considerações finais.

O conjunto de indicadores apresentado neste documento contribui para o alcance das metas dos ODS 2, 13 e 15. Com relação ao ODS 2, atende mais especificamente o item 2.4 que é abrangente e trata a sustentabilidade como um conjunto de ações, muitas das quais monitoradas pelo conjunto de indicadores propostos. A partir desses

indicadores será possível monitorar os sistemas integrados para garantir sustentabilidade na produção de alimentos e implementar práticas agrícolas resilientes, que aumentem a produtividade e a produção, e que melhorem progressivamente a qualidade da terra e do solo. Os indicadores de sistemas ILPF também contribuem com a ODS 13, especificamente no item 13.3., pois servem para quantificar os múltiplos benefícios do sistema que contribuem com a mitigação e adaptação às mudanças climáticas por meio da extensão rural, entre outros meios. Os indicadores também contribuem para a ODS 15, pois avaliam aspectos ambientais, especificamente o item 15.3, que tem como meta combater a desertificação, restaurar a terra e o solo degradado.

Processo, indicadores selecionados e coleta de dados

Uma equipe multidisciplinar composta por 23 especialistas nas áreas de sistemas de produção integrados e sustentáveis, conservação de solo, socioeconomia e extensão rural selecionou alguns indicadores para o diagnóstico, o acompanhamento e monitoramento da implantação de sistemas integrados. Esta equipe de profissionais foi resultante da parceria entre Embrapa, Rede ILPF e Coordenadoria de Assistência Técnica Integral do estado de São Paulo (CATI). O processo contemplou reuniões virtuais realizadas entre julho de 2023 e abril de 2024 para a definição do conjunto de indicadores de diagnose e monitoramento da evolução dos sistemas integrados.

Foram selecionados sete indicadores, os quais contemplaram aspectos econômicos, ambientais e sociais referentes à adoção de sistemas integrados de produção agropecuária. A Tabela 1 identifica o conjunto de indicadores e as siglas designadas e a Figura 1 detalha as variáveis que compõe cada um dos indicadores.

Tabela 1. Indicadores ambientais, econômicos e sociais para acompanhamento dos sistemas integrados.

Indicador	Descrição resumida	Sigla
Relação equivalente do uso da terra	Produção por área no sistema integrado em relação à produção por área no sistema de monocultivo	LER ¹
Margem bruta	Diferença entre a receita e os custos operacionais do sistema integrado	MB
Bem-estar animal	Avaliação de aspectos relacionados às cinco liberdades do animal	BEA
Balanço de nitrogênio	Diferença entre entrada e saída de nitrogênio no sistema integrado	BN
Multifuncionalidade	Diversidade de funções ecossistêmicas no sistema integrado	MULTI
Percepção social do trabalho	Avaliação de aspectos relacionados ao trabalho e conhecimento	PST
Percepção de riscos	Avaliação de aspectos relacionados à renda e riscos de produção	PR

O cálculo dos indicadores considera a coleta anual dos dados no final de um ano agrícola. A sugestão é a coleta no mês de setembro, com o intuito de obter as informações para o ano agrícola finalizado (período compreendido de setembro do ano X a agosto do ano X+1). Os dados são preenchidos em uma planilha Excel parametrizada para um ano agrícola², conforme os quadros apresentados nas seções seguintes. Recomenda-se que a coleta dos dados seja feita pelo técnico que acompanha a propriedade em conjunto com o produtor.

Além de dados específicos para o cálculo dos indicadores, a coleta contempla informações para a caracterização da propriedade rural, do sistema integrado e das espécies vegetais e animais que compõem o modelo empregado na propriedade.

¹ A sigla LER é amplamente utilizada em estudos internacionais e decorre do termo em inglês “Land Equivalent Ratio”. Alguns artigos na língua portuguesa traduzem o termo para Razão de Área Equivalente (RAE). Optou-se por manter a sigla em inglês devido ao reconhecimento e uso em estudos técnico-científicos consagrados.

² Os quadros e figuras apresentados nesse protocolo para entrada de dados e relatório dos indicadores são um exemplo de como uma planilha em Excel pode ser parametrizada.

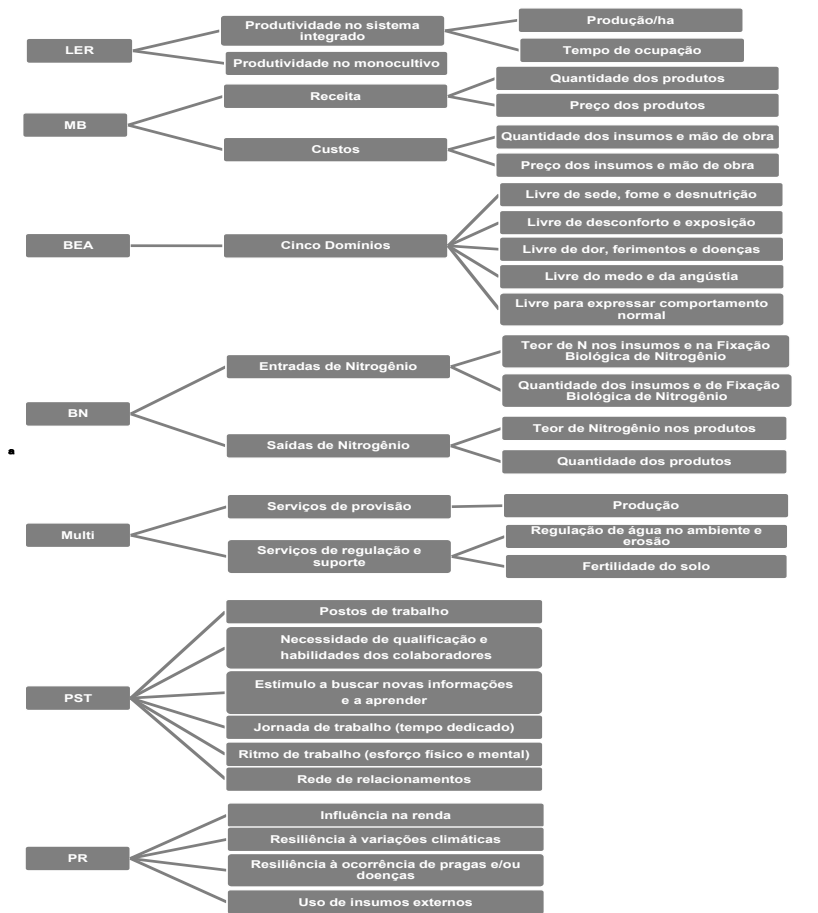


Figura 1. Variáveis do conjunto de indicadores.

Indicadores e caracterização do sistema: definições e operacionalização

O protocolo de acompanhamento contempla um conjunto inicial de informações para caracterização da propriedade e do sistema integrado. Para cada um dos indicadores selecionados apresenta-se a definição, a operacionalização do cálculo e os padrões de referência.

Caracterização geral da propriedade e do sistema integrado

As informações para a caracterização geral da propriedade e do sistema integrado estão descritas na Tabela 2.

Tabela 2. Dados gerais da propriedade, do produtor, do técnico responsável e do sistema integrado implantado.

Propriedade			
Nome	Município/UF	KML ¹	
	Nome	Contato	Instituto/Unidade Regional de extensão rural
Produtor			
Técnico			
Sistema de integração implantado (uma opção de acordo com a definição no item 1.)			
☐ ILP	☐ ILF	☐ IPF	☐ ILPF
Área produtiva (ha) da propriedade (sistemas convencionais + integrados)			
Ano de implantação do sistema integrado (AAAA ex: 2022)			
Declividade (%) ² predominante do solo do sistema integrado			
Textura ³ predominante do solo do sistema integrado			
Objetivos do sistema integrado (marcar quantas opções forem necessárias)			
☐	Agregar valor aos produtos		
☐	Aumentar a estabilidade da renda durante o ano		
☐	Aumentar a palhada para semeadura na safra principal		
☐	Aumentar a produtividade		
☐	Diminuir erosão e compactação do solo		
☐	Melhorar a eficiência de uso dos recursos naturais (solo, água)		
☐	Melhorar a fertilidade do solo		
☐	Melhorar o aproveitamento da mão de obra ao longo do ano		
☐	Melhorar os índices zootécnicos		
☐	Obter alimento para o gado na seca		
☐	Obter renda extra		
☐	Propiciar sombra ao animal		
☐	Reduzir a abertura de novas áreas		
☐	Reduzir as emissões de gases de efeito estufa		
☐	Reduzir o risco de perdas da produção por eventos climáticos extremos (seca, geada)		
☐	Reduzir os custos de produção		
☐	Reformar a pastagem		
Outro:			

¹ KML (Keyhole Markup Language) são arquivos que armazenam dados geográficos e conteúdo associado ao Google Earth.

² Classes de declividade do solo (adaptado de Drugowich et al., 2015; Lemos e Santos, 1996): plano (0% a 3%); suave ondulado (3% a 8%); ondulado (8% a 20%); forte ondulado (20% a 45%); montanhoso (45% a 75%); escarpado (maior que 75%).

³ Textura (adaptado de Drugowich et al., 2015; Santos et al., 2025): arenosa (menos que 15% de argila); média (entre 15% e 35% de argila); argilosa (entre 35% e 60% de argila); muito argilosa (mais que 60% de argila); silteosa (predomínio de silte).

A Tabela 3 especifica a área de cada talhão e o calendário mensal de atividades no sistema integrado. Para cada talhão é descrito o período de cada componente do sistema (lavoura anual, pastagens com e sem animais, e árvores) por meio do preenchimento mensal da atividade no ano agrícola avaliado, como por exemplo: pastagem com gado; milho consorciado com *Urochloa brizantha*; eucalipto consorciado com milho ou eucalipto consorciado com *Urochloa brizantha*; dentre outras variações de cultivos nos sistemas integrados no talhão.

Tabela 3. Calendário mensal das atividades principais em cada talhão do sistema integrado, no ano agrícola vigente.

Ano agrícola		Ano X/ ano X + 1					
Talhão	Área (ha)	Setembro/ ano X	Outubro/ ano X	Novembro/ ano X	Dezembro/ ano X	Janeiro/ ano X + 1	
1							
2							
3							
Talhão	Fevereiro/ ano X + 1	Março/ ano X + 1	Abril/ ano X + 1	Maió/ ano X + 1	Junho/ ano X + 1	Julho/ ano X + 1	Agosto/ ano X + 1
1							
2							
3							

Define-se por talhão cada área do sistema integrado com manejo, rotação, sucessão e/ou consorciação específica. O talhão pode receber mais de uma lavoura no ano avaliado, seja em semeadura exclusiva (ex: milho grão) ou em semeadura consorciada (ex: milho consorciado com *Urochloa brizantha* ou milho com eucalipto), ou pastagem consorciada ou exclusiva. Por exemplo, o talhão 1 pode receber lavoura de soja na safra de verão, seguida de lavoura de

milho para silagem em segunda safra e, em seguida, a semeadura da pastagem. No ano seguinte, esse talhão 1 pode seguir com pastagem com gado, enquanto o talhão 2 receberá a produção de grãos. Esta sequência de atividades em cada talhão é descrita no Quadro 3, especificando os meses com cada cultivo no ano avaliado. No caso de coleta de dados de um mesmo talhão, em anos consecutivos, deve-se seguir a mesma sequência de preenchimento.

As próximas seções desse documento referem-se aos protocolos de coleta de dados e de cálculo de cada indicador listado na Tabela 1. Para cada indicador são apresentadas a definição do conceito, a fórmula de cálculo e o detalhamento do processo de coleta de dados e interpretação.

Relação equivalente do uso da terra (LER)

A LER (*Land Equivalent Ratio*, em inglês) é um indicador utilizado para avaliar a produção por área de terra de sistemas integrados em relação produção por área de terra de monoculturas (Deb; Dutta, 2022). Nesse documento, as unidades de medidas consideradas são: kg/ha para o componente “lavoura”, UA/ha para o componente “pecuária”, m³/ha para o componente “floresta” para produção de madeira e kg/ha para o componente “floresta” para produtos florestais não-madeireiros (borracha, frutas, dentre outros).

Os cálculos do indicador são efetuados de acordo com Deb e Dutta (2022) que se baseiam na equação proposta por Mead e Willey (1980). O cálculo (Equação 1) deve ser realizado anualmente (ano agrícola) para cada tipo de produção de cada talhão (LER cultivo/ criação). O cálculo para cada talhão (Equação 2) considera o LER de cada tipo de produção e seu tempo de ocupação na área (Deb; Dutta, 2022), sendo 12 meses o tempo máximo do sistema integrado (um ano agrícola). Já o LER total do sistema integrado é a média dos valores obtidos para cada talhão.

$$LER_{cultivo/criação} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{Y_{iSI}}{Y_{iSM}} \right) \quad (\text{Equação 1})$$

$$LER_{talhão} = \sum_{i=1}^n \left(LER_{cultivo/criação} \times \left(\frac{n^o \text{ meses}}{12} \right) \right) \quad (\text{Equação 2})$$

em que $LER_{cultivo/criação}$ é a relação equivalente do uso da terra para cada tipo de produção de cada talhão; $LER_{talhão}$ é a relação equivalente do uso da terra para cada talhão; Y_{iSI} é a produção por hectare no sistema integrado de determinado componente, medido em Kg/ha para lavoura e produção frutífera, UA/ha para pecuária e m^3/ha para o componente arbóreo; Y_{iSM} é a produção por hectare de determinado componente no sistema de monocultivo, obtida na mesma propriedade rural ou na região da propriedade; e n^o meses é o tempo que o tipo de produção ocupa a área do talhão (Tabelas 4 e 5).

Tabela 4. Número de meses e produção por área de terra das lavouras e da pecuária (leiteira ou de corte) dos sistemas integrado e de monocultivo, no ano agrícola vigente.

Talhão 1 ¹	nº de meses	Produção		Unidade
Lavoura	com lavoura	Integrado	Monocultivo ²	
Lavoura 1				Kg/ha
Lavoura 2				Kg/ha
Lavoura 3				Kg/ha
Lavoura 4				Kg/ha
Lavoura 5				Kg/ha
Pecuária	com pasto	Integrado ³	Monocultivo ²	Unidade
Taxa de lotação				UA/ha

¹ Repetir a coleta de informações dos componentes lavoura e pecuária para cada talhão.

² Dados da produção do monocultivo na propriedade ou da região deve ser o mais equivalente possível ao sistema integrado em termos de espécies vegetais utilizadas e adubação e, para pecuária, também em termos de fase, manejo do pastejo, suplementação e raça animal.

³ A produção animal refere-se a média da taxa de lotação da pastagem no período das águas e no período seco.

No caso da produção de madeira, a estimativa da produção anual baseou-se em Pezzopane et al. (2021), como segue:

$$\begin{aligned} & \text{Produção anual estimada (para cálculo da LER)} \\ &= (\text{volume madeira} \times \text{densidade}) \\ &+ \text{produção de desbaste no ano} \\ &- \text{produção de madeira no ano anterior} \end{aligned} \quad (\text{Equação 3})$$

$$\text{Volume madeira} = 0,45 \times \text{altura} \times \pi \times \left(\frac{DAP}{200}\right)^2 \quad (\text{Equação 4})$$

$$DAP = \frac{\text{circunferência do tronco}}{\pi} \quad (\text{Equação 5})$$

Os dados para os cálculos estão na Tabela 5, em que a produção anual estimada, a *produção de desbaste* e a *produção do ano anterior* são medidas em m³/ha; *volume da madeira*, em m³/árvores; *densidade*, em n° árvores/ha; 0,45 é um fator de forma do fuste genérico; *altura* é a altura média das árvores, em m; *DAP* é o diâmetro à altura do peito, em cm; e *circunferência do tronco* em cm (Tabela 5).

Os parâmetros de DAP e altura, necessários para as estimativas da produção de madeira, são avaliados como proposto por Porfírio-da-Silva et al. (2009). Para estimar o DAP, é mensurada a circunferência do tronco da árvore a 1,30m de altura com fita métrica ou trena, respeitando alguns cuidados demonstrados em Couto et al. (1989). A Equação 5 refere-se ao cálculo do DAP a partir da mensuração da circunferência do tronco.

Recomenda-se medir pelo menos 5% do total de árvores do talhão para o cálculo do valor DAP, considerando o valor médio da circunferência da amostra para inserção na Tabela 5. Essa avaliação ocorrerá a partir do ano em que for possível a realização desta medida, provavelmente, a partir do segundo ano, no caso de eucalipto. Outro ponto importante a ser considerado é a identificação das árvores amostradas (por exemplo, com tinta spray) para que as mensurações ocorram nas mesmas árvores todos os anos subsequentes.

Tabela 5. Número de meses e informações necessárias para cálculo da produção por área de terra do componente floresta dos sistemas integrado e de monocultivo, para cada talhão, no ano agrícola vigente.

Produção de madeira no talhão 1 ¹		Outro tipo de produção no talhão 1 ¹	
Espécie (Eucalipto ou outra)		Espécie 1	
Circunferência tronco (cm) ²		nº de meses com árvores	
DAP (cm)	3	Produção no integrado (kg/ha)	
Altura (m)		Produção no monocultivo ⁴ (kg/ha)	
Volume da madeira (m³/árvore)	3		
Densidade (nº árvores/ha)			
nº de meses com árvores			
Prod. de desrama no integrado (m³/ha)			
Prod. de desbaste no integrado (m³/ha)			
Prod. estimada anual no integrado (m³/ha)	3		
Prod. de corte final no integrado (m³/ha)			
Prod. estimada do ano anterior no integrado (m³/ha)			
Produção no monocultivo ⁴ (m³/ha)			

Espécie 2	
nº de meses com árvores	
Produção no integrado (kg/ha)	
Produção no monocultivo ⁴ (kg/ha)	

¹ Repetir a coleta de informações para cada talhão.

² Coleta de 5 a 10% do total de árvores da área. No ano de plantio e no primeiro ano agrícola não haverá coleta de circunferência do tronco para cálculo do DAP (diâmetro a altura do peito), que ocorrerá a partir do ano que permitir a coleta a 1,30m de altura.

³ Parâmetros calculados (explicado acima).

⁴ Dados da produção do monocultivo na propriedade ou da região (se não tiver na propriedade). O monocultivo deve ser o mais equivalente possível ao sistema integrado em termos de espécies vegetais utilizadas e adubação. Sugestão de produção monocultivo de eucalipto: 41 m³/ha/ano em ciclos de corte de aproximadamente sete anos (Santarosa et al., 2014); 32,7 m³/ha/ano (com casca) com uma duração média do ciclo de 6,7 anos (IBA, 2023).

Quando $LER > 1$, a quantidade de área requerida no sistema integrado é menor que a área cultivada no sistema de monocultivo, para alcançar a mesma produção. Se $LER < 1$, a quantidade de área requerida no sistema integrado é maior que a área cultivada no sistema de monocultivo, para alcançar a mesma produção (Deb; Dutta, 2022).

Margem bruta (MB)

A análise econômica calcula o custo de produção e a margem bruta da produção no sistema integrado. Estes parâmetros subsidiam as tomadas de decisões na empresa agrícola, sendo que cada indicador tem sua maior ou menor importância, dependendo do prazo em questão (Lopes; Carvalho, 2002). Segundo estes autores, no curto prazo, o produtor deve estar atento à margem bruta (MB); no médio prazo, com a margem líquida e, no longo prazo, com o resultado (lucro ou prejuízo). A MB considera as despesas de rotina da atividade rural (verifica se a atividade consegue arcar com seus custos desembolsáveis), enquanto que a margem líquida agrega os valores referentes à depreciação (verifica se a atividade consegue arcar com seus custos desembolsáveis e ainda fazer a reposição de seus ativos) e o lucro adiciona a remuneração do capital. Muitos produtores não têm o hábito da aferição econômica da produção agrícola. Por isso, neste documento, considera-se o indicador inicial, o cálculo da MB.

O cálculo da MB baseia-se em Garcia et al. (2020) que utilizou os conceitos de Matsunaga (1976). A MB é obtida pela diferença entre a Receita Bruta (RB) e o Custo Operacional Efetivo (COE) (Equação 6). A MB positiva indica que a atividade se remunera e tem capacidade de sobrevivência no curto prazo. A RB é obtida com a venda de produtos do sistema integrado (como sacas de milho, cabeças de gado e m³ de madeira) e, como COE, todos os custos desembolsáveis, como mão de obra, insumos, combustíveis, impostos, taxas, energia, administração, entre outros. Os produtos e itens de custos considerados para os cálculos da MB estão sumarizados na Tabela 6.

$$MB = RB - COE$$

(Equação 6)

Tabela 6. Produtos e itens de custo para o cálculo da Margem Bruta dos diferentes componentes do sistema integrado em cada ano agrícola.

Receita (produtos)		Itens de custo
Lavoura	Produção comercializada das lavouras	Mão de obra volante/terceirizada, corretivos/adubos, defensivos, sementes, outros custos do componente Lavoura e rateio dos custos com Administração
Pecuária	Produção comercializada de leite e de cabeças de animais (arobas para bois gordos e vacas gordas)	Mão de obra volante/terceirizada, corretivos/adubos, defensivos, sementes/mudas, suplementação, sanidade, inseminação artificial, cabeças de animais compradas, outros custos do componente Pecuária e rateio dos custos com Administração
Floresta	Produção de madeira comercializada de desrama, de desbaste e de corte final e produção comercializada (para outros tipos de produção arbórea, como frutas, por exemplo)	Mão de obra volante/terceirizada, corretivos/adubos, defensivos, mudas, outros custos do componente Floresta e rateio dos custos com Administração

A RB do sistema integrado é a soma da somatória da receita de cada componente do sistema, obtidos por meio da multiplicação da quantidade vendida dos diferentes produtos de lavoura, da pecuária (leite e/ou corte) e da floresta, pelo preço de venda do produto, sendo calculada anualmente (Equação 7).

$$RB_{total} = \sum_{i=1}^n (Pi \times Qi) \quad (\text{Equação 7})$$

em que RB_{total} é a receita bruta total do sistema integrado; Pi é o preço unitário de venda do produto i , ($i = 1, 2, n$) (Tabelas 7 e 8); e Qi é quantidade vendida do produto i (Tabelas 7 e 8). A mesma equação é utilizada para cálculo da receita dos componentes lavoura, pecuária e floresta.

O COE do sistema integrado é a somatória do COE de cada componente do sistema integrado (lavoura, pecuária, floresta). O COE associado aos componentes produtivos é a somatória dos custos com as operações agrícolas (quantidade dos fatores de

produção utilizados, como a quantidade de insumos e combustíveis consumidos e mão de obra, multiplicada por seus respectivos preços), custos com as operações realizadas por empreita (valor do serviço contratado), adicionado dos custos com administração (como impostos e taxas, energia elétrica, dentre outros). De forma geral, os custos com administração são comuns a toda a propriedade rural. Por isso, estes custos são rateados pela proporção da área da propriedade com sistemas integrados (expressa em porcentagem). Assim, entende-se que o COE refere-se ao desembolso por hectare realizado pelo produtor para produzir determinada quantidade de produto (Equação 8) (Martin et al., 1998).

$$COE_{total} = \sum_{h=1}^m (Ph \times Qh) \quad (\text{Equação 8})$$

em que COE_{total} é o custo operacional efetivo do sistema integrado; Ph é o preço do item de custo h , ($h = 1, 2, m$) (Tabelas 9, 10 e 11); e Qh é a quantidade do item de custo h (Tabelas 9, 10 e 11).

A MB (Equação 6) é calculada anualmente, para os componentes lavoura, pecuária e floresta, bem como para o sistema integrado total. No entanto, na produção pecuária e arbórea pode haver um estoque de produtos não comercializados dentro do ano. Para complementar a análise econômica, também é estimada a MB adicionada do estoque de ativos (Equação 9) que serão comercializados no futuro (exemplo: madeira em pé e bovinos em engorda).

$$MB_{considerando\ estoque} = MB + Estoque \quad (\text{Equação 9})$$

O estoque total é a soma do estoque de animais e de madeira. O estoque de animais é a diferença entre o número de animais no final do ano agrícola vigente (animais que continuam na propriedade rural para o ano seguinte) e o número de animais no início do ano agrícola vigente (remanescentes do ano anterior). O estoque de madeira é a

produção de madeira anual estimada (não cortada), calculada com base no volume de madeira e na densidade de árvores.

Tabela 7. Produtos para cálculo da receita total dos componentes lavoura e floresta, no ano agrícola vigente.

		Quantidade	Preço
Lavoura no talhão 1 ¹	Unidade	vendida	(R\$/unidade) ²
Lavoura 1 (Tabela 4)	ton	Tabela 4	
Lavoura 2 (Tabela 4)	ton	Tabela 4	
Lavoura 3 (Tabela 4)	ton	Tabela 4	
Lavoura 4 (Tabela 4)	ton	Tabela 4	
Lavoura 5 (Tabela 4)	ton	Tabela 4	
Floresta no talhão 1 ¹		Tipo	
Prod. de madeira de desrama	Tabela 5	m ³	Tabela 5
Prod. de madeira de desbaste	Tabela 5	m ³	Tabela 5
Prod. de madeira de corte final	Tabela 5	m ³	Tabela 5
Outro tipo de produção 1	Tabela 5	kg	Tabela 5
Outro tipo de produção 2	Tabela 5	kg	Tabela 5

¹ Repetir a coleta de informações dos componentes lavoura e floresta para cada talhão e corrigir para a área do talhão, pois nas Tabelas 4 e 5 está por ha. Converter a quantidade informada na Tabela 4 para ton quando necessário.

² Quando a lavoura produzida é utilizada totalmente ou em parte no sistema integrado naquele ano, os preços de venda e de compra (suplementação) devem ser os mesmos, as mudanças são na quantidade. Supõe-se que o produtor vendeu pra ele mesmo.

Tabela 8. Produtos e itens de custo para cálculo da margem bruta do componente pecuária, para o sistema integrado total, no ano agrícola vigente.

Pecuária leiteira		Quantidade vendida (L)			Preço (R\$/L)		
Leite ¹							
Pec. corte	nº de cabeças				Peso	Rendimento	Preço
Categoria animal ¹	início ano	compra animais	venda animais	fim ano	médio (kg/cab)	carcaça (%)	(R\$/cab / R\$/@)
Categoria 1						-	
Categoria 2						-	
Categoria 3						-	
Categoria 4						-	
Categoria 5						-	
Categoria 6						-	
Categoria 7						-	
Categoria 8						-	
Categoria 9						-	
Categoria 10						-	
Categoria 11							
Categoria 12							
Categoria 13							
Categoria 14							
Categoria 15							

¹ A quantidade de leite e o número de cabeças já são informados para área total do sistema integrado.

² Número de cabeças é a unidade para categorias como, por exemplo, bezerros/as desmamados, novilhas, matrizes, touros, novilhos sobreano, bois magros, etc. A unidade para bois gordos e vacas gordas é @ e, nessas categorias deve ser preenchido o rendimento de carcaça. No preenchimento do número de cabeças, lembrar que os animais mudam de categoria do início para o fim do ano agrícola, de acordo com o peso. Por exemplo: 80 novilhas no início do ano agrícola se transformarão em 80 matrizes no fim do ano agrícola. As categorias animais de 1 a 10 são destinadas ao preenchimento por cabeça e as categorias 11 a 15 ao preenchimento por arroba.

Tabela 9. Itens de custos específicos da Administração da propriedade, no ano agrícola vigente.

Itens de custos totais da propriedade		Quantidade	Preço
Mão de obra permanente	Unidade	utilizada ¹	(R\$/ unidade)
Empregado 1	mês		
Empregado 2	mês		
Empregado 3	mês		
Empregado 4	mês		
Empregado 5	mês		
Energia e combustível			
Óleo diesel	L		
Gasolina	L		
Óleo lubrificante	L		
Filtros e graxas	R\$	1	
Energia elétrica	R\$	1	
Impostos e taxas			
ITR (Imposto Territorial Rural)	R\$	1	
Encargos sociais (52%)	R\$	1	²
Taxas em geral	R\$	1	
Despesas de comunicação	R\$	1	
Despesas de marketing	R\$	1	
Assistência contábil	R\$	1	
Reparos e manutenção			
Benfeitorias e infraestrutura	R\$	1	
Máquinas e equipamentos	R\$	1	
Outros custos totais			
Outros custos totais 1	R\$	1	
Outros custos totais 2	R\$	1	
COE total Administração	R\$	-	
nº de componentes do sistema ³	-	-	
Rateio custos Administração ⁴	R\$	-	

¹ Valores multiplicados pela proporção da área com sistemas integrados em relação a área útil da propriedade.

² Preço unitário dos encargos trabalhistas e sociais (52%) = $0,52 * \sum$ mão de obra permanente mensal.

³ Nº de componentes do sistema integrado = 2 para ILP, ILF, IPF e 3 para ILPF.

⁴ Rateio do COE Administração = COE total Administração / nº de componentes do sistema integrado.

Tabela 10. Planilha de itens de custos específicos da Administração da propriedade, no ano agrícola vigente.

Custos exclusivos por componente		Lavoura		Pecuária		Floresta			
Un.	Quant. (un.)	Área (ha)	Preço (R\$/un.)	Quant. (un.)	Área (ha)	Preço (R\$/un.)	Quant. (un.)	Área (ha)	Preço (R\$/un.)
Mão de obra volante¹									
Assistência técnica									
Diarista 1	dia								
Diarista 2	dia								
Mão de obra volante	hora								
serv. terceirizado 1									
serv. terceirizado 2									
serv. terceirizado 3									
Corretivos/adubos²									
Corretivo 1	ton/ha								
Corretivo 2	ton/ha								
Adubo 1	ton/ha								
Adubo 2	ton/ha								
Adubo 3	ton/ha								
Adubo 4	ton/ha								
Defensivos ²									
Fungicidas	un./ha								
Herbicidas	un./ha								
Inseticidas	un./ha								
Formicidas	un./ha								
Outro 1	un./ha								
Outro 2	un./ha								
Sementes e mudas²									
Sementes 1	un./ha								
Sementes 2	un./ha								
Gel	un./ha								
Mudas iniciais	un./ha								
Mudas para replantio	un./ha								
Atelo custos Adm.	R\$	1		Tabela 9	1		Tabela 9	1	Tabela 9

¹ As quantidades são informadas para área total do componente do sistema integrado. Adicionar linhas, se necessário.

² As quantidades são informadas por ha do componente do sistema integrado. Nesses casos, também é informada a área aplicada (ha). Para os itens "defensivos" e "Sementes e mudas" pode ser inserido o valor total gasto, caso o produtor tenha essa informação consolidada. No entanto, para o item "adubos" precisa ser especificado o tipo, quantidade, área e valor unitário, em função do indicador BN.

Tabela 11. Planilha de itens de custo específicos exclusivos da pecuária para o sistema integrado total, no ano agrícola vigente.

Suplementação	Unidade	Quantidade utilizada ¹	Preço (R\$/unidade) ²
Suplemento 1	kg		
Suplemento 2	kg		
Suplemento 3	kg		
Suplemento 4	kg		
Suplemento 5	kg		
Sanidade e inseminação			
Vermífugo			
Carrapaticida			
Vacina aftosa			
Outras vacinas			
Vitaminas			
Antibióticos			
Medicamentos 1			
Medicamentos 2			
Sêmen	dose		
Protocolo IATF	dose		
Material inseminação			

¹ As quantidades são informadas para área total do sistema integrado.

² Quando a lavoura produzida é utilizada totalmente ou em parte no sistema integrado naquele ano, os preços de venda e de compra (suplementação) devem ser os mesmos, as mudanças são na quantidade. Supõe-se que o produtor vendeu pra ele mesmo.

Para o item “Sanidade e inseminação” pode ser inserido o valor total gasto, caso o produtor tenha essa informação consolidada. No entanto, para o item “Suplementação” precisa ser especificado o tipo, quantidade consumida, e valor unitário, em função do indicador BN.

Bem-estar animal (BEA)

O indicador de BEA é baseado no modelo dos “Cinco Domínios” do bem-estar animal, proposto por Mellor e Reid (1994), que contempla os estados físico-funcionais e afetivos do animal (Nutrição, Ambiente, Saúde, Mental e Comportamento). Mellor (2016) define cinco liberdades e suas disposições para promover o bem-estar dos animais, a saber: 1) Livre de sede, fome e desnutrição (ao fornecer acesso regular à água fresca e a dieta suficiente para manter plena saúde e vigor); 2) Livre de desconforto e exposição (ao fornecer um

ambiente apropriado de criação, incluindo abrigo e área de descanso confortável); 3) Livre de dor, ferimentos e doenças (por prevenção ou diagnóstico e tratamento rápidos e eficazes); 4) Livre do medo e da angústia (ao garantir condições e tratamentos que evitem sofrimento mental); e 5) Livre para expressar comportamento normal (ao fornecer espaço suficiente, instalações adequadas e companhia da própria espécie do animal).

O cálculo do indicador de BEA (Equação 10) é adaptado da metodologia proposta por Oliveira et al. (2019), considerando como dados de entrada (DEi) perguntas de percepção do produtor sobre as cinco liberdades do BEA (Mellor, 2016).

$$BEA = \frac{\sum \text{pontos obtidos dos DEi (i = 1 a 5)}}{5} \quad (\text{Equação 10})$$

em que *BEA* é a avaliação do bem-estar animal; DEi são os dados de entrada relacionados à percepção do produtor/técnico (no dia da visita/monitoramento) sobre a nutrição, o ambiente, a saúde, o sofrimento mental e o comportamento dos animais (Tabela 12); e o denominador da equação equivale ao número de perguntas.

A percepção sobre o ambiente, a saúde, o sofrimento mental e o comportamento animal é avaliada por meio de escala de cinco pontos, em que a nota um reflete a pior condição e a nota cinco a melhor condição. O domínio referente à nutrição dos animais baseia-se na avaliação do escore de condição corporal (ECC), em uma escala de um a cinco conforme proposto por Machado et al. (2008). Na interpretação do indicador BEA, o valor mais próximo de cinco significa que existem menos fatores a serem melhorados e, quanto mais próximo de um, indica que existem mais pontos para serem melhorados (os que obtiveram menor nota de percepção).

O ECC, utilizado no indicador de bem-estar (Tabela 12, DE1), estima o estado nutricional dos animais por intermédio da avaliação visual e/ou tátil, sendo um método rápido, prático e barato para auxiliar na indicação de práticas a serem adotadas no manejo nutricional e

Tabela 12. Percepção do produtor sobre o BEA no sistema integrado total, no ano agrícola vigente.

Nutrição (livre de sede, fome e desnutrição): DE1) No ano avaliado, os animais no sistema integrado apresentaram o escore de condição corporal (ECC)... (nota geral do rebanho)				
1	2	3	4	5
Caquéticos, muito magros devido à falta de acesso a água fresca e a uma dieta para manter plena saúde e vigor.				Boa condição corporal com escore de 3,5 a 4, considerando a escala ECC de 1 a 5.*
Ambiente (livre de desconforto e exposição): DE2) No ano avaliado, os animais no sistema integrado se mostraram...				
1	2	3	4	5
Desconfortáveis, inquietos, ofegantes devido ao ambiente inadequado, falta de abrigo e de área de descanso confortável.				Confortáveis, tranquilos, com respiração regular devido ao ambiente apropriado, com abrigo e área de descanso confortável.
Saúde (livre de dor, ferimentos e doenças): DE3) No ano avaliado, os animais no sistema integrado apresentaram...				
1	2	3	4	5
Muitos ferimentos ou sinal de muita dor devido à falta de prevenção ou diagnóstico e tratamento rápidos.				Nenhum ferimento ou nenhuma dor.
Sofrimento mental (livre do medo e da angústia): DE4) No ano avaliado, os animais no sistema integrado se mostraram...				
1	2	3	4	5
Com muito medo, angústia, apáticos devido a manejo agressivo.				Tranquilos, sem sinais de medo devido ao manejo humanizado.
Comportamento (livre para expressar comportamento normal): DE5) No ano avaliado, os animais no sistema integrado se mostraram...				
1	2	3	4	5
Arredios devido à falta de espaço e companhia da própria espécie.				Comportamento Normal

Nota. * Para animais de engorda, o ECC desejado varia de 3,5 a 4, enquanto que para vacas de cria o ECC desejado varia de 3 a 3,5, considerando a escala de 1 a 5.

reprodutivo do rebanho (Machado et al., 2008 e Fernandes et al., 2016). Fernandes et al. (2016), em revisão bibliográfica sobre o tema, citaram que escores intermediários em ruminantes refletem o equilíbrio metabólico, independente da metodologia empregada para a mensuração. Os autores comentam ainda que a facilidade e o baixo custo de implementação permitem que o ECC seja monitorado em diferentes fases do ciclo produtivo.

As notas são dadas aos ruminantes (independente da espécie) de acordo com a quantidade de gordura e de músculos em determinadas regiões do corpo, associadas a marcos anatômicos específicos e que escores extremos (superior ou inferior) são usualmente indesejáveis em qualquer escala e em qualquer espécie animal avaliada (Machado et al., 2008).

Para os bovinos leiteiros, adequada condição corporal ao parto e perdas controladas de ECC imediatamente após o parto, bem como durante a lactação, são pontos essenciais para otimizar a produção de leite e o sucesso reprodutivo subsequente (Fernandes et al., 2016). Os autores explicam que a alta demanda energética para produção de leite (do início ao pico da lactação) faz com que as vacas mobilizem reservas corporais, diminuindo o ECC. A ingestão de matéria seca (após o pico de lactação) supre a necessidade energética para as atividades de manutenção e produção de leite, determinando a recuperação do ECC.

Em gado de corte, avaliações no início da estação de monta, à desmama e ao parto são necessárias porque a manutenção do ECC adequado antes, durante e depois da estação de monta pode ser crítica para a taxa de prenhez, à manutenção da gestação e ao bom desenvolvimento do bezerro (Fernandes et al., 2016). Santos et al. (2009), em estudo com vacas de cria no Pantanal, encontraram que a avaliação do ECC pré-parto (60-90 dias antes do período de parição) é um bom indicador de parição na estação de nascimento subsequente e que a avaliação pós-parto (pico da lactação e período reprodutivo) com o diagnóstico de gestação é a prática adequada para a realização de venda de vacas gordas para descarte. Em Minas Gerais, Lima

et al. (2004a) avaliaram a relação existente entre a condição corporal e o rendimento de carcaça e cortes do traseiro de vacas classificadas em três grupos genéticos (azebuadas, holandesadas e mestiças). Os autores verificaram que vacas holandesadas necessitam de estratégias para melhorar sua condição corporal antes do descarte, mais do que vacas azebuadas ou mestiças. A melhora da condição corporal estava positivamente associada a qualidade da carne e a rentabilidade para o produtor

Santos et al. (2015) descreveram a avaliação do ECC de bezerros ao desmame e sobreano para compor o Índice de Manejo e Bem-Estar do Rebanho para o programa denominado “Fazenda Pantaneira Sustentável”. A avaliação é feita seguindo uma escala de 1 a 5 definida por Wattiaux (1995) e detalhada em Santos et al. (2015).

Em pequenos ruminantes, as épocas para avaliação do ECC são basicamente as mesmas de bovinos, dependendo do propósito da criação (Fernandes et al., 2016). O ECC para ovinos varia de um a cinco e se baseia na sensibilidade da palpação à deposição de gordura e à musculatura nas vértebras sendo que ECC igual a um representa condição corporal ruim (apófises espinhosas e transversas facilmente sentidas na palpação) e ECC igual a cinco indica deposição excessiva de gordura (impedindo a palpação das apófises) (Machado et al., 2008). O ECC em ovinos é avaliado tocando-se com as mãos abertas na região lombar sobre os ossos do quadril para sentir o grau de muscularidade e a deposição de gordura na região, composta pelos processos espinhoso e transversos da coluna vertebral (Silva, 2005).

As descrições detalhadas das características a serem consideradas na avaliação do ECC de um a cinco pontos são encontradas na publicação de Machado et al. (2008) para bovinos leiteiros, de corte e caprinos, e Santos et al. (2015) para bezerros ao desmame e sobreano.

Balanço de nitrogênio (BN)

A medida do balanço de nitrogênio em nível de propriedade rural visa verificar se a quantidade do nutriente fornecida ao sistema de produção é adequada à demanda. É um indicador que auxilia na gestão da produção e do risco ambiental e está alinhado às métricas e protocolos internacionais.

Solo, planta e animal são os três principais reservatórios de nitrogênio (N) em um agrossistema, sendo que cada um deles possui mecanismos para ganhos (entradas) e perdas (saídas) do nutriente (Wetselaar; Ganry, 1982). De acordo com os autores, as entradas de N pelo solo englobam a deposição úmida (chuva, por exemplo), água (irrigação, escoamento, águas subterrâneas), fixação de N_2 , fertilizantes nitrogenados, retorno por meio de resíduos de plantas e animais (em decomposição); Por sua vez, as saídas pelo solo, consideram: escoamento, lixiviação, perdas gasosas (volatilização da NH_3 ; desnitrificação) e erosão pelo vento (Wetselaar; Ganry, 1982).

As entradas pelas plantas ocorrem pela absorção do nutriente pelas raízes principalmente através do fornecimento de fertilizantes nitrogenados e pela fixação biológica de N (FBN). As saídas são relacionadas à remoção pela colheita das culturas (grãos, silagem e pastejo no caso de forrageiras), lixiviação e perdas gasosas por volatilização. Nos animais, as entradas ocorrem em função do pastejo (uma vez que o elemento encontra-se mesmo em forragens) e suplementação alimentar, e as saídas ocorrem pelo retorno ao solo via fezes e urina, extração em produto animal (leite, carne, lã) e perdas de NH_3 por eructação (Wetselaar; Ganry, 1982).

Com o intuito de viabilizar o cálculo deste indicador em situações reais de propriedades rurais, optou-se por uma simplificação da estimativa do BN. Neste protocolo, a entrada no sistema integrado é a somatória do N fornecido por meio de fertilizantes, FBN, da suplementação alimentar e do peso de entrada dos bovinos e a saída é a somatória de N extraído pela produção de cada componente (Tabela 13).

Tabela 13. Saídas e entradas para o cálculo do BN no sistema integrado, no ano agrícola vigente.

	Entradas	Saídas (produtos)
Lavoura	Adubação e fixação biológica de nitrogênio	Produção das lavouras
Pecuária	Adubação, suplementação alimentar e peso dos animais comprados	Produção de leite e peso dos animais vendidos
Floresta	Adubação	Produção de madeira de desrama, de desbaste e de corte final (para produção de madeira) e produção vendida (para outros tipos de produção arbórea)

Dessa forma, o BN (Equação 11) é calculado de acordo com Godinot et al. (2014), como a diferença entre o N nas entradas e saídas. Esse indicador é calculado anualmente, para os componentes lavoura, pecuária e floresta, bem como para o sistema integrado total. Também é calculado o BN considerando o estoque (Equação 12) de animais e de madeira, pois são componentes que possuem ciclo de produção maior do que um ano.

$$BN_{total} = \sum_{i=1}^n (P_i \times Q_i) - \sum_{h=1}^m (P_h \times Q_h) \quad (\text{Equação 11})$$

$$BN_{considerando\ estoque} = BN_{total} + Estoque \quad (\text{Equação 12})$$

em que BN é o balanço de nitrogênio; P_i é o teor de N, em kg/kg estimado nas entradas i , ($i = 1, 2, n$) (Tabelas 14 e 15); Q_i é a quantidade utilizada, em kg das entradas i (Tabelas 15 e 18); P_h é o teor de N estimado, em kg/kg, nos produtos extraídos (Tabela 16); h , ($h = 1, 2, m$); e Q_h é a quantidade, em kg extraída dos produtos h (Tabela 17 e 18).

Para obter a quantidade de madeira em kg, deve-se multiplicar a produção em m³ pelo peso da madeira, por exemplo, por 850 (*Eucalyptus urograndis*) ou 640 (*Eucalyptus grandis*) (Wood Database, 2024)³. Para obter a quantidade de leite em kg, multiplicar o valor em L por 1,03⁴. As mesmas equações são utilizadas para cálculo do BN dos componentes lavoura, pecuária e floresta, de acordo com o Tabela 13.

O estoque é a soma do estoque de animais e de madeira. O estoque de animais é a diferença entre o número de animais no final do ano agrícola vigente (animais que continuam na propriedade rural para o ano seguinte) e o número de animais no início do ano agrícola vigente (remanescentes do ano anterior). O estoque de madeira refere-se à estimativa de madeira em pé no campo, calculada com base no volume de madeira e na densidade de árvores (Equação 4).

O teor de N nos adubos químicos é informado pelo fabricante. No caso dos adubos formulados (NPK), é usado o teor indicado na formulação e para outros perfis de adubos são considerados os valores de 45% na ureia, 20% no sulfato de amônio, 32% no nitrato de amônio, 9% no MAP e 17% no DAP (adaptado de Boaretto et al., 2022; Brasil 2018).

O cálculo das estimativas dos teores de N nos suplementos alimentares fornecidos aos animais segue Medeiros e Marino (2015a) e Rasmussen et al. (2011). Os valores de proteína bruta (PB) obtidos na literatura científica (Tabela 14) ou fornecidos pelos fabricantes de suplementos comerciais são divididos pelo fator de conversão 6,25.

O teor de N estimado nos produtos extraídos do sistema ILPF (Tabela 16) segue o mesmo cálculo, divide-se os valores de PB obtidos na literatura científica por um fator de conversão. Esses fatores são 6,38 para leite e 6,25 para espécies vegetais (Rasmussen et al., 2011), com exceção de grãos de amendoim que sugere-se 5,46 (Misra, 2001).

³ Wood Database (2024) disponibiliza dados que podem ser adaptados para outros tipos de madeira, caso o usuário tenha interesse.

⁴ Ministério da Indústria e do Comércio - Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - INMETRO - Portaria nº 080 de 12 de maio de 1986 - Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC000067.pdf>

O valor de N nos produtos extraídos também é usado para estimar a FBN, conforme Guareschi et al. (2019). A quantidade de N nos produtos extraídos é multiplicada por 2 para estimar a quantidade de N acumulada pela planta inteira. A estimativa da quantidade de N acumulada na planta inteira multiplicada pela proporção de N fixado de cada cultura refere-se ao valor de FBN (Guareschi et al., 2019)."

Tabela 14. Teor médio de N (g/kg) nos suplementos alimentares de origem vegetal.

Suplementos	Teor N (g/kg) ¹	Referências sugeridas para PB ²
Grãos de milho	17,0	Lima et al. (2003a, 2003b, 2004b), Piovesan et al. (2010)
Silagem de milho (monocultivo)	10,6	Rocha Júnior et al. (2003), Mello & Nörnberg (2004), Pereira et al. (2007), Oliveira et al. (2010), Buso et al. (2018)
Silagem de milho consorciado com capim ³	12,9	Gomes et al. (2021)
Silagem de milho consorciado com guandu e capim ⁴	14,2	Gomes et al. (2021)
Silagem de sorgo	9,9	Rocha Júnior et al. (2000), Neumann et al. (2002), Oliveira et al. (2010), Santin et al. (2020)
Silagem de girassol	16,3	Mello & Nörnberg (2004), Tomich et al. (2004), Possenti et al. (2005), Souza et al. (2005), Oliveira et al. (2010)
Fubá de milho	12,9	Rocha Júnior et al. (2003), Silva et al. (2013), Abreu et al. (2015), Salomão et al. (2015)
Farelo de soja	77,8	Rocha Júnior et al. (2003), Silva et al. (2007), Clarindo et al. (2008), Figueiredo et al. (2008), Silva et al. (2013), Salomão et al. (2015)
Casca de soja	20,6	Rocha Júnior et al. (2003), Salomão et al. (2015)
Farelo de algodão	56,1	Silva Cabral et al. (2000), Rocha Júnior et al. (2003), Figueiredo et al. (2008)
Farelo de trigo	27,4	Silva Cabral et al. (2000), Rocha Júnior et al. (2003), Silva et al. (2013)
Feno de coast cross	16,7	Silva Cabral et al. (2000), Clarindo et al. (2008)
Cana in natura	4,7	Abreu et al. (2015), Salomão et al. (2015)

¹ Nos cálculos (Equação 11), os valores devem ser convertidos para kg/kg.

² As referências são exemplos e não esgotam as possibilidades existentes na literatura. Teores de PB (% na MS).

³ *Brachiaria* cv. Marandu/Convert HD364

⁴ *Cajanus cajan* BRS Mandarin e *Brachiaria* cv. Marandu/Convert HD364.

Tabela 15. Quantidade dos adubos para os componentes lavoura, pecuária leiteira e floresta e suplementos fornecidos aos animais, para o sistema integrado total, no ano agrícola vigente.

Custos exclusivos por componente	Lavoura		Pecuária		Floresta	
	Quant. ¹ (kg/ha)	Área (ha)	Teor N (kg/kg) ²	Quant. ¹ (kg/ha)	Área (ha)	Teor N (kg/kg) ²
Corretivos/adubos						
Adubo 1	Tabela 10	Tabela 10		Tabela 10	Tabela 10	Tabela 10
Adubo 2	Tabela 10	Tabela 10		Tabela 10	Tabela 10	Tabela 10
Adubo 3	Tabela 10	Tabela 10		Tabela 10	Tabela 10	Tabela 10
Adubo 4	Tabela 10	Tabela 10		Tabela 10	Tabela 10	Tabela 10
Suplemento						
			Quant. ¹ (kg)		Teor de N (kg/kg) ^{2,3}	
Suplemento 1	-	-	Tabela 11	-	Tabela 14	-
Suplemento 2	-	-	Tabela 11	-	Tabela 14	-
Suplemento 3	-	-	Tabela 11	-	Tabela 14	-
Suplemento 4	-	-	Tabela 11	-	Tabela 14	-
Suplemento 5	-	-	Tabela 11	-	Tabela 14	-

¹ As quantidades de adubos são informadas por ha do componente do sistema integrado. Nesse caso, também é informada a área aplicada (ha).
As quantidades de suplemento são informadas para área total do componente do sistema integrado.

² Nos cálculos (Equação 12), os valores devem ser convertidos para kg/kg.

³ O teor de N nos suplementos de origem vegetal está apresentado na Tabela 14. O teor de N nos suplementos comerciais, é o quociente entre os valores de PB pelo fator de conversão de 6,25 (Medeiros; Marino, 2015a). Quando é conhecida somente a quantidade de ureia no suplemento, multiplica-se por 2,8 (Medeiros; Marino, 2015b) para obter o teor de PB. Os teores de PB ou ureia podem ser obtidos no site do fabricante.

Tabela 16. Teor médio de N (g/kg) nos produtos extraídos ou comercializados.

Produtos extraídos	Teor N (g/kg) ¹	Referências sugeridas para PB ²
Grãos de soja (plantio convencional)	56,9	Gonçalves et al. (2014), Pípolo et al. (2015), Santos (2021)
Grãos de soja (plantio direto)	61,5	Pípolo et al. (2015)
Grãos de milho	17,0	Lima et al. (2003a, 2003b, 2004b), Piovesan et al. (2010)
Sorgo (Planta inteira, monocultivo)	12,1	Moraes et al. (2013), Rocha Junior et al. (2000)
Grãos de amendoim	45,6	Lopes (2012), Lozano (2016)
Mandioca (raízes)	3,3	Dantas et al. (2010), Carréra et al. (2014), Oliveira et al. (2015)
Milho em monocultivo	12,8	Buso et al. (2018), Moraes et al. (2013)
Milho consorciado com capim ³	20,4	Gomes et al. (2021)
Milho consorciado com guandu e capim ⁴	21,1	Gomes et al. (2021)
Guandu consorciado com capim ⁵	19,6	Matta et al. (2024)
Madeira de eucalipto	1,7 (Foelkel, 2005)	-
Leite	5,18	Ribas et al. (2004), Botaro et al. (2011), Bondan et al. (2015), Poncheki et al. (2015)
Peso vivo bovino	25 g /kg de PV final (Novelli et al., 2023)	-

¹ Nos cálculos (Equação 11), os valores devem ser convertidos para kg/kg.
² As referências são exemplos e não esgotam as possibilidades existentes na literatura. Teores de PB (% na MS).
³ *Brachiaria* cv. Marandu/Convert HD364
⁴ *Cajanus cajan* BRS Mandarin e *Brachiaria* cv. Marandu/Convert HD364.
⁵ *Cajanus cajan* BRS Mandarin e *Brachiaria decumbens*.

Tabela 17. Produtos comercializados dos componentes lavoura e floresta, para o sistema integrado total (somando os talhões) e no ano agrícola vigente.

Lavoura no talhão 1 ¹	Quantidade extraída (kg)	Teor de N (kg/kg) ²
Lavoura 1	Tabela 7	Tabela 16
Lavoura 2	Tabela 7	Tabela 16
Lavoura 3	Tabela 7	Tabela 16
Lavoura 4	Tabela 7	Tabela 16
Lavoura 5	Tabela 7	Tabela 16
Floresta no talhão 1¹		
Prod. de madeira de desrama	Tabela 7	Tabela 16
Prod. de madeira de desbaste	Tabela 7	Tabela 16
Prod. de madeira anual estimada	Tabela 7	Tabela 16
Prod. de madeira de corte final	Tabela 7	Tabela 16

¹ Repetir a coleta de informações para cada talhão.
² Nos cálculos (Equação 12), os valores devem ser convertidos para kg/kg.

Tabela 18. Produtos comercializados do componente pecuária (leiteira ou de corte), para o sistema integrado total, no ano agrícola vigente.

Pecuária leiteira		Quantidade vendida (L)			Teor de N (kg/kg) ¹			
Leite		Tabela 8			Tabela 19			
Pec. corte		nº de cabeças			Peso		Teor	
Categoria animal ²		início ano	compra animais	venda animais	fim ano	médio (kg/cab)	de N (kg/kg)	
Cat. 1 (Tabela 8)	(Tabela 8)	(Tabela 8)	(Tabela 8)	(Tabela 8)	(Tabela 8)	(Tabela 8)	Tabela 16	
Cat. 2 (Tabela 8)	(Tabela 8)	(Tabela 8)	(Tabela 8)	(Tabela 8)	(Tabela 8)	(Tabela 8)	Tabela 16	
Cat. 3 (Tabela 8)	(Tabela 8)	(Tabela 8)	(Tabela 8)	(Tabela 8)	(Tabela 8)	(Tabela 8)	Tabela 16	
Cat. 4 (Tabela 8)	(Tabela 8)	(Tabela 8)	(Tabela 8)	(Tabela 8)	(Tabela 8)	(Tabela 8)	Tabela 16	
Cat. 5 (Tabela 8)	(Tabela 8)	(Tabela 8)	(Tabela 8)	(Tabela 8)	(Tabela 8)	(Tabela 8)	Tabela 16	
Cat. 6 (Tabela 8)	(Tabela 8)	(Tabela 8)	(Tabela 8)	(Tabela 8)	(Tabela 8)	(Tabela 8)	Tabela 16	
Cat. 7 (Tabela 8)	(Tabela 8)	(Tabela 8)	(Tabela 8)	(Tabela 8)	(Tabela 8)	(Tabela 8)	Tabela 16	
Cat. 8 (Tabela 8)	(Tabela 8)	(Tabela 8)	(Tabela 8)	(Tabela 8)	(Tabela 8)	(Tabela 8)	Tabela 16	
Cat. 9 (Tabela 8)	(Tabela 8)	(Tabela 8)	(Tabela 8)	(Tabela 8)	(Tabela 8)	(Tabela 8)	Tabela 16	
Cat. 10 (Tabela 8)	(Tabela 8)	(Tabela 8)	(Tabela 8)	(Tabela 8)	(Tabela 8)	(Tabela 8)	Tabela 16	
Cat. 11 (Tabela 8)	(Tabela 8)	(Tabela 8)	(Tabela 8)	(Tabela 8)	(Tabela 8)	(Tabela 8)	Tabela 16	
Cat. 12 (Tabela 8)	(Tabela 8)	(Tabela 8)	(Tabela 8)	(Tabela 8)	(Tabela 8)	(Tabela 8)	Tabela 16	
Cat. 13 (Tabela 8)	(Tabela 8)	(Tabela 8)	(Tabela 8)	(Tabela 8)	(Tabela 8)	(Tabela 8)	Tabela 16	
Cat. 14 (Tabela 8)	(Tabela 8)	(Tabela 8)	(Tabela 8)	(Tabela 8)	(Tabela 8)	(Tabela 8)	Tabela 16	
Cat. 15 (Tabela 8)	(Tabela 8)	(Tabela 8)	(Tabela 8)	(Tabela 8)	(Tabela 8)	(Tabela 8)	Tabela 16	

¹ Nos cálculos (Equação 12), os valores devem ser convertidos para kg/kg.

² Número de cabeças é a unidade para categorias como, por exemplo, bezerros/as desmamados, novilhas, matrizes, touros, novilhos sobreano, bois magros, etc. A unidade para bois gordos e vacas gordas é @ e, nessas categorias deve ser preenchido o rendimento de carcaça. No preenchimento do número de cabeças, lembrar que os animais mudam de categoria do início para o fim do ano agrícola, de acordo com o peso. Por exemplo: 80 novilhas no início do ano agrícola se transformarão em 80 matrizes no fim do ano agrícola. As categorias animais de 1 a 10 são destinadas ao preenchimento por cabeça e as categorias 11 a 15 ao preenchimento por arroba.

O balanço de nutrientes, neste caso o balanço de nitrogênio (BN), é um indicador simplificado da sustentabilidade do sistema integrado. Como descrito anteriormente, este indicador é uma estimativa da diferença entre os nutrientes aportados ao sistema e aqueles extraídos pela colheita e venda de produtos. O cálculo de perdas por lixiviação, excrementos, entre outros, é complexo e está fora do escopo desse documento¹. Como ferramenta analítica, o BN permite verificar se as práticas de manejo estão suprimindo a demanda nutricional das culturas

¹ Versões futuras desse documento e da planilha parametrizada podem contemplar outros cálculos.

e criações do sistema integrado ou se o sistema está operando com base na exaustão do solo, o que sinaliza riscos à fertilidade futura. Espera-se que o balanço de N seja próximo do neutro em sistemas sustentáveis e levemente positivo nos sistemas onde são considerados os estoques de produtos. Guareschi et al. (2019) avaliaram o balanço de N nos países da América Latina e Caribe e observaram que, no balanço positivo ou próximo da neutralidade, a quantidade de N aportada via fertilizante nitrogenado e FBN foram suficientes para repor a quantidade extraída pelos produtos colhidos. Por outro lado, no balanço negativo as plantas supriram suas necessidades de N retirando do estoque no solo, o que pode acarretar, em longo prazo, diminuição da matéria orgânica do solo (Guareschi et al., 2019).

Multifuncionalidade (MULTI)

Os sistemas alimentares sustentáveis baseiam-se no fornecimento de alimentos e outros bens e serviços aos seres humanos, potencialmente satisfazendo a segurança alimentar, o direito à alimentação, a rentabilidade, a justiça social e a resiliência, sem prejudicar a saúde humana e o meio ambiente (Augstburger et al. 2018). Esses autores propuseram o método da capacidade de serviços agro-ecossistêmicos, também denominados serviços ambientais (Parron et al. 2015), para avaliar a capacidade de propriedades rurais em prover esses serviços/funções. Nesta abordagem, considera-se a capacidade de uso da terra em fornecer esses serviços em relação às características biofísicas e aos aspectos antropogênicos, tais como decisões de gestão. Mudanças no uso e cobertura da terra podem alterar o fluxo desses serviços, resultando em impactos econômicos geralmente não previstos, como o fornecimento de água potável e o controle da erosão do solo (Parron et al. 2015). Manning et al. (2018) complementaram essa abordagem ao considerar que o funcionamento do ecossistema é multidimensional. As medidas de MULTI indicam a capacidade de um ecossistema em fornecer múltiplas funções ou serviços de forma simultânea.

A quantificação, o mapeamento e a avaliação de múltiplos serviços ambientais podem subsidiar as políticas com foco conservacionista

e de ordenamento territorial e reduzir o risco de impactos negativos não previstos (Parron et al. 2015). Assim, serviços de provisão são produtos obtidos e oferecidos diretamente à sociedade (ex: alimentos, fibras naturais, madeira, biocombustíveis, entre outros), serviços de regulação englobam os benefícios obtidos pela sociedade a partir da regulação natural dos processos ecossistêmicos (ex: manutenção da qualidade do ar, controle da poluição, regulação do clima, entre outros) e serviços de suporte propiciam as condições necessárias para que os demais serviços possam ser disponibilizados à sociedade (ex: formação e manutenção da fertilidade do solo, ciclagem de nutrientes, diversidade biológica, entre outros).

O indicador MULTI dos sistemas integrados avalia os serviços ambientais (SA) baseados nos serviços apresentados por Augstburger et al. (2018) e os cálculos propostos por Sturck e Verburg (2017) e Manning et al. (2018), de acordo com os seguintes passos:

Passo 1 - Elencar os serviços ambientais importantes (Tabela 19) e definir o grau de importância (peso) de cada serviço ambiental por meio da relação entre a oferta do serviço (capacidade para fornecer o serviço) e o benefício que este proporciona aos seres humanos (relação oferta-benefício). Nesse protocolo, os pesos atribuídos seguem a proposição de Daelemans et al. (2023), sendo 60% para serviços de provisão (produção) e 40% para os serviços de regulação e suporte. As ponderações das partes interessadas devem somar 1 para que as métricas sejam comparáveis. Os serviços de provisão são as produções de lavouras, leite, madeira, outras produções arbóreas e a lotação animal. Os serviços de regulação e suporte são: estabelecimento da cultura/pastagem, estresse da pastagem durante a seca, suscetibilidade do solo à erosão, alagamento de superfície, cobertura viva da área com plantas anuais, cobertura viva da área com pastagens, teor de matéria orgânica do solo, distribuição de excretas nas pastagens, presença de serrapilheira, presença de macrofauna do solo.

Passo 2 - Mensurar a oferta dos serviços de provisão (Tabela 19) para cada talhão e corrigir para a área de sistemas integrados (Equação 13).

$$SA \text{ obs. provisão} = \frac{(\text{produção do SA obs.} \times \text{área talhão})}{\text{área integrada total}} \quad (\text{Equação 13})$$

em que *SA obs. provisão* é o serviço ambiental de provisão observado. *Produção do SA obs.* é a produção observada no talhão, em kg/ha para lavouras, em UA/ha para pecuária de corte, em m³/ha para madeira; em kg/ha para outras produções arbóreas, multiplicada pela área do talhão em ha. A produção observada do leite é expressa em Litros total. As produções são divididas pela área integrada total (em ha).

Passo 3 - Definir valores máximos e mínimos observados para os serviços de provisão no sistema integrado (*SA max* e *SA min*) e dividir pela área do sistema integrado (Equação 13).

Passo 4 - Mensurar o *SA obs. dos serviços de regulação e suporte* por meio da percepção do produtor em relação a afirmativas elaboradas para verificar sinais de erosão e da regulação da água no ambiente (6 afirmativas - DE1 a DE6) e sinais de fertilidade do solo (4 afirmativas - DE7 a DE10). A percepção é medida por meio de uma escala de 5 pontos, migrando de uma situação negativa sobre o atributo para um cenário positivo (Tabelas 20 e 21). Vale salientar que, essas avaliações são baseadas em percepção visual pelo produtor rural e técnico, sem amostragens e com as pontuações adaptadas de Shepherd et al. (2008); Shepherd (2010a, b); Souza et al. (2015) e Venegas et al. (1999). Os valores *SA max* e *SA min* possíveis no sistema integrado para esses serviços são, respectivamente, cinco e um.

Passo 5 - Normalizar as medidas para cada tipo de serviço ambiental (*SA norm.*) de modo que possam ser comparadas entre si usando o método “min-max scaling”, com valores que variam entre 0 e 1, conforme a equação 14.

$$SA \text{ norm.} = \frac{SA \text{ obs.} - SA \text{ min}}{SA \text{ max} - SA \text{ min}} \quad (\text{Equação 14})$$

em que *SA norm.* é o valor normalizado do serviço ambiental observado; *SA obs.* é o valor observado no sistema integrado, no ano agrícola vigente; e *SA min* e *SA max* são, respectivamente, os valores mínimos e máximos observados no sistema integrado da propriedade.

Tabela 19. Valores observados (SA obs.) no sistema integrado, no ano agrícola vigente e valores mínimos (SA min) e máximos (SA max) observados no sistema integrado da propriedade.

Serviços de provisão (peso = 0,6)	Especificação	SA obs.	SA min	SA max
Produção de lavoura no talhão 1¹				
Lavoura 1 / 1 ^a safra (kg/ha)	Tabela 4	Tabela 4 ²		
Lavoura 2 / 1 ^a safra (kg/ha)	Tabela 4	Tabela 4 ²		
Lavoura 3 / 1 ^a safra (kg/ha)	Tabela 4	Tabela 4 ²		
Lavoura 4 / 1 ^a safra (kg/ha)	Tabela 4	Tabela 4 ²		
Lavoura 5 / 1 ^a safra (kg/ha)	Tabela 4	Tabela 4 ²		
Lavoura 1 / 2 ^a safra (kg/ha)	Tabela 4	Tabela 4 ²		
Lavoura 2 / 2 ^a safra (kg/ha)	Tabela 4	Tabela 4 ²		
Lavoura 3 / 2 ^a safra (kg/ha)	Tabela 4	Tabela 4 ²		
Lavoura 4 / 2 ^a safra (kg/ha)	Tabela 4	Tabela 4 ²		
Lavoura 5 / 2 ^a safra (kg/ha)	Tabela 4	Tabela 4 ²		
Produção pecuária				
Leite bovino a pasto (L) ³		Tabela 8		
Taxa de lotação talhão 1 (UA/ha)		Tabela 4		
Taxa de lotação talhão 2 (UA/ha)		Tabela 4		
Taxa de lotação talhão 3 (UA/ha)		Tabela 4		
Produção de floresta no talhão 1¹				
Madeira (m ³ /ha) ⁴	Tabela 5	Tabela 5		
Outra produção 1 (kg/ha)	Tabela 5	Tabela 5		
Outra produção 2 (kg/ha)	Tabela 5	Tabela 5		
Serviços de regulação e suporte (peso = 0,4)				
(as respostas para esses serviços devem ser copiadas dos Quadros 23 e 24)				
Sinais de erosão e de regulação de água no ambiente				
Estabelecimento da cultura/pastagem		Tabela 20 (DE1)	1	5
Estresse das pastagens durante a seca		Tabela 20 (DE2)	1	5
Suscetibilidade do solo das pastagens à erosão		Tabela 20 (DE3)	1	5
Alagamento de superfície		Tabela 20 (DE4)	1	5
Cobertura viva da área para plantas anuais		Tabela 20 (DE5)	1	5
Cobertura viva da área de pastagens		Tabela 20 (DE6)	1	5
Sinais de fertilidade do solo				
Teor de matéria orgânica do solo no sistema		Tabela 21 (DE7)	1	5
Distribuição de excretas nas pastagens		Tabela 21 (DE8)	1	5
Presença de serrapilheira		Tabela 21 (DE9)	1	5
Presença de macrofauna do solo		Tabela 21 (DE10)	1	5

¹ Repetir a produção de lavoura e floresta para os outros talhões.

² Converter os valores da Tabela 4 para kg/ha

³ A produção de leite é informada para a área total de sistemas integrados.

⁴ A produção de madeira é a produção estimada somada ao desbaste.

Tabela 20. Percepção do produtor/técnico sobre os sinais de erosão e regulação de água no sistema integrado (SA obs.), no ano agrícola vigente.

DE1) No ano avaliado, o estabelecimento da cultura ou pastagem no sistema integrado foi...				
1	2	3	4	5
Muito ruim, com grande nº de falhas na germinação e grande variação na altura das plântulas, emergência lenta, recuperação muito limitada.	Ruim, com nº significante de falhas na germinação, variação significante na altura das plântulas, emergência e recuperação lentas.	Moderado, nº mediano de falhas na germinação, pouca variação na altura das plântulas, emergência moderadamente lenta, mas recupera um pouco.	Bom, com poucas falhas na germinação, pouca variação na altura das plântulas, emergência quase normal.	Muito bom, sem falhas na germinação, altura das plântulas uniforme, emergência normal, boa colheita.
DE2) Durante a seca do ano avaliado, as pastagens do sistema integrado permaneceram...				
1	2	3	4	5
Secas, com crescimento paralisado e morte durante seca prolongada, a recuperação foi lenta após as primeiras chuvas.	Secas, na maioria, com poucas partes verdes, produção de matéria seca muito baixa, quase paralisada, a recuperação ocorreu um pouco depois das primeiras chuvas.	Com algumas partes secas, embora partes verdes fossem muito presentes, produção de matéria seca baixa, a recuperação ocorreu um pouco atrasada após as primeiras chuvas.	Relativamente verdes, com média produção de matéria seca, mas com recuperação rápida logo após as primeiras chuvas.	Relativamente verdes, mantendo a produção de matéria seca.
DE3) No ano avaliado, a suscetibilidade das pastagens do sistema integrado à erosão foi...				
1	2	3	4	5
Muito alta, com muitos sulcos/valeias que não puderam ser desfeitos, ausência de vegetação na superfície.	Alta, com sulcos/valeias difíceis de serem desfeitos com preparo do solo, alguma vegetação na superfície.	Moderada, com sulcos/ valeias que puderam ser desfeitos com preparo do solo, pouca vegetação na superfície.	Baixa, inexistência de sulcos/valeias, com vegetação na superfície, mas ainda apresentaram solo exposto.	Muito baixa, inexistência de sulcos/valeias, sem solo exposto, com grande quantidade de vegetação na superfície.
DE4) No ano avaliado, após chuvas intensas, em solos que estavam em saturação ou próximos disso, a formação de poças no sistema integrado foi...				
1	2	3	4	5
Muito significativa, ocorrendo por mais de 5 dias para culturas anuais em geral, 7 dias para milho, 4 dias para pastagens.	Significativa, ocorrendo por mais de 4 dias para culturas anuais em geral, 3 dias para milho, 6 dias para pastagens.	Moderada, ocorrendo por mais de 2 a 3 dias para culturas anuais em geral, 2 dias para milho, 3 a 5 dias para pastagens.	Muito pouca, ocorrendo por mais de 1 dia para culturas anuais em geral, 2 dias para milho, 1 a 2 dias para pastagens.	Inexistente, após 1 dia de chuvas intensas.
DE5) No ano avaliado, a cobertura viva da área com culturas anuais no sistema integrado foi...				
1	2	3	4	5
Menor que 20% devido a danos por pisoteio, redução na densidade e vigor.	Entre 20 e 40% baixa densidade e vigor, crescimento esporádico, danificado por pisoteio.	Entre 40 e 60% áreas significativas de solo descoberto, crescimento esporádico e pouco danificado por pisoteio.	Entre 60 e 80% poucas áreas de solo descoberto e sem danos por pisoteio.	Maior que 80% pasto cobrindo toda ou a maior parte da superfície do solo.
DE6) No ano avaliado, a cobertura viva da área de pastagens no sistema integrado foi...				
1	2	3	4	5
Interior a 30%	Entre 30 e 45 %	Entre 45 e 60 %	Entre 60% e 70 %	Superior a 70%

Tabela 21. Percepção do produtor sobre os sinais de fertilidade do solo no sistema integrado (SA obs.), no ano agrícola vigente.

DE7) No ano avaliado, o teor de matéria orgânica do solo no sistema integrado foi ...					
1	2	3	4	5	
Muito baixo, até 7 g/dm³	Baixo, entre 7,1 e 20 g/dm³	Médio, entre 20,1 e 40 g/dm³	Alto, entre 40,1 e 70 g/dm³	Muito alto, maior que 70 g/dm³	
DE8) No ano avaliado, a distribuição de excretas nas pastagens no sistema integrado foi ...					
1	2	3	4	5	
Irregular, concentrada nos cochos e aguadas, pasto amarelado e com crescimento bem diferenciado nestas áreas, podendo ter ocorrido manchas nas folhas.	Irregular, pasto verde bem amarelado e com crescimento diferenciado nestas áreas, podendo ter ocorrido poucas manchas nas folhas.	Mediana, pasto verde, pouco amarelado e com crescimento diferenciado nestas áreas, podendo ter ocorrido poucas manchas nas folhas.	Em quase toda a área de pastejo, pasto verde e com crescimento pouco diferenciado nestas áreas, sem manchas nas folhas.	Uniforme em toda a área de pastejo, com pasto verde escuro e com crescimento uniforme, sem manchas nas folhas.	
DE9) No ano avaliado, a serrapilheira no sistema integrado foi ...					
1	2	3	4	5	
Ausente, sem cobertura morta no solo.	Pouco presente, com decomposição muito lenta e sem incorporação ao solo.	Moderadamente presente, em estágio intermediário de decomposição e incorporação na parte superficial do solo.	Presente, com alguns resíduos bem decompostos e incorporados ao solo.	Muito presente, muito bem decomposta, resíduos em vários estágios de decomposição e excelente incorporação no solo.	
DE10) No ano avaliado, a macrofauna do solo (como minhocas, formigas, gafanhotos, besouros) no sistema integrado foi ...					
1	2	3	4	5	
Ausente, sem indícios (como canais, dejetos e resíduos orgânicos).	Sem presença efetiva, porém já se encontravam indícios.	Pouco presente, com poucos indícios.	Muito presente, com muitos indícios.	Abundante, com fortes indícios de sua presença.	

Passo 6 - Multiplicar cada SA norm. pelo peso do tipo de serviço ambiental (0,6 para serviços de provisão e 0,4 para serviços de regulação/suporte). Os indicadores *MULTI* dos serviços de provisão (Equação 15) e dos serviços de regulação/suporte (Equação 16) são calculados a partir da somatória dos valores ponderados dividida pelo número de serviços. O indicador *MULTI* do sistema integrado é a soma das dos indicadores *MULTI Provisão* e *MULTI regulação/suporte*, variando de 0 a 1. Quanto mais próximo de 1, o sistema integrado está ofertando mais serviços/funções ambientais. Portanto, quando comparar os sistemas integrados, é importante considerar a avaliação do mesmo número de serviços.

$$MULTI \text{ dos serviços de provisão} = \frac{\sum (SA \text{ norm.} \times 0,6)}{\text{número de serviços observados}} \quad (\text{Equação 15})$$

$$MULTI \text{ dos serviços de regulação e suporte} = \frac{\sum (SA \text{ norm.} \times 0,4)}{\text{número de serviços observados}} \quad (\text{Equação 16})$$

Percepção social do trabalho (PST)

Os benefícios sociais dos sistemas integrados incluem a adaptabilidade para pequenos, médios e grandes produtores, a flexibilidade e adaptabilidade para diferentes realidades, a geração de empregos diretos e indiretos, o estímulo à qualificação profissional e ao estudo, a redução da desigualdade social e da sazonalidade do uso de mão de obra (Rede ILPF, 2022). Dentro disso, o indicador PST avalia o efeito do sistema integrado em atributos relacionados à geração de empregos, à exigência de habilidades e à qualificação dos colaboradores, ao estímulo do produtor a buscar novos conhecimentos e à sua jornada de trabalho e/ou da sua família, ao ritmo de trabalho considerando o esforço físico e mental e à rede de relacionamentos profissional.

Mudanças tecnológicas podem ter efeito na quantidade de colaboradores contratados para a atividade rural, seja na geração de

novos postos de trabalho permanentes ou temporários ou na redução da necessidade destas contratações ou de redução da jornada da mão de obra familiar.

Práticas agrícolas não convencionais podem demandar mais trabalho, ao menos nos anos iniciais, do que as convencionais, pois estão associadas à gestão, à rotação de culturas, à pesquisa na propriedade, à diversificação e à redução de insumos químicos. No entanto, elas podem distribuir melhor a mão de obra ao longo do ano (Souza Filho et al., 2011).

Adicionalmente, a adoção de novas técnicas/tecnologias pode implicar na necessidade e construção do conhecimento aplicado pelo produtor, estimulando a busca de informações, participação de evento e realização de treinamentos. Spithoven et al. (2010) enfatizam que as capacidades baseadas em identificar e adquirir; assimilar; combinar, transformar e explorar o conhecimento são essenciais no processo de inovação.

A inserção de novas tecnologias no campo pode tornar a gestão do processo de produção mais complexa. Esta condição pode exigir, além do conhecimento técnico, novas habilidades voltadas para a organização e a gestão das rotinas do trabalho. Em estudo sobre a adoção de sistemas integrados em São Paulo, Vinholis et al. (2020) destacaram que os canais de comunicação mais importantes para produtores que adotam ILP são a assistência técnica prestada pela extensão rural, a participação em eventos técnicos de curta duração (como palestras e dias de campo) e a participação em reuniões das instituições agropecuárias formalmente organizadas (como cooperativas e sindicato rural).

A implementação de novas práticas e sistemas pode alterar o nível de esforço (físico, psíquico e mental) fornecido pelos trabalhadores durante o tempo de trabalho. A intensidade de trabalho está relacionada a fatores como a forma de distribuição do tempo de trabalho, seu grau de flexibilidade, as condições de trabalho que determinam fadiga, a partir da vivência e percepção daquele que suporta a carga de trabalho (Cardoso, 2013), e o nível de esforço

fornecido pelos trabalhadores durante o tempo de trabalho (Jégourel, 2010 citado por Cardoso, 2013).

As atividades de trabalho englobam, pelo menos, os aspectos físico, cognitivo e psíquico, sendo que na dimensão psíquica os distúrbios estão relacionados ao sofrimento e fadiga física, alterações nos ritmos de trabalho, qualidade do sono prejudicada pela distribuição dos trabalhos e sobrecarga cognitiva de trabalho (Wisner, 1994 citado por Cardoso e Gontijo, 2012). Deve-se considerar que esses aspectos estão interligados e podem influenciar na carga de trabalho pois a carga física relaciona-se ao esforço muscular, a carga cognitiva, ao esforço mental e a carga psíquica ao componente afetivo da tarefa (Velázquez et al., 1995 citado por Cardoso e Gontijo, 2012).

A rede de relacionamentos está associada às possibilidades de troca de experiências e acesso a novas informações relacionadas à tecnologia. Este aspecto tem o potencial de aumentar a confiança do produtor rural para tomar decisão e aplicar a tecnologia, lidar com os imprevistos no trabalho e vislumbrar novas oportunidades.

Para cada atributo social do trabalho foi elaborada uma afirmativa, totalizando seis atributos sociais do trabalho estabelecidos (seis dados de entrada, DE). A percepção do produtor é medida por meio de uma escala de 5 pontos/situações, migrando de uma situação de impacto muito negativo sobre o atributo a um cenário de impacto muito positivo (Tabela 22). O indicador PST é calculado por meio da somatória dos pontos obtidos na concordância de cada afirmativa, dividido pelo total de afirmativas, conforme a Equação 18 (adaptado de Oliveira et al., 2019):

$$PST = \frac{\text{pontos obtidos dos DEi (i = 1 a 6)}}{6} \quad (\text{Equação 17})$$

Quanto mais próximo o PST estiver de cinco, significa que naquele ano, o sistema integrado teve efeito positivo em mais aspectos sociais do trabalho.

Tabela 22. Percepção do ponto de vista do produtor em relação ao trabalho no sistema integrado, no ano agrícola vigente.

DE1) No ano avaliado, o número de postos de trabalho em função do sistema integrado ...	1	2	3	4	5
Teve redução intensa, com redução do nº de trabalhadores permanentes, podendo ou não ter reduzido o nº de trabalhadores temporários.	Muito baixa ou nula (a experiência atual foi suficiente).	Baixa (buscou informações na internet/mídias sociais).	Normal (buscou informações na internet/mídias sociais e treinamentos na própria fazenda).	Alta (buscou informações na internet/mídias sociais, treinamentos na própria fazenda, eventos técnicos como dias de campo e treinamentos específicos em cursos de curta duração - 8h a 40h - presencial/online).	Muito alta (buscou informações na internet/mídias sociais, presencialmente com o técnico/outra produtor, em eventos técnicos como dias de campo, em cursos de curta duração - entre 8h e 40h - presencial/online).
DE2) No ano avaliado, a necessidade de qualificação e habilidades dos colaboradores para o trabalho no sistema integrado foi ...	1	2	3	4	5
Muito baixa ou nula (a experiência atual foi suficiente).	Baixa (buscou informações na internet/mídias sociais).	Normal (buscou informações na internet/mídias sociais e treinamentos na própria fazenda).	Alta (buscou informações na internet/mídias sociais, treinamentos na própria fazenda, eventos técnicos como dias de campo e treinamentos específicos em cursos de curta duração - 8h a 40h - presencial/online).	Muito alta (buscou informações na internet/mídias sociais, presencialmente com o técnico/outra produtor, em eventos técnicos como dias de campo, em cursos de curta duração - entre 8h e 40h - presencial/online).	
DE3) No ano avaliado, o meu estímulo a buscar novas informações e a aprender sobre o sistema integrado foi ...	1	2	3	4	5
Muito baixo ou nulo (meu conhecimento foi suficiente para tomar decisões no sistema).	Baixo (busquei informações na internet/mídias sociais).	Normal (busquei informações na internet/mídias sociais e presencialmente com o técnico/outra produtor).	Alto (busquei informações na internet/mídias sociais, presencialmente com o técnico/outra produtor, em eventos técnicos como dias de campo).	Muito alto (busquei informações na internet/mídias sociais, presencialmente com o técnico/outra produtor, em eventos técnicos como dias de campo, em cursos de curta duração - entre 8h e 40h - presencial/online).	
DE4) No ano avaliado, a minha jornada de trabalho (tempo dedicado) e/ou da minha família na propriedade em função do sistema integrado ...	1	2	3	4	5
Aumentou muito	Aumentou	Ficou inalterada	Reduziu	Reduziu muito	
DE5) No ano avaliado, o ritmo de trabalho (esforço físico e mental) em função do sistema integrado foi ...	1	2	3	4	5
Muito alto (aumento significativo do volume e intensidade de trabalho, extremamente exaustivo).	Alto (aumento moderado do volume e intensidade de trabalho, concentrado em algumas tarefas).	Normal (volume e intensidade de trabalho se mantiveram normais).	Baixo (redução moderada do volume e intensidade de trabalho, concentrado em algumas tarefas).	Muito baixo ou nulo (redução significativa do volume e intensidade de trabalho).	
DE6) No ano avaliado, a minha rede de relacionamento profissional devido ao trabalho no sistema integrado ...	1	2	3	4	5
Reduziu a minha interação na minha rede existente e perdi várias conexões pela falta de interação ou mudanças na rotina.	Reduziu minha interação com outros produtores, técnicos, outros profissionais e grupos virtuais já existentes.	Ficou inalterado (mantive-me inalterado, tanto o nº de conexões como a minha interação na rede).	Aumentou a minha interação com outros produtores, técnicos, outros profissionais da agropecuária e grupos virtuais, em conexões já existentes.	Aumentou o nº de novas conexões e a interação com outros produtores, técnicos, outros profissionais da agropecuária e grupos virtuais.	

Percepção dos riscos (PR)

Os riscos associados à produção no sistema integrado são avaliados por meio da percepção dos produtores sobre distribuição e obtenção da renda e riscos envolvendo variações climáticas bruscas, ocorrência de pragas e/ou doenças e uso de insumos externos (Tabela 23).

Segurança, estabilidade, distribuição e montante são atributos da geração de renda, avaliados segundo efeito causado pela adoção da tecnologia estudada, sendo que: a segurança refere-se à garantia de obtenção da renda esperada; a estabilidade refere-se à distribuição temporal ou sazonal da renda; a distribuição refere-se à partição da renda em salários pagos e o montante refere-se ao total da renda auferida (Rodrigues et al., 2005).

Machado et al. (2011) citam que, dentre as oportunidades de ganhos para os produtores proporcionadas pela integração lavoura-pecuária, estão o fluxo de caixa e a diversificação da renda. De acordo com os autores, as entradas de recursos na agricultura ocorrem na safra e na safrinha e na pecuária tradicional a venda de animais ocorre na safra, mas com a integração destas duas atividades a venda de animais ou grãos ocorre durante quase todo o ano e que, além disso, o produtor tem mais produtos para comercializar e deixa de depender de apenas uma ou duas culturas.

A diversificação da produção proporcionada pela integração de cultivos agrícolas e criação de animais em uma mesma área pode melhorar a distribuição do fluxo de caixa ao longo do ano, além de reduzir o risco decorrente de variações de preço dos produtos (Machado et al., 2011). Adicionalmente ao benefício econômico, a rotação de cultivos promovida pelo sistema integrado pode reduzir o acúmulo de pragas e doenças de plantas e de solo, além de melhorar outros aspectos da saúde e resiliência do solo como a estrutura do solo e retenção de umidade e a disponibilidade de nutrientes (Agomoh et al., 2021; Machado et al., 2011). Estas melhorias podem interferir na percepção dos riscos da produção associados aos aspectos econômicos e climáticos.

Para cada aspecto associado aos riscos de produção foi elaborada uma afirmativa, totalizando quatro aspectos (quatro dados de entrada, DE). A percepção do produtor é medida por meio de uma escala de 5 pontos/situações, migrando de uma situação de impacto muito negativo sobre o aspecto a um cenário de impacto muito positivo (Tabela 23). O indicador PR é calculado por meio da somatória dos pontos obtidos na concordância de cada afirmativa, dividido pelo total de afirmativas, conforme a Equação 19 (adaptado de Oliveira et al., 2019):

Quanto mais próximo o indicador estiver de cinco, significa que naquele ano, o sistema integrado teve efeito positivo em mais aspectos relacionados aos riscos de produção.

$$PR = \frac{\text{pontos obtidos dos DE}_i (i = 1 \text{ a } 4)}{4} \quad (\text{Equação 18})$$

Tabela 23. Percepção do ponto de vista do produtor em relação aos riscos de produção no sistema integrado, no ano agrícola vigente.

DE1) No ano avaliado, a influência do sistema integrado na minha renda foi ...				
.....				
1	2	3	4	5
Muito ruim	Ruim	Inalterada	Bom	Muito bom
(o fluxo de caixa ao longo do ano esteve muito mais irregular e muito menor (negativo)).	(o fluxo de caixa ao longo do ano esteve irregular e menor).	(o fluxo de caixa ao longo do ano manteve-se inalterado).	(o fluxo de caixa ao longo do ano esteve uniforme e maior).	(o fluxo de caixa ao longo do ano esteve muito mais uniforme e muito maior (positivo)).
DE2) No ano avaliado, a resiliência do sistema integrado às variações climáticas (seca, geada, etc.) ...				
.....				
1	2	3	4	5
Reduziu muito (muito pouco resiliente às variações climáticas).	Reduziu (pouco resiliente).	Ficou inalterada (de resiliência usual).	Aumentou (resiliente).	Aumentou muito (muito resiliente às variações climáticas).
DE3) No ano avaliado, a resiliência do sistema integrado à ocorrência de pragas e/ou doenças ...				
.....				
1	2	3	4	5
Reduziu muito (muito pouco resiliente à ocorrência de pragas e/ou doenças).	Reduziu (pouco resiliente).	Ficou inalterada (de resiliência usual).	Aumentou (resiliente).	Aumentou muito (muito resiliente à ocorrência de pragas e/ou doenças).
DE4) No ano avaliado, a utilização de insumos externos no sistema integrado ...				
.....				
1	2	3	4	5
Aumentou muito (muito mais insumos externos).	Aumentou (mais insumos externos).	Ficou inalterada (a quantidade usual de insumos externos).	Reduziu (menos insumos externos).	Reduziu muito (muito menos insumos externos).

Relatório dos indicadores

Na planilha parametrizada em Excel², além das abas destinadas ao preenchimento de dados para a caracterização do sistema de integração e para o cálculo dos indicadores, existe uma aba final, denominada “Relatório” onde são apresentados os resultados finais dos indicadores para acompanhamento e tomada de decisão. As Tabelas 24 a 30 e as Figuras 2 a 5 apresentam um exemplo de apresentação dos resultados, calculados a partir de uma simulação de um sistema ILP de um talhão com soja e bovinos de corte, com dados de entrada fictícios.

Tabela 24. Exemplo do indicador Relação Equivalente do Uso da Terra (LER) de uma simulação de um sistema ILP de um talhão com soja e bovinos de corte.

RELAÇÃO EQUIVALENTE DO USO DA TERRA (LER)	
LER por cultura	
	Talhão 1
Lavoura	1,05
Pecuária	1,40
LER por talhão	1,28
LER do sistema integrado	1,28

Tabela 25. Exemplo do indicador Margem Bruta de uma simulação de um sistema ILP de um talhão com soja e bovinos de corte.

Margem Bruta em R\$				
	Lavoura	Pecuária	Sistema	Sistema
	(área integrada total)		(por ha)	
Receita	217.500,00	68.500,00	286.000,00	9.533,33
Custo	111.660,00	28.240,00	139.900,00	4.663,33
Receita-Custo	105.840,00	40.260,00	146.100,00	4.870,00
Estoque inicial pecuária	-	290.500,00	-	-
Estoque final pecuária	-	212.500,00	-	-
Estoque de madeira acumulado	-	-	-	-
Receita-Custo (considerando estoque)	-	-37.740,00	68.100,00	2.270,00

² Ativo qualificado no GESTEC/Embrapa como “Planilha para coleta de dados e cálculo de indicadores econômicos, ambientais e sociais projetados para avaliação e gestão de Sistemas de Produção Integrados” (Id: 13909).

Tabela 26. Exemplo do indicador Bem-estar animal de uma simulação de um sistema ILP de um talhão com soja e bovinos de corte.

	Sistema integrado
BEM-ESTAR ANIMAL	3,6



Figura 2. Exemplo do indicador Bem-estar animal de uma simulação de um sistema ILP de um talhão com soja e bovinos de corte.

Tabela 27. Exemplo do indicador Balanço de nitrogênio de uma simulação de um sistema ILP de um talhão com soja e bovinos de corte.

Balanço de nitrogênio (BN) em kg de N				
	Lavoura	Pecuária	Sistema	Sistema
	(área integrada total)		(por ha)	
Saídas	6.368,40	237,50	6.605,90	220,20
Entradas	6.981,60	448,00	7.429,60	247,65
BN	613,20	210,50	823,70	27,46
Estoque inicial pecuária	-	1.003,75	-	-
Estoque final pecuária	-	728,75	-	-
Estoque de madeira	-	-	-	-
BN (considerando estoque)	-	485,50	1.098,70	36,62

Tabela 28. Exemplo do indicador Balanço de nitrogênio de uma simulação de um sistema ILP de um talhão com soja e bovinos de corte.

Serviços de provisão	0,28
Serviços de regulação e suporte	0,25
MULTIFUNCIONALIDADE do sistema integrado	0,53

Tabela 29. Exemplo do indicador Percepção social do trabalho de uma simulação de um sistema ILP de um talhão com soja e bovinos de corte.

	Sistema integrado
PERCEPÇÃO SOCIAL DO TRABALHO	3,00

Tabela 30. Exemplo do indicador Percepção de riscos de uma simulação de um sistema ILP de um talhão com soja e bovinos de corte.

	Sistema integrado
PERCEPÇÃO DE RISCOS	3,00



Figura 3. Exemplo de gráficos apresentados na aba “Relatório” da planilha Excel após o preenchimento das perguntas de percepção sobre os serviços de provisão e sobre os serviços de regulação e suporte, de uma simulação de um sistema ILP de um talhão com soja e bovinos de corte.

Percepção social do trabalho



Figura 4. Exemplo de gráfico apresentado na aba “Relatório” da planilha Excel após o preenchimento das perguntas de percepção social do trabalho, de uma simulação de um sistema ILP de um talhão com soja e bovinos de corte

Percepção de riscos



Figura 5. Exemplo de gráfico apresentado na aba “Relatório” da planilha Excel após o preenchimento das perguntas de percepção de riscos, de uma simulação de um sistema ILP de um talhão com soja e bovinos de corte.

Considerações finais

O protocolo proposto neste documento consiste na identificação de um conjunto inicial de métricas para avaliar o efeito dos sistemas integrados nas dimensões econômica, ambiental e social da propriedade rural. Tal conjunto não esgota todas as possibilidades de indicadores que possam ser incluídos para a avaliação de sistemas integrados. O protocolo preconiza metodologias simples, como avaliações visuais, de baixo custo e de rápida aplicação. As mesmas foram adaptadas a partir de referências citadas na seção de cada indicador. Se necessário, posteriormente, as aferições podem ser alteradas para incluir amostragens ou outras metodologias, principalmente a partir do avanço dos conhecimentos, propiciando maior precisão nas avaliações.

A coleta de dados e a avaliação anual destes indicadores visa contribuir com decisões de planejamento e manejo de sistemas integrados de produção em propriedades rurais. Dada a pluralidade de configurações dos sistemas integrados, ajustes na formação dos indicadores podem ser necessários.

A disponibilidade deste conjunto de indicadores em formato de planilha Excel permite amplo uso pelos técnicos. A próxima etapa visa a aplicação do protocolo (em formato de planilha Excel) em propriedades rurais o que possibilitará ajustes e validação. Há previsão de migração desse protocolo para um aplicativo amigável para a coleta e análise dos dados.

Referências

- ABBASI, M.H., ABDULLAH, B., CASTAÑO-ROSA, R., AHMAD, M.W., ROSTAMI, A. A framework to identify and prioritize the key sustainability indicators: Assessment of heating systems in the built environment. **Sustainable Cities and Society**, v. 95, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104629>. Acesso em: 20 out. 2025.
- ABREU, D. C. de; LANA, R. de P.; OLIVEIRA, A. S. de; PAULA, R. M. de; RODRIGUES, J. P. P.; GHEDINI, C. P.; ANDRADE, F. L. de; FONSECA, M. A. Ureia de liberação lenta em dietas à base de cana-de-açúcar para vacas mestiças Holandês-Zebu. **Revista Agrarian**, v. 8, n. 30, p. 399-404, 2015. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/agrarian/article/view/2671>. Acesso em: 22 out. 2025.
- AGOMOH, I. V., DRURY, C. F., YANG, X., PHILLIPS, L. A., & REYNOLDS, W. D. (2021). Crop rotation enhances soybean yields and soil health indicators. **Soil Science Society of America Journal**, 85(4), 1185-1195.
- AUGSTBURGER, H.; JACOBI, J.; SCHWILCH, G.; RIST, S. Agroecosystem service capacity index—a methodological approach. **Landscape online**, v. 64, p. 1-48, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3097/LO.201864>. Acesso em: 28 out. 2025.
- BALBINO, L. C.; BARCELLOS, A. de O.; STONE, L. F. (ed.). **Marco referencial: integração lavoura-pecuária-floresta**. Brasília, DF: Embrapa, 2011. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/923530/1/balbino01.pdf>. Acesso em: 20 out. 2025.
- BOARETTO, R. M.; CANTARELLA, H.; MATTOS JÚNIOR, D. Fertilizantes - composição e garantias mínimas. In: CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; MATOS JÚNIOR, D.; BOARETTO, R. M.; RAIJ, B. van (ed.). **Boletim 100: recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 3. ed. Campinas: Instituto Agrônômico, 2022. p. 33-42.

BONDAN, C. Variações na qualidade composicional do leite no Rio Grande do Sul. In: SIMPÓSIO NACIONAL DA VACA LEITEIRA, 2., 2015, Porto Alegre, RS. **Anais...** Porto Alegre, RS: UFRGS, 2015. p. 63-93. Disponível em: https://www.ufrgs.br/lacvet/site/wp-content/uploads/2015/10/anais_II_simposio2015-a5.pdf. Acesso em: 27 out. 2025.

BOTARO, B. G.; CORTINHAS, C. S.; MESTIERI, L.; MACHADO, P. F.; SANTOS, M. V. dos. Composição e frações proteicas do leite de rebanhos bovinos comerciais. **Veterinária e Zootecnia**, v. 18, n. 1, p. 81-91, 2011. Disponível em: <https://rvz.emnuvens.com.br/rvz/article/view/1144>. Acesso em: 28 out. 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 39, de 8 de agosto de 2018. Estabelece as regras sobre definições, exigências, especificações, garantias, registro de produto, autorizações, embalagem, rotulagem, documentos fiscais, propaganda e tolerâncias dos fertilizantes minerais destinados à agricultura. **Diário Oficial da União**, seção 1, ano 154, p. 19-32, 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/legislacao/in-39-2018-fert-minerais-versao-publicada-dou-10-8-18.pdf>. Acesso em: 9 jun. 2026.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura: plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono)**. Brasília, DF: MAPA/ACS, 2012. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/planoabc-abcmais/publicacoes/download.pdf>. Acesso em: 20 out. 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano setorial para adaptação à mudança do clima e baixa emissão de carbono na agropecuária 2020-2030: plano operacional**. Brasília: Mapa/DEPROS, 2021. Disponível em: <https://repositorio-dspace.agricultura.gov.br/bitstream/1/150/2/Plano%20Setorial%20para%20Adapta%c3%a7%c3%a3o%20%c3%a0%20Mudan%c3%a7a%20do%20Clima%20e%20Baixa%20Emiss%c3%a3o%20de%20Carbonona%20Agricultura%202020-2030%20%281%29.pdf>. Acessado em: 20 out. 2025.

BUSO, W. H. D.; MACHADO, A. S.; RIBEIRO, T. B.; SILVA, L. O. Produção e composição bromatológica da silagem de híbridos de milho sob duas alturas de corte. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 5, n. 4, p. 74-80, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.32404/rean.v5i4.2682>. Acesso em: 22 out. 2025.

CABRAL, L. da S.; VALADARES FILHO, S. de C.; MALAFAIA, P. A. M.; LANA, R. de P.; SILVA, J. F. C. da; VIEIRA, R. A. M.; PEREIRA, E. S. Frações protéicas de alimentos tropicais e suas taxas de digestão estimadas pela incubação com proteases ruminais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 6, p. 2316-2324, 2000. Disponível em: <https://www.sbz.org.br/revista/artigos/2891.pdf>. Acesso em: 22 out. 2025.

CARDOSO, A. C. M. Organização e intensificação do tempo de trabalho. **Sociedade e Estado**, v. 28, n. 2, p. 351-374, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-69922013000200009>. Acesso em: 28 out. 2025.

CARDOSO, M. de S.; GONTIJO, L. A. Avaliação da carga mental de trabalho e do desempenho de medidas de mensuração: NASA TLX e SWAT. **Gestão & Produção**, v. 19, n. 4, p. 873-884, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0104-530X2012000400015>. Acesso em: 28 out. 2025.

CARRÉRA, A. G. P.; CUNHA, R. L.; CUNHA, E. F. M.; REGO, J. Y. N. Características físico-químicas de raízes de mandioca mansa (*Manihot esculenta* Crantz). In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 18.; SEMINÁRIO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL, 2., 2014, Belém, PA. **Anais...** Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2014. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/994737/1/Pibic77.pdf>. Acesso em: 27 out. 2025.

CLARINDO, R. L.; SANTOS, F. A. P.; BITTAR, C. M. M.; IMAIZUMI, H.; LIMA, N. V. dos A.; PEREIRA, E. M. Avaliação de fontes energéticas e proteicas na dieta bovinos confinados em fase de terminação. **Ciência Animal Brasileira**, v. 9, n. 4, p. 902-910, 2008. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/vet/article/view/1144>. Acesso em: 22 out. 2025.

COUTO, H. T. Z. do; BATISTA, J. L. F.; RODRIGUES, L. C. E. Mensuração e gerenciamento de pequenas florestas. **Documentos Florestais**, n. 5, p. 1-37, 1989. Disponível em: <https://www.ipef.br/publicacoes/acervohistoricoexterno/DocumentosFlorestaisNumero5.pdf>. Acesso em: 22 out. 2025.

DAELEMANS, R.; HULSMANS, E.; FOCKAERT, L.; VRANKEN, L.; BRUYN, L. de; HONNAY, O. Agroecosystem multifunctionality of apple orchards in relation to agricultural management and landscape context. **Ecological Indicators**, v. 154, 110496, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110496>. Acesso em: 28 out. 2025.

DANTAS, A. G. de M.; PAULO, J. L. de A.; Guerra, M. G.; Freitas, M. O. de. Análises bromatológicas de onze cultivares de mandioca. **Revista Caatinga**, v. 23, n. 3, p. 130-136, 2010. Disponível em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/caatinga/article/view/1433>. Acesso em: 27 out. 2025.

DEB, D.; DUTTA, S. The robustness of land equivalent ratio as a measure of yield advantage of multi-crop systems over monocultures. **Experimental Results**, v. 3, e2. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/exp.2021.33>. Acesso em: 20 out. 2025.

DRUGOWICH, M. I.; GRASSI, A. M.; MARIA, I. C. de; TCATCHENCO, J.; BORTOLETTI, J. O. (org.). **Tutorial para aplicação da Resolução SAA - 11** (15/4/2015). Campinas, SP: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI), 2015. (Cati. Comunicado Técnico, 146). Disponível em: <https://www.cati.sp.gov.br/new/produtos/publicacoes/ComunicadoTecnico146-CATI-SAA.pdf>. Acesso em: 28 out. 2025.

FASSIO, P. de O.; LANA, R. de P.; VELOSO, C. M.; RENNÓ, L. N.; ZAMPERLINI, B.; TEIXEIRA, R. B.; CARVALHO, J. do C. Nível de ureia na cana-de-açúcar para vacas mestiças leiteiras. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 5, n. 2, p. 71-79, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.21206/rbas.v5i2.321>. Acesso em: 22 out. 2025.

FERNANDES, A. F. A.; OLIVEIRA, J. A.; QUEIROZ, S. A. Escore de condição corporal em ruminantes. **Ars veterinaria**, v. 32, n. 1, p. 55-66, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.15361/2175-0106.2016v32n1p55-66>. Acesso em: 22 out. 2025.

FIGUEIREDO, D. M. de; PAULINO, M. F.; DETMANN, E.; MORAES, E. H. B. K. de; VALADARES FILHO, S. de C.; SOUZA, M. G. de. Fontes de proteína em suplementos múltiplos para bovinos em pastejo no período das águas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 12, p. 2222-2232, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982008001200021>. Acesso em: 22 out. 2025.

FOELKEL, C. **Minerais e nutrientes das árvores dos eucaliptos:**

Aspectos ambientais, fisiológicos, silviculturais e industriais acerca dos elementos inorgânicos presentes nas árvores. 2005. (Eucalyptus Online Book & Newsletter. Eucalyptus newsletter, 2). Disponível em: https://www.eucalyptus.com.br/capitulos/capitulo_minerais.pdf. Acesso em: 27 out. 2025.

FREUDENBERG, M. **Composite indicators of country performance:**

a critical assessment. Paris: OECD, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1787/405566708255>. Acesso em: 20 out. 2025.

GARCIA, F. Z.; CARVALHO, C. A. B.; PERES, A. D.; SANTOS, D. A.; MENDONÇA, F. M.; MALAFARIA, P.; FERREIRA, R. L. Análise dos indicadores de desempenho econômico-financeiro de sistemas de cria de gado de corte. **Custo e Agronegócio**, Pernambuco, v. 16, n. 1, p. 408-441, 2020.

GODINOT, O.; CAROF, M.; VERTÈS, F.; LETERME, P. SyNE: an improved indicator to assess nitrogen efficiency of farming systems. **Agricultural Systems**, v. 127, p. 41-52, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2014.01.003>. Acesso em: 22 out. 2025.

GOMES, V. C., DE LIMA MEIRELLES, P. R., COSTA, C., DA SILVA BARROS, J., DE CASTILHOS, A. M., DE SOUZA, D. M., & PARIZ, C. M. (2021). Produção e qualidade da silagem de milho com braquiárias e feijão guandu em sistema integrado de produção agropecuária. Semina: **Ciências Agrárias**, v. 42, n.2, p. 861-876.

GONÇALVES, L. C.; ANDRADE, A. P. C. de; RIBEIRO, G. P.; SEIBEL, N. F. Chemical composition and technological properties of two soybean cultivars. **Biochemistry and Biotechnology Reports**, v. 3, n. 1, p. 33-40, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.5433/2316-5200.2014v3n1p33>. Acesso em: 22 out. 2025.

GUARESHI, R. F.; BODDEY, R. M.; ALVES, B. J. R.; SARKIS, L. F.; MARTINS, M. dos R.; JANTALIA, C. P.; PEÑA CABRIALES, J. J.; NUNEZ, J. A. V.; URQUIAGA, S. Balanço de nitrogênio, fósforo e potássio na agricultura da América Latina e o Caribe. **Terra Latinoamericana**, v. 7, n. 2, p. 105-119, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.28940/terra.v37i2.423>. Acesso em: 28 out. 2025.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES (IBÁ). **Relatório anual 2023.**

2023. Disponível em: <https://iba.org/wp-content/uploads/2025/05/relatorio-anual-iba2023-r.pdf>. Acesso em: 28 out. 2025.

JÉGOUREL, M. **L'intensité du travail**: enquêtes dans les industries chimique sur les tensions entre concept et activité. 2010. Tese (Doutorado) – Universidade de Provence, Provence.

LEMONS, R. C.; SANTOS, R. D. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 3. ed. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPq, 1996. 84 p. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/330369>.

LIMA, G. J. M. M. de; KLEIN, C. H.; CANZIANE FILHO, N. J.; PITOL, C.; SANGOI, S.; SCHMIDT, A. **Teores de óleo e proteína bruta de híbridos comerciais de milho testados no Sindicato Rural de São Gabriel do Oeste, MS, na safrinha de 2003**. Concórdia: EMBRAPA-CNPq, 2004b. (EMBRAPA-CNPq. Comunicado técnico, 359). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/961825/1/DCOT359.pdf>. Acesso em: 22 out. 2025.

LIMA, G. J. M. M. de; KLEIN, C. H.; PITOL, C.; SANGOI, S.; SCHMIDT, A.; CANZIANE FILHO, N. J. **Óleo e proteína bruta de híbridos comerciais de milho testados em Maracajú, MS, na safrinha de 2003**. Concórdia: EMBRAPA-CNPq, 2003b (EMBRAPA-CNPq. Comunicado técnico, 345). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/961645/1/DCOT345.pdf>. Acesso em: 22 out. 2025.

LIMA, G. J. M. M. de; KLEIN, C. H.; SANGOI, S. **Avaliação do teor de óleo e proteína bruta de genótipos de milho produzidos na Coopervale - Palotina, PR. Concórdia**: EMBRAPA-CNPq, 2003a (EMBRAPA-CNPq. Comunicado técnico, 346). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/961652/1/DCOT346.pdf>. Acesso em: 22 out. 2025.

LIMA, I. de A.; REZENDE, C. A. P. de; PAIVA, P. C. de A.; ANDRADE, I. F. de; MUNIZ, J. A. Condição corporal e características de carcaça de vacas de descarte na região de Lavras-MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 3, p. 637-646, 2004a. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542004000300021>. Acesso em: 22 out. 2025.

LOPES, G. A. Z. **Caracterização química, física e sensorial de produtos à base de amendoim**. 2012. 96 f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Estadual Paulista. “Júlio de Mesquita Filho”, Araraquara, SP. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/1bb6b444-12d6-4b46-af06-c70ca230137d/content>. Acesso em: 27 out. 2025.

LOPES, M. A.; CARVALHO, F. de M. **Custo de produção do gado de corte**. Lavras: UFLA, 2002. (Universidade Federal de Lavras. Boletim Técnico, 47). Disponível em: <https://repositorio.ufla.br/handle/1/48592>. Acesso em: 22 out. 2025.

LOZANO, M. G. **Amendoim (*Arachis hypogaea* L.): composição centesimal, ácidos graxos, fatores antinutricionais e minerais em cultivares produzidas no Estado de São Paulo**. 2016. 87 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/D.11.2016.tde-15082016-125036>. Acesso em: 22 out. 2025.

MACHADO, L. A. Z.; BALBINO, L. C.; CECCON, G. **Integração lavoura-pecuária-floresta. 1. Estruturação dos sistemas de integração lavoura-pecuária**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2011. (Embrapa Agropecuária Oeste. Documentos, 110). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/923615/1/DOC2011110.pdf>. Acesso em: 28 out. 2025.

MACHADO, R.; CORRÊA, R. F.; BARBOSA, R. T.; BERGAMASCHI, M. A. C. M. **Escore de condição corporal e sua aplicação no manejo reprodutivo de ruminantes**. São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste, 2008. (Embrapa Pecuária Sudeste. Circular Técnica, 57). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/48744/1/CircularTecnica57.pdf>. Acesso em: 22 out. 2025.

MANNING, P.; VAN DER PLAS, F.; SOLIVERES, S.; ALLAN, E.; MAESTRE, F. T.; MACE, G.; WHITTINGHAM, M. J.; FISCHER, M. Redefining ecosystem multifunctionality. **Nature ecology & evolution**, v. 2, n. 3, p. 427-436, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41559-017-0461-7>. Acesso em: 28 out. 2025.

MARTIN, N. B.; SERRA, R.; OLIVEIRA, M. D. M.; ANGELO, J. A.; OKAWA, H. Sistema integrado de custos agropecuários - CUSTAGRI. **Informações Econômicas**, v. 28, n. 1, p. 7-28, 1998.

MATSUNAGA, M.; BEMELMANS, P. F.; TOLEDO, P. E. N. de; DULLEY, R. D.; OKAWA, H.; PEDROSO, I. A. Metodologia de custo de produção utilizada pelo IEA. **Agricultura em Sao Paulo**, v.23, n.1, p.123-139, 1976.

MATTA, F. D. P., GODOY, R., OLIVEIRA, P. P. A., & FERRAZ JÚNIOR, R. S. Row spacing for pigeon pea sowing and its influence on the recovery of degraded pasture. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 59, p. e03516, 2024.

MEAD, R.; WILLEY, R.W. The Concept of a “Land Equivalent Ratio” and Advantages in Yields from Intercropping. **Experimental Agriculture**, v. 16, n. 3, p. 217-228, 1980. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/S0014479700010978>. Acesso em: 20 out. 2025.

MEDEIROS, S. R. de; MARINO, C. T. **Proteínas na nutrição de bovinos de corte**. In: MEDEIROS, S. R. de; GOMES, R. da C.; BUNGENSTAB, D. J. (ed.). Nutrição de bovinos de corte: fundamentos e aplicações. Brasília, DF: Embrapa, 2015b. p. 27-44. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1011213/1/NutricaoAnimalCAPITULO03.pdf>. Acesso em: 22 out. 2025.

MEDEIROS, S. R. de; MARINO, C. T. **Valor nutricional dos alimentos na nutrição de ruminantes e sua determinação**. In: MEDEIROS, S. R. de; GOMES, R. da C.; BUNGENSTAB, D. J. (ed.). Nutrição de bovinos de corte: fundamentos e aplicações. Brasília, DF: Embrapa, 2015a. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1011123/1/NutricaoAnimalCAPITULO01.pdf>. Acesso em: 22 out. 2025.

MELLO, R.; NÖRNBERG, J. L. Fracionamento dos carboidratos e proteínas de silagens de milho, sorgo e girassol. **Ciência Rural**, v. 34, n. 5, p. 1537-1542, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782004000500033>. Acesso em: 22 out. 2025.

MELLOR, D. J. Updating animal welfare thinking: Moving beyond the “Five Freedoms” towards “a Life Worth Living”. **Animals**, v. 6, n. 3, 21, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ani6030021>. Acesso em: 22 out. 2025.

MELLOR, D. J.; REID, C. S. W. **Concepts of animal well-being and predicting the impact of procedures on experimental animals**. Improving the well-being of animals in the research environment, 1994. p. 3-18. Disponível em: <https://www.wellbeingintlstudiesrepository.org/exprawel/7/>. Acesso em: 22 out. 2025.

MISRA, J. B. Variation in nitrogen-to-protein conversion factor for peanut. **Peanut science**, v. 28, n. 2, p. 48-51, 2001.

MORAES, S. D. D.; JOBIM, C. C.; SILVA, M. S. D.; MARQUARDT, F. I. Produção e composição química de híbridos de sorgo e de milho para silagem. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v. 14, n. 4, p. 624-634, 2013.

MOREIRA, V. F.; PEREIRA, A. J.; GUERRA, J. G. M.; GUEDES, R. E.; COSTA, J. R. **Produção de biomassa de guandu em função de diferentes densidades e espaçamentos entre sulcos de plantio**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2003. (Embrapa Agrobiologia. Comunicado Técnico, 57). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/624780/1/cot057.pdf>. Acesso em: 22 out. 2025.

NEUMANN, M.; RESTLE, J.; ALVES FILHO, D. C.; BERNARDES, R. A. C.; ARBOITE, M. Z.; CERDÓTES, L.; PEIXOTO, L. A. de O. Avaliação de diferentes híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench) quanto aos componentes da planta e silagens produzidas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 1, p. 302-312, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982002000200003>. Acesso em: 22 out. 2025.

NOVELLI, T. I.; PALHARES, J. C. P.; MARTELLO, L. S.; MEDEIROS, S. R. de; RIVERO, M. J. Three environmental dimensions of beef cattle in tropical feedlot: water, nutrients and land. **Science of The Total Environment**, v. 904, 166733, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.166733>. Acesso em: 28 out. 2025.

OECD. **OECD environmental indicators: development, measurement and use**: reference paper. Paris: OECD, 2003.

OLIVEIRA, L. A. de; SANTOS, L. F. dos; OLIVEIRA, E. J. de; SILVA, D. J. da. **Composição química de acessos de mandioca da Embrapa Mandioca e Fruticultura**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 16.; CONGRESSO LATINO-AMERICANO E CARIBENHO DE MANDIOCA, 2015, Foz do Iguaçu. Integração: segurança alimentar e geração de renda: anais. Foz do Iguaçu: SBM, 2015. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1030697/1/Composicaoquimica00127.pdf>. Acesso em: 27 out. 2025.

OLIVEIRA, L. B. de; PIRES, A. J. V.; CARVALHO, G. G. P. de; RIBEIRO, L. S. O.; ALMEIDA, V. V. de; PEIXOTO, C. A. de M. Perdas e valor nutritivo de silagens de milho, sorgo-sudão, sorgo forrageiro e girassol. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 1, p. 61-67, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010000100008>. Acesso em: 22 out. 2025.

OLIVEIRA, P. de; TAVARES, S. R. de L.; MARTINS, A. L. da S.; RALISCH, R.; HERNANI, L. C. **Proposta de índice de qualidade participativo do plantio direto para condições de irrigação por pivô central - IQPi**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2019. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 119). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1113055/1/IndiceParticipativoOliveiraDoc119.pdf>. Acesso em: 22 out. 2025.

PARRON, L. M.; GARCIA, J. R.; OLIVEIRA, E. B. de; BROWN, G. G.; PRADO, R. B. (ed.). **Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica**. Brasília, DF : Embrapa, 2015. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1024082/1/LivroServicosAmbientaisEmbrapa.pdf>. Acesso em: 28 out. 2025.

PEREIRA, E. S.; MIZUBUTI, I. Y.; PINHEIRO, S. M.; VILLARROEL, A. B. S.; CLEMENTINO, R. H. Avaliação da qualidade nutricional de silagens de milho (*Zea mays*, L). **Revista Caatinga**, v. 20, n. 3, p. 8-12, 2007. Disponível em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/242>. Acesso em: 22 out. 2025.

PEZZOPANE, J. R. M.; BOSI, C.; BERNARDI, A. C. de C.; MULLER, M. D.; OLIVEIRA, P. P. A. **Managing eucalyptus trees in agroforestry systems: productivity parameters and PAR transmittance**. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v.312, 107350, 2021. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1133584/1/ManagingEucalyptusTrees.pdf>. Acesso em: 20 out. 2025.

PIOVESAN, V.; OLIVEIRA, V. de; ARAÚJO, J. dos S. Predição do conteúdo de aminoácidos essenciais do grão de milho. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 3, p. 758-764, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542010000300032>. Acesso em: 22 out. 2025.

PIPOLO, A. E.; HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J. C.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; DEBIASI, H.; MANDARINO, J. M. G. **Teores de óleo e proteína em soja: fatores envolvidos e qualidade para a indústria**. Londrina: Embrapa Soja, 2015. (Embrapa Soja. Comunicado técnico, 86). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1025298/1/comunicadotecnico86OL.pdf>. Acesso em: 22 out. 2025.

PONCHEKI, J. K.; CARNEIRO, J. H.; ALMEIDA, R. de. Manejo nutricional da vaca leiteira para otimizar a composição do leite. In: SIMPÓSIO NACIONAL DA VACA LEITEIRA, 2., 2015, Porto Alegre, RS. **Anais...** Porto Alegre, RS: UFRGS, 2015. p. 121-159. Disponível em: https://www.ufrgs.br/lacvet/site/wp-content/uploads/2015/10/anais_II_simposio2015-a5.pdf. Acesso em: 27 out. 2025.

PORFIRIO-DA-SILVA, V.; MEDRADO, M. J. S.; NICODEMO, M. L. F.; DERETI, R. M. **Arborização de pastagens com espécies florestais madeireiras: implantação e manejo**. Colombo: Embrapa Florestas, 2009. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/858079/1/2014reimpCartilhaArborizacao2014.pdf>. Acesso em: 20 out. 2025.

POSSENTI, R. A.; FERRARI JUNIOR, E.; BUENO, M. S.; BIANCHINI, D.; LEINZ, F. F., & RODRIGUES, C. F. (2005). Parâmetros bromatológicos e fermentativos das silagens de milho e girassol. **Ciência Rural**, 35, 1185-1189.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 1996. (IAC. Boletim Técnico, 100).

RASMUSSEN, C. N.; RISTOW, P.; KETTERINGS, Q. M. **Whole Farm Nutrient Balance Calculator**: user's manual. 2011. Disponível em: http://nmssp.cals.cornell.edu/NYOnFarmResearchPartnership/massbalance/MNB_UserManual.pdf. Acesso em: 22 out. 2025.

REDE ILPF. **ILPF em números: safra 2020/21**. [2022]. Disponível em: <https://redeilpf.org.br/ilpf-em-numeros/> Acesso em: 22 out. 2025.

RIBAS, N. P.; HARTMANN, W.; MONARDES, H. G.; ANDRADE, U. V. C. de. Sólidos totais do leite em amostras de tanque nos estados do Paraná, Santa Catarina e São Paulo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 6, (supl. 3), p. 2343-2350, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982004000900021>. Acesso em: 27 out. 2025.

ROCHA JUNIOR, V. R.; GONCALVES, L. C.; RODRIGUES, J. A. S.; BRITO, A. F.; BORGES, I.; RODRIGUES, N. M. Avaliação de sete genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) para produção de silagem. III. Valor nutricional. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 52, n. 6, p. 627-633, 2000. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/487695/1/AvaliacaosetelIII.pdf>. Acesso em: 22 out. 2025.

ROCHA JÚNIOR, V. R.; VALADARES FILHO, S. de C.; BORGES, Á. M.; MAGALHÃES, K. A.; FERREIRA, C. C. B.; VALADARES, R. F. D.; PAULINO, M. F. Determinação do valor energético de alimentos para ruminantes pelo sistema de equações. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 2, p. 473-479, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982003000200028>. Acesso em: 22 out. 2025.

RODRIGUES, G. S.; CAMPANHOLA, C.; KITAMURA, P. C.; IRIAS, L. J. M.; RODRIGUES, I. **Sistema de avaliação de impacto social da inovação tecnológica agropecuária (Ambitec-Social)**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2005. (Embrapa Meio Ambiente. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 35). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/14513/1/boletim35.pdf>. Acesso em: 28 out. 2025.

ROSSET, J. S.; COELHO, G. F.; GRECO, M.; STREY, L.; GONÇALVES JUNIOR, A. C. Agricultura convencional versus sistemas agroecológicos: modelos, impactos, avaliação da qualidade e perspectivas. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 13, n. 2, p. 80-94, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.18188/sap.v13i2.7351>. Acesso em: 28 out. 2025.

SALOMÃO, B. M.; VALADARES FILHO, S. C.; VILLELA, S. D. J.; SANTOS, S. A.; COSTA E SILVA, L. F.; ROTA, P. P. Desempenho produtivo de bovinos alimentados com cana-de-açúcar com diferentes níveis de concentrado. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 67, n. 4, p. 1077-1086, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1678-4162-7388>. Acesso em: 22 out. 2025.

SANCHES, O. M. **Dicionário de orçamento, planejamento e áreas afins**. 2. ed. atual. E ampl. Brasília, DF: OMS, 2004.

SANTAROSA, E.; PENTEADO JUNIOR, J. F.; GOULART, I. C. G. dos R. (ed.). **Transferência de tecnologia florestal: cultivo de eucalipto em propriedades rurais**: diversificação da produção e renda. Brasília, DF: Embrapa, 2014. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1010933/1/ApostilaSerieTTEucalipto.pdf>. Acesso em: 22 out. 2025.

SANTIN, T. P.; FRIGERI, K. D. M.; AGOSTINI, A.; SILVA, H. R. da; FRIGERI, K. D. M.; KALLES, N. Z.; COELHO, E. M.; DIAS, A. M. Características fermentativas e composição química da silagem de sorgo (*Sorghum bicolor*) com uso de aditivos absorventes. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 8, p. 54931-54943, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n8-057>. Acesso em: 22 out. 2025.

SANTOS, M. B. M. dos. **Caracterização química e tecnológica de soja BRS 232 de diferentes safras**. 2021. 34 f. Monografia (Graduação em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/26377>. Acesso em: 22 out. 2025.

SANTOS, S. A.; ABREU, U. G. P. de; SOUZA, G. da S. e; CATTO, J. B. Condição corporal, variação de peso e desempenho reprodutivo de vacas de cria em pastagem nativa no Pantanal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 2, p. 354-360, 2009. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/657375/1/Condicaocorporalvariacaodepesoedesempenhodevacas.pdf>. Acesso em: 22 out. 2025.

SANTOS, S. A.; LIMA, H. P. de; MASSRUHA, S. M. F. S.; ABREU, U. G. P. de; TOMAS, W. M.; SALIS, S. M. de; CARDOSO, E. L.; OLIVEIRA, M. D. de; SOARES, M. T. S.; SANTOS JÚNIOR, A.; OLIVEIRA, L. O. F. de; CALHEIROS, D. F.; CRISPIM, S. M. A.; SORIANO, B. M. A.; AMANCIO, C. O. da G.; NUNES, A. P.; PELLEGRIN, L. A. A fuzzy logic-based tool to assess beef cattle ranching sustainability in complex environmental systems. **Journal of Environmental Management**, v. 198, part 2, p. 95-106, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.04.076>. Acesso em: 20 out. 2025.

SANTOS, S. A.; OLIVEIRA, L. O. F. de; LIMA, H. P. de; ABREU, U. G. P. de; OLIVEIRA, M. D. de; ARAUJO, M. T. B. D. **Protocolo: índice de manejo e bem-estar do rebanho (IMBA) para a Fazenda Pantaneira Sustentável (FPS)**. Corumbá, MS: Embrapa Pantanal, 2015. (Embrapa Pantanal. Documentos, 135). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1036693/1/DOC135.pdf>. Acesso em: 22 out. 2025.

SHEPHERD, G. Maize: part 1. In: FAO. **Visual soil assessment: field guide**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2010a. Part 8. Disponível em: <https://www.fao.org/docrep/pdf/010/i0007e/i0007e08.pdf>. Acesso em: 28 out. 2025.

SHEPHERD, G. Pastures: part 1. In: FAO. **Visual soil assessment: field guide**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2010b. Part 6. Disponível em: <https://www.fao.org/docrep/pdf/010/i0007e/i0007e06.pdf>. Acesso em: 28 out. 2025.

SHEPHERD, G.; STAGNARI, F.; PISANTE, M.; BENITES, J. Annual crops. In: FAO. **Visual soil assessment**: field guide. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2008. Part 1. Disponível em: <https://www.fao.org/4/i0007e/i0007e01.pdf>. Acesso em: 28 out. 2025.

SILVA, E. A. da; BERCHIELLI, T. T.; REIS, R. A.; FERNANDES, J. J. de R.; SATO, K. J.; PAES, J. M. V. Teores de proteína bruta para bovinos alimentados com feno de tifton 85: consumo e digestibilidades total e parcial. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 1, p. 237-245, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982007000100028>. Acesso em: 22 out. 2025.

SILVA, E. C. da; FERREIRA, M. de A.; VÉRAS, A. S. C.; BISPO, S. V.; CONCEIÇÃO, M. G. da; SIQUEIRA, M. C. B. de; SALLA, L. E.; SOUZA, A. R. D. L. Substituição do fubá de milho por gérmen integral de milho na dieta de ovinos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 4, p. 442-449, 2013. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/85331/1/Substituicao-do-fuba.pdf>. Acesso em: 22 out. 2025.

SILVA, R. A. M. S. **Determinação do escore corporal dos ovinos**. Corumbá, MS: Embrapa Pantanal, 2005. Folder. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/812847/1/FOL50.pdf>. Acesso em: 22 out. 2025.

SOUZA FILHO, H. M. de; BUAINAIN, A. M.; SILVEIRA, J. M. F. J. da; VINHOLIS, M. de M. B. Condicionantes da adoção de inovações tecnológicas na agricultura. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 28, n. 1, p. 223-255, 2011. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/86647/1/condicionantes-da-adocao.pdf>. Acesso em: 28 out. 2025.

SOUZA, B. P. S., COELHO, S. G., GONÇALVES, L. C., VIEIRA, F. A. P., BORGES, A. L. C. C., RODRIGUEZ, N. M., & SALIBA, E. S. (2005). Composição bromatológica da silagem de quatro genótipos de girassol, ensilados em cinco diferentes idades de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, 57, 204-211.

SOUZA, B. P. S., COELHO, S. G., GONÇALVES, L. C., VIEIRA, F. A. P., BORGES, A. L. C. C., RODRIGUEZ, N. M., ... & SALIBA, E. S. (2005). Composição bromatológica da silagem de quatro genótipos de girassol, ensilados em cinco diferentes idades de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 57, p. 204-211.

SOUZA, K. R. de. **Avaliação da qualidade do solo por meio de indicadores visuais em ambientes da sub-bacia do Ribeirão José Pereira, Itajubá (MG)**. 2015. 97 f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, MG. Disponível em: <https://repositorio.unifei.edu.br/jspui/handle/123456789/148>. Acesso em: 28 out. 2025.

SPITHOVEN, A.; CLARYSSE, B.; KNOCKAERT, M. Building absorptive capacity to organize inbound open innovation in traditional industries. **Technovation**, v. 30, n. 2, p. 130-141, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2009.08.004>. Acesso em: 28 out. 2025.

STÜRCK, J.; VERBURG, P. H. Multifunctionality at what scale? A landscape multifunctionality assessment for the European Union under conditions of land use change. **Landscape Ecology**, v. 32, n. 3, p. 481-500, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10980-016-0459-6>. Acesso em: 28 out. 2025.

TELLES, T. S.; VIEIRA FILHO, J. E. R.; RIGHETTO, A. J.; RIBEIRO, M. R. **Desenvolvimento da agricultura de baixo carbono no Brasil. Rio de Janeiro: IPEA**, 2021. (Texto para Discussão, 2638). Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/bitstreams/252fd902-d3b0-4859-9851-eb5347fa0611/download>. Acesso em: 20 out. 2025.

THE WOOD DATABASE. 2024. Disponível em: <https://www.wood-database.com>. Acesso em: 04 out. 2025.

TOMICH, T.R.; GONÇALVES, L.C.; TOMICH, R.G.P. et al. Características químicas e digestibilidade in vitro de silagens de girassol. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, supl.1, p.1672-1682, 2004.

VELÁZQUEZ, F. F.; LOZANO, G. M.; ESCALANTE, J. N.; RIPOLLÉS, M. R. **Manual de ergonomía**. Madrid: Fundación MAPFRE, 1995.

VENEGAS, V. H. A.; NOVAIS, R. F. de; BARROS, N. F. de; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. **Interpretação dos resultados das análises de solos.** In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; VENEGAS, V. H. A. (eds.) *Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª aproximação.* Viçosa, MG: UFV, 1999. p. 25-32. Comissão de fertilidade do solo do Estado de Minas Gerais.

VINHOLIS, M. de M. B.; SOUZA FILHO, H. M. de S.; CARRE, M. J.; BARIONI JUNIOR, W.; BERNARDO, R.; CASACA, A. A.; ROJAS, D. C.; TOKUDA, F. S.; PELINSON, G. J. B.; SANTOS JUNIOR, A. dos; GONÇALES JÚNIOR, I. D.; ANDRAUS, J. T. K.; JUSTO, J. S.; MARTINES, L.; GUERREIRO, M. F.; FADEL, S. A. de O.; BORGES, W. L. B. **Adoção de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) em São Paulo.** São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste, 2020. (Embrapa Pecuária Sudeste. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 47). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1123559/1/BOLETIM-47.pdf>. Acesso em: 20 out. 2025.

WATTIAUX, M. A. Body condition scores. In: WATTIAUX, M. A. **Technical dairy guide:** reproduction and genetic selection. Madison: Babcock Institute for International Dairy Research and Development, 1995. cap. 12.

WETSELAAR, R.; GANRY, F. Nitrogen balance in tropical agrossystems. In: DOMMERGUES, Y. R.; DIEM, H.G. (eds) **Microbiology of Tropical Soils and Plant Productivity.** Dordrecht: Springer, 1982. (Developments in Plant and Soil Sciences, v. 5). Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-94-009-7529-3_1. Acesso em: 22 out. 2025.

WISNER, A. **A inteligência no trabalho:** textos selecionados de ergonomia. São Paulo, SP: Fundacentro, 1994.