

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**PECUÁRIA LEITEIRA SUSTENTÁVEL: Revisão Bibliográfica**

**PAULO MATEUS DA SILVA JUNIOR**

JABOTICABAL – SP  
1º Semestre/2024

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**PECUÁRIA LEITEIRA SUSTENTÁVEL: Revisão Bibliográfica**

**PAULO MATEUS DA SILVA JUNIOR**

Orientador: Prof. Dr. Mauro Dal Secco de Oliveira

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Faculdade de  
Ciências Agrárias e Veterinárias –  
Unesp, Câmpus de Jaboticabal,  
como parte das exigências para  
graduação em Zootecnia.

JABOTICABAL – SP  
1º Semestre/2024

S586p Silva Junior, Paulo Mateus da  
Pecuária leiteira sustentável: Revisão bibliográfica / Paulo Mateus da Silva Junior. -- Jaboticabal, 2024  
82 p. : tabs., fotos

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal  
Orientador: Mauro Dal Secco de Oliveira

1. Sustentabilidade. 2. Produção sustentável. 3. Agroecologia.  
I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

**NOME COMPLETO DO AUTOR: Paulo Mateus da Silva Júnior**

**TÍTULO DO TRABALHO ACADÊMICO: Pecuária leiteira sustentável: Revisão bibliográfica.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, para obtenção do título de Bacharel em Zootecnia.

Orientador: Prof. Dr. Mauro Dal Secco de Oliveira


Área de Concentração: Zootecnia

Data da defesa: 05/07/2024


Aprovado

Reprovado


Banca Examinadora:

Documento assinado digitalmente  
 MAURO DAL SECCO DE OLIVEIRA  
Data: 05/08/2024 10:18:51-0300  
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Dr. Mauro Dal Secco de Oliveira  
UNESP – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal


Documento assinado digitalmente  
 LUIZ ROBERTO PEREIRA NEMOTO  
Data: 22/07/2024 12:38:38-0300  
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Me. Luiz Roberto Pereira Nemoto  
IFSP - Instituto Federal de São Paulo - Câmpus Barretos

Documento assinado digitalmente  
 VINICIUS STRABELLI DOS SANTOS  
Data: 22/07/2024 10:48:58-0300  
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Me. Vinicius Strabelli dos Santos  
SEME-ES Secretaria Municipal de Educação de Vitória.

Aprovado em reunião do Conselho do Departamento em: 05/07/2024

  
Prof. Dr. Maurício Barbante Duarte,  
Chefe do Departamento

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, agradeço a Deus pela minha saúde e por me ajudar a superar as dificuldades durante minha graduação.

Ao meu professor Dr. Mauro Dal Secco de Oliveira, pelos esforços e orientações dedicados a mim, que permitiram e possibilitaram a realização deste trabalho.

Agradeço também à minha mãe, Suelene Aparecida Celeri, à minha avó, Idemaria Celeri, ao meu avô, Laurindo Celeri, e a todos os meus familiares, amigos e à minha namorada, por me apoiarem nos bons e maus momentos, contribuindo não só para a realização deste trabalho, mas também durante todo o meu período acadêmico.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	<b>VI</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>VII</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVO</b> .....	<b>4</b>
<b>3. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>5</b>
<b>3.1 A bovinocultura de leite no Brasil</b> .....	<b>6</b>
<b>3.2 Impactos ambientais da produção de leite</b> .....	<b>10</b>
<b>3.3 Definição e histórico de sustentabilidade</b> .....	<b>15</b>
<b>3.4 Pilares da sustentabilidade</b> .....	<b>17</b>
<b>3.5 Aspectos gerais sobre sustentabilidade na pecuária leiteira</b> .....	<b>19</b>
<b>3.6 Benefícios da pecuária sustentável</b> .....	<b>24</b>
<b>3.7 Binômio Agroecologia - Sustentabilidade</b> .....	<b>25</b>
3.7.1 ESG (Environmental, Social and Governance) .....	28
3.7.2 ILPF e ILP .....	30
3.7.3 Agricultura regenerativa.....	35
3.7.4 Pecuária sustentável.....	36
<b>3.8 Indicadores de sustentabilidade na pecuária leiteira</b> .....	<b>37</b>
3.8.1 Indicadores técnicos .....	42
3.8.2 Indicadores econômicos .....	44
3.8.3 Indicadores sociais .....	45
3.8.4 Indicadores ambientais .....	47
3.8.5 Mensuração dos indicadores .....	49
<b>4. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>54</b>

5. RESUMO .....	56
6. SUMMARY .....	57
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	58

**LISTA DE TABELAS****PÁGINA**

**Tabela 1.** Dimensões e indicadores que compõem o instrumento de avaliação da sustentabilidade de unidades de produção familiar com atividade leiteira. . 40

**LISTA DE FIGURAS****PÁGINA**

<b>Figura 1.</b> Modelo de ILPF na pecuária. Fonte: Chini (2021). .....	32
<b>Figura 2.</b> Principais indicadores de sustentabilidade avaliados em diversos trabalhos revisados e a porcentagem de utilização (n=94). Fonte: Silva (2020). .....	50
<b>Figura 3.</b> Média dos resultados do desempenho dos indicadores ambientais, sociais e econômicos, avaliados pelo método MESMIS (escala de 1 a 3). Fonte: Almeida (2018). .....	52
<b>Figura 4.</b> Nível de sustentabilidade calculado para cada propriedade na BHPP pela expressão $IT = ISAE / 3 * 100$ , onde: IG lê-se índice geral que se refere ao nível de sustentabilidade para a comunidade, média das propriedades. Fonte: Almeida (2018). .....	53

## 1. INTRODUÇÃO

A pecuária leiteira desempenha um papel importante como fonte de renda nas áreas rurais, destacando-se por sua importância econômica, social e geográfica. É uma atividade fundamental que sustenta muitas cadeias produtivas do agronegócio, proporcionando meios de subsistência para grande parte da população rural (EMBRAPA, 2016; PAIVA, 2018).

Até recentemente as práticas na pecuária leiteira eram tradicionalmente transmitidas de geração em geração e com pouco uso de tecnologia. No entanto, o aumento da demanda por leite impulsionado pelo crescimento populacional, tornou a atividade mais lucrativa e exigiu dos produtores investimentos em melhorias, como a utilização de genética para aprimorar a qualidade do rebanho e o aperfeiçoamento das práticas de manejo (BEZERRA *et al.*, 2011).

O desenvolvimento da pecuária leiteira tem sido impulsionado pela intensificação e especialização dos sistemas de produção animal decorrentes do crescimento econômico, investimentos em pesquisa, aumento da renda, urbanização e expansão populacional. Essa intensificação da produção de leite

tem permitido aumentar a produção e a produtividade dos alimentos para atender à crescente demanda da população (SILVA, 2020).

Ao mesmo tempo em que ocorreu este crescimento na produção leiteira, observou-se também um aumento significativo nos impactos ambientais devido ao uso inadequado de práticas de manejo nos sistemas produtivos. Os principais impactos ambientais incluem a degradação do solo, contaminação do solo e das águas superficiais e subterrâneas, emissões de gases de efeito estufa, além de desafios relacionados à saúde e bem-estar animal, bem como impactos nos aspectos econômicos e sociais (SILVA, 2020).

Diante desses desafios, surge a necessidade de se questionar a viabilidade desses sistemas de produção a longo prazo e de como produzir alimentos de forma sustentável, atendendo às necessidades da população sem comprometer as futuras gerações (SILVA, 2020).

A atividade leiteira pode ser sustentável, o que significa que ela é capaz de se desenvolver para atender às necessidades das pessoas em termos de emprego e alimentos, tanto no presente quanto para as gerações futuras. Uma atividade leiteira sustentável é aquela que se mantém eficiente hoje, ao mesmo tempo em que considera as necessidades das futuras gerações, como os filhos e netos. Nesse contexto, o leite sustentável é um produto da cadeia produtiva leiteira que promove uma exploração economicamente viável, ecologicamente correta e socialmente justa (CHECK MILK, 2021; EDUCAPOINT, 2021).

Dado que o conceito de sustentabilidade é sistêmico e dinâmico, podemos considerar a pecuária sustentável como aquela que busca melhorar a utilização dos bens e recursos ambientais. Além disso, ela deve apresentar

resultados econômicos viáveis para manter o produtor e a atividade em funcionamento, ser socialmente responsável garantindo o bem-estar humano e animal, além de minimizar os impactos ambientais visando à conservação do ambiente (PRETTY, 2008; OUDSHOORN *et al.*, 2012; GALLOWAY *et al.*, 2018).

Conforme Ferreira *et al.* (2022) uma administração eficiente e especializada é fundamental para tornar a atividade leiteira sustentável e alcançar metas importantes. Essas metas incluem o aumento da produtividade por hectare, a redução da necessidade de utilização de novas áreas, a melhoria da qualidade do produto, a diminuição do impacto ambiental da atividade e o aprimoramento da qualidade de vida das famílias envolvidas no processo produtivo

Ao adotar práticas de gestão eficazes e especializadas os produtores podem maximizar o uso dos recursos disponíveis, reduzir desperdícios, implementar tecnologias sustentáveis e garantir uma produção leiteira que seja social, econômica e ambientalmente responsável (FERREIRA *et al.*, 2022).

## **2. OBJETIVO**

A presente revisão de literatura teve como objetivo verificar a importância da pecuária leiteira sustentável, no contexto da criação de bovinos leiteiros no Brasil.

### **3. REVISÃO DE LITERATURA**

Foi realizada uma revisão da literatura que permitiu verificar a importância da sustentabilidade na pecuária bovina leiteira, sob vários aspectos. Para tal e maior facilidade de abordagem do tema, foram utilizados itens e subitens envolvendo os mais importantes aspectos relacionados com o desempenho de vacas leiteiras.

Por meio das informações obtidas na literatura consultada, foi possível proporcionar subsídios e maiores esclarecimentos sobre a pecuária bovina leiteira, tais como: definição e algumas particularidades, relação com os sistemas de produção de leite no Brasil, fatores relacionados com a criação do gado leiteiro, envolvendo o desempenho dos animais. Foram utilizadas informações de revistas especializadas em produção animal (nacionais e internacionais), sites, boletins técnicos, anais de congressos e simpósios, teses, dissertações e de livros especializados em pecuária leiteira.

### 3.1 A bovinocultura de leite no Brasil

A atividade agropecuária devido à sua capacidade de causar danos ambientais é vista como uma das principais ameaças ao meio ambiente. Independentemente do tipo de atividade, do nível de tecnologia empregado ou do tamanho da propriedade, os produtores rurais precisam adotar uma gestão que não apenas busque lucro, mas também utilize os recursos naturais de forma planejada, visando a harmonia entre a produção agrícola e a preservação ambiental (ROLOFF; REMPEL; ECKHARDT, 2014).

A bovinocultura leiteira, assim como outras culturas, utiliza recursos naturais para produzir leite, no entanto práticas de manejo inadequadas podem prejudicar o solo, contaminar a água e afetar a biodiversidade, resultando na degradação do ambiente agrícola (VILELA *et al.*, 2016).

Buscando se adequar às leis ambientais e às metodologias de manejo sustentáveis que potencializem as ações produtivas, a produção agropecuária percebeu a relevância de um sistema capaz de avaliar a propriedade rural considerando seus aspectos de forma geral, assim como suas interações (COSTA *et al.*, 2013).

Gomes *et al.* (2002) salientam que a partir da década de 1990, as cadeias produtivas do Complexo Agroindustrial Brasileiro passaram por várias mudanças estruturais no ambiente institucional e econômico brasileiro, com o fim do tabelamento de preços, abertura comercial, entrada do país no Mercosul e, principalmente, em virtude da estabilização da economia com o Plano Real. Nas quais, todas essas ações tiveram reflexos na expansão gradual da produção nacional.

Em 2017, conforme dados da EMBRAPA (2017), o mercado internacional de leite foi marcado pela recuperação dos preços e da produção, com destaque para os países da União Europeia, Estados Unidos e Brasil, onde a produção cresceu cerca de 1,83%, ou seja, quase 6 bilhões de litros de leite.

A cadeia produtiva do leite é uma das mais importantes atividades da economia nacional, praticada em quase todo o território e gerando milhões de empregos em todas as etapas produtivas. Os dados do Censo Agropecuário de 2017 revelam que 23,2% dos estabelecimentos agropecuários produziram leite de vaca. Em comparação com o Censo Agropecuário de 2006, houve um crescimento de 46,6% na quantidade produzida, apesar de uma redução de 13,3% no número de estabelecimentos que produzem o item e uma queda de 27,7% no número de estabelecimentos que vendem leite de vaca (IBGE, 2017).

Conforme o último censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2023), a produção brasileira de leite em 2022 atingiu 34,6 bilhões de litros. Minas Gerais continuou sendo o maior estado produtor, com uma produção de cerca de 9,36 bilhões de litros, representando aproximadamente 27,1% da produção nacional. O Paraná permaneceu em segundo lugar, com um aumento de 1,3% em sua produção, totalizando 4,47 bilhões de litros em 2022. O Rio Grande do Sul ocupou a terceira posição, com uma produção de 4,07 bilhões de litros, uma queda de 7,5% em relação ao ano anterior. O número total de vacas ordenhadas totalizou aproximadamente 15,7 milhões. Quanto à produtividade média das vacas no Brasil, registrou-se uma média de 2.199 litros por vaca por ano.

Segundo Reis Filho e Carvalho (2009) e Silva, Câmara e Telles (2016), a produção nacional de leite enfrenta diversos desafios, especialmente nos aspectos econômicos, ambientais, técnicos e sociais. No campo econômico, destacam-se questões como a sazonalidade da produção, variações nos preços do leite e o aumento da competição no mercado. Na esfera ambiental, as preocupações incluem as emissões de gases de efeito estufa, a degradação do solo, o alto consumo de água, o uso de energia e o bem-estar animal. Os desafios técnicos envolvem o controle zootécnico do rebanho, o aumento da produtividade, o manejo de doenças e a melhoria da qualidade do leite.

Segundo Barroso (2022), os produtores enfrentam preocupações com a sustentabilidade, especialmente devido aos constantes aumentos nos custos de energia elétrica, que representam um dos principais custos de produção.

A segurança alimentar também é um grande desafio, especialmente considerando as projeções de crescimento populacional. Estima-se que a população mundial ultrapasse os 9 bilhões até 2050, enquanto a disponibilidade de terra arável por pessoa continua diminuindo. A ONU/FAO (2009), citada por Educapoint (2019), concluiu que será necessário um aumento de 70% na produção de alimentos até 2050, e que 80% desse aumento deve vir da melhoria da produtividade, devido às limitações de recursos como terra e água. Essa necessidade de aumento da produtividade foi denominada "intensificação sustentável", destacando o papel crucial da tecnologia e da eficiência na garantia das futuras necessidades alimentares.

Vale frisar a importância da conexão entre a viabilidade econômica e o bem-estar do rebanho leiteiro, ressaltando que os produtores de leite modernos

buscam seguir as melhores práticas de gerenciamento para promover a produtividade e o bem-estar de seus animais. As dietas são balanceadas utilizando os mais recentes programas de formulação de ração baseados em computador, visando atender aos requisitos nutricionais das vacas, que são alimentadas como misturas totais para otimizar o aproveitamento de nutrientes e reduzir as perdas (EDUCAPOINT, 2019).

As boas práticas na pecuária de leite garantem que o leite seja produzido de forma sustentável e responsável, considerando os aspectos de bem-estar animal, bem como as perspectivas econômica, social e ambiental. Dessa forma, a implementação dessas práticas se mostra uma estratégia eficaz e necessária para gerenciar os riscos enfrentados pelas empresas rurais a curto e longo prazo (FAO; IDF, 2013).

As boas práticas agropecuárias aplicadas à pecuária de leite englobam a adoção de procedimentos adequados em todas as etapas da produção de leite nas propriedades rurais, conjunto conhecido como Boas Práticas na Pecuária de Leite (FAO e IDF, 2013).

Essas práticas devem garantir que o leite e seus derivados sejam seguros e adequados para o consumo humano, além de manter a viabilidade da empresa rural nas esferas econômica, social e ambiental. Os produtores de leite por integrarem a cadeia alimentar, devem priorizar a segurança e a qualidade do leite que produzem. As boas práticas na pecuária de leite promovem a produção de leite que atende às mais elevadas exigências da indústria de alimentos e dos consumidores (FAO; IDF, 2013).

O quadro regulatório internacional que assegura a segurança e as características do leite e dos produtos lácteos está contido no *Codex Recommended International Code of Practice – General Principles of Food Hygiene* (Código Internacional de Práticas Recomendadas pelo Codex - Princípios Gerais de Higiene dos Alimentos), (CAC/RCP 1-1969, Rev. 4, 2003), junto com o *Codex of Hygienic Practice for Milk and Milk Products* (Código de Práticas de Higiene para o Leite e os Produtos Lácteos) (CAC/RCP 57-2004).

Em 2018, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) implementou novas regulamentações para a produção de leite, com o objetivo de aumentar a eficiência e garantir padrões mínimos de qualidade em conformidade com práticas internacionais, priorizando o bem-estar animal e a sustentabilidade do setor. As Instruções Normativas (INs) números 76 e 77 estabeleceram diretrizes fundamentais, exigindo que produtores e indústrias de laticínios se ajustassem às novas regulamentações (BRASIL, 2018; ABRAHÃO; NATEL, 2022).

### **3.2 Impactos ambientais da produção de leite**

Nos últimos anos, o aspecto ambiental tem ganhado destaque nas decisões de compra dos consumidores, refletindo uma crescente conscientização sobre questões sustentáveis, inclusive no contexto alimentar. Os consumidores buscam informações sobre as condições de produção dos produtos que consomem e muitos optam por produtos ecologicamente corretos. Desta maneira, a sustentabilidade ambiental não é apenas importante para a

continuidade da atividade pecuária, mas também uma exigência dos mercados, especialmente no exterior. (SIMÕES *et al.*, 2021; EDUCAPPOINT, 2019).

A pecuária tem sido apontada como uma atividade que causa significativos danos ao meio ambiente. O sistema adotado no país contribui para a degradação do solo devido ao baixo investimento nos cuidados com as pastagens, o que pode resultar em erosão e compactação do solo. Além disso, há o risco de poluição dos recursos hídricos devido à carga de nutrientes, como metano (CH<sub>4</sub>) e óxido nitroso (NO<sub>2</sub>) provenientes do esterco, bem como a presença de hormônios e patógenos que são levados aos rios pela lixiviação do solo (DEZEN *et al.*, 2008).

As propriedades rurais são frequentemente associadas à geração de impactos ambientais negativos. Segundo Souza (2010) a pecuária é um dos fatores responsáveis pela redução da biodiversidade, pois representa 20% do total da biomassa animal do planeta e é veículo para a degradação de áreas pastagens. A necessidade de ocupação de grandes extensões de área para práticas pecuárias afeta gravemente o meio ambiente e devido ao alto custo para recuperar áreas degradadas as terras acabam abandonadas por períodos de tempo indeterminados (WUST; TAGLIANI; CONCATO, 2015).

A ração e a produção de leite, por exemplo, respondem por cerca de 80% do impacto ambiental total dos laticínios em países industrializados, com uma proporção ainda maior em regiões em desenvolvimento (EDUCAPOINT, 2019). Segundo Oshiro *et al.* (2016), os sistemas intensivos de gado leiteiro resultam em uma alta concentração de resíduos, incluindo urina, fezes, restos de alimentos, resíduos de camas e resíduos de higiene e sanitização do

ambiente onde os animais estão alojados, e essa concentração pode chegar a mais de 88,4 kg por animal/dia.

Durante o processo de digestão entérica, conforme Giovanini *et al.* (2013), os bovinos emitem vários Gases de Efeito Estufa (GEE), sendo o metano (CH<sub>4</sub>) e o óxido nitroso (NO<sub>2</sub>) os mais destacados. Ao mesmo tempo, os avanços na modernização dos meios agrícolas demandam mais energia elétrica para esterilizar equipamentos, controlar a temperatura durante as ordenhas e resfriar o leite.

De acordo com Blanco *et al.* (2014), os dejetos produzidos pelos bovinos possuem alto teor energético, água e diversos macro e micronutrientes, tornando-se um excelente substrato para o desenvolvimento de vetores de doenças. No entanto, Utembergue *et al.* (2013) afirmam que, se gerenciados corretamente, por meio de compostagem e biodigestão, esses dejetos podem se tornar uma fonte valiosa de nutrientes para hortas e gerar energia elétrica e gás para cozinhas. Por outro lado, Blanco *et al.* (2014) alertam que muitas vezes esses dejetos não recebem uma destinação adequada, sendo depositados em solos e rios, o que resulta na poluição das águas superficiais e subterrâneas e no aumento das emissões de gases do efeito estufa.

Uma análise comparativa entre a produção de leite em fazendas dos EUA em 1944 e 2007 revelou uma mudança notável na pegada de carbono da produção de leite ao longo desse período. Enquanto as vacas leiteiras modernas de alta produção têm uma pegada de carbono consideravelmente maior do que as de 1944 em termos individuais, quando consideradas por unidade de leite produzida, as fazendas modernas demonstram uma melhoria

significativa na eficiência, refletindo uma redução substancial na pegada de carbono por unidade de leite em 2007 em comparação a 1944 (EDUCAPOINT, 2019).

Segundo a análise, deve ser levado em consideração que a indústria de laticínios tem como objetivo principal a produção de leite, não de vacas em si. E quando consideramos a produção por unidade de leite, pode ser notada vantagens surpreendentes decorrentes da melhoria da eficiência produtiva nas fazendas leiteiras modernas (EDUCAPOINT, 2019).

Ainda segundo a análise, a pegada de carbono de uma unidade de leite produzida em 2007 é apenas 37% daquela de 1944. Essa significativa redução na pegada de carbono ao longo do último meio século é uma história de sucesso notável para o impacto ambiental e a sustentabilidade da indústria de laticínios dos EUA. Devido aos ganhos de eficiência produtiva entre 1944 e 2007, a produção de uma quantidade igual de leite em 2007 requer apenas 21% dos animais, 23% da ração, 35% da água, 10% da área terrestre e produz apenas 24% do desperdício de animais. Apesar da redução no número de vacas (9 milhões em 2007 versus 25,6 milhões em 1944), a indústria de laticínios de 2007 produziu 59% mais leite com uma pegada de carbono total 41% menor do que em 1944 (EDUCAPOINT, 2019).

Se observarmos as tendências globais, o aumento da produção de leite contribui para a redução das emissões de carbono em nível mundial. As variações regionais na produtividade têm impactos ambientais diferenciados como evidenciado em um relatório da ONU/FAO (2010) que analisou as emissões de gases de efeito estufa (GEE) na produção de laticínios por meio

da análise do ciclo de vida (ACV). Segundo o relatório, à medida que a intensidade da produção diminui e a produção média de leite passa de aproximadamente 9.000 kg/vaca na América do Norte para cerca de 250 kg/vaca na África Subsaariana, a pegada de carbono aumenta de 1,3 kg CO<sub>2</sub>-eq/kg de leite para 7,6 kg CO<sub>2</sub>-eq/kg de leite (EDUCAPOINT, 2019).

Independentemente das particularidades do sistema de produção de leite, uma maior produtividade com a mesma composição diminui o impacto ambiental da produção leiteira, uma vez que requer menos animais para produzir a mesma quantidade de leite. Essa abordagem reduz a demanda por recursos não renováveis ou intensivos em energia, como terra, água, combustíveis fósseis e fertilizantes, ao mesmo tempo que promove a gestão ambiental (EDUCAPOINT, 2019).

Muitos produtores de leite estão percebendo a possibilidade de conciliar viabilidade econômica, responsabilidade social e sustentabilidade ambiental (CHECK MILK, 2021). Desta maneira, conforme o World Bank (2010), é fundamental conduzir estudos sobre a viabilidade de adquirir fontes de energia menos prejudiciais à atmosfera, visando minimizar os impactos ambientais dos processos de produção e promover o desenvolvimento sustentável. Essa preocupação pode ser abordada por meio da utilização de biodigestores para gerar energia elétrica, destinação correta para resíduos e dejetos e o uso de alimentação alternativa para minimizar a emissão de gases.

### 3.3 Definição e histórico de sustentabilidade

Em 1987, a World Commission on Environment (Brundtland, 1987) consolidou o conceito de sustentabilidade em seu documento conhecido como "Relatório Brundtland". Nesse relatório, o desenvolvimento sustentável é definido como aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das futuras gerações de satisfazerem as suas próprias necessidades.

As discussões em torno desse conceito se intensificaram quando os danos causados pelo modelo tecnológico produtivista, introduzido aos agricultores durante as décadas de 1960 e 1970 pela Revolução Verde, se tornaram evidentes. Esse modelo buscava aumentar a produtividade por meio do uso de insumos químicos, mecanização e cultivos de alto rendimento (REIJNJES; HAVEKORT; WATERS-BAYER, 1994).

A palavra "sustentabilidade" deriva do latim "sustentare", que significa suportar, conservar em bom estado, manter, resistir, sustentar, sobreviver ou persistir (COSTANZA; PATTEN, 1995; SICHE *et al.*, 2007).

O verbo "sustentar" tem origem no Latim "sustinere" (sus-, de baixo + tenere, segurar), que significa "manter". Sua origem sugere apoio contínuo e duradouro. No contexto da agricultura, o termo "sustentável" descreve sistemas de produção capazes de manter sua produtividade e utilidade para a sociedade a longo prazo. Tais sistemas, conforme Duesterhaus (1990), obrigatoriamente conservam recursos naturais, são socialmente apoiados e comercialmente competitivos, além de serem ecologicamente saudáveis.

O conceito de sustentabilidade passou por diversas evoluções, com diferentes enfoques e definições. No entanto, todas elas compartilham a ideia dos três pilares: econômico, ambiental e social. Essa definição, proposta por Elkington (1997), uniu em um único conceito os ideais de prosperidade econômica, qualidade ambiental e justiça social.

Esses pilares devem estar intrinsecamente interligados, com ações que busquem o equilíbrio entre eles. A sustentabilidade está relacionada à integração interdependente de fatores que permeiam a sociedade, como aspectos econômicos, sociais, institucionais e ambientais, com o objetivo de preservar o ambiente sem comprometer as gerações futuras. Por essa razão, diversos autores têm enfatizado a necessidade de uma abordagem sistêmica, complexa, dinâmica e evolutiva, além da construção social da sustentabilidade (LÉLÉ, 1991; PEZZEY, 1992; PROOPS *et al.*, 1996; BYRNE, 1999; HOLLING, 2000; RIHANI, 2002; VOINOV; FARLEY, 2007; GÓMEZ-LIMÓN; SANCHEZ-FERNANDEZ, 2010; SILVA NETO, 2013; HAYATI, 2017).

A atividade leiteira pode ser considerada sustentável quando consegue se manter em desenvolvimento, fornecendo empregos e alimentos para atender às necessidades das pessoas. Considerando que o conceito de sustentabilidade é holístico e dinâmico, a pecuária leiteira sustentável pode ser definida como aquela que busca melhorar a utilização dos recursos naturais, alcança resultados econômicos viáveis para manter os produtores e a atividade em funcionamento, promove o bem-estar humano e animal de forma socialmente responsável e minimiza os impactos ambientais para conservar o

ambiente (PRETTY, 2008; OUDSHOORN *et al.*, 2012; GALLOWAY *et al.*, 2018).

No contexto da pecuária leiteira, a sustentabilidade abrange diversos pilares, incluindo a viabilidade econômica, o aspecto social e o ambiental. Para muitos, a busca pela sustentabilidade na pecuária desperta o desejo de implementar programas, produtos e soluções que melhorem a eficiência do setor. Sustentabilidade significa produzir mais com menos, gerar mais riqueza utilizando menos recursos naturais e minimizando o desperdício. Envolve uma abordagem abrangente que inclui gestão eficiente, técnicas adequadas, estratégias de marketing e desenvolvimento de práticas que beneficiem tanto o consumidor quanto o produtor, contribuindo para um equilíbrio positivo para o planeta (CRMVPB, 2023).

### **3.4 Pilares da sustentabilidade**

Estudos realizados por Almeida e Navarro (2009), Favero (2007), Gliessman (1990), Kageyama (2004) e Paiva (2018) abordam a questão da sustentabilidade sob uma análise multidimensional, considerando diversas dimensões como a econômica, social, ambiental, cultural e institucional. Esses estudos sugerem que em sistemas agrícolas menos agressivos seja possível observar uma qualidade de vida mais saudável, resultando em um equilíbrio mais harmonioso entre o homem e a natureza.

Na pecuária leiteira, assim como em todas as cadeias produtivas do agronegócio, é essencial trabalhar de forma eficiente com a tríade da sustentabilidade: viabilidade econômica, impacto ambiental e aceitabilidade

social (BARUSELLI, 2020; AGROSMART, 2022; HONORATO, 2022). Portanto, a sustentabilidade na pecuária leiteira está intrinsecamente ligada a diversas dimensões, incluindo:

- a) Dimensão Econômica: A sustentabilidade abrange a perspectiva econômica, pois é essencial avaliar a qualidade de vida das pessoas e o desenvolvimento da atividade. Sevilla (2001) destaca que, por muitos anos, a questão econômica foi considerada o ponto central do desenvolvimento, focando apenas no crescimento quantitativo. No entanto, percebeu-se que o desenvolvimento requer elementos tanto quantitativos quanto qualitativos. Após a Revolução Verde, a agroecologia ganhou destaque ao ajudar a compreender as características locais, buscando ativar o potencial endógeno e desmistificar a visão do rural como sinônimo de atraso.
- b) Dimensão Ambiental: A dimensão ambiental é fundamental na análise de sustentabilidade. Durante os anos 80, com a realização de conferências mundiais, o tema do meio ambiente ganhou destaque globalmente. Em 1988, foi publicado um dos documentos mais importantes sobre o assunto, intitulado "Nosso Futuro Comum", que discutia ameaças ao equilíbrio ambiental, como desflorestamento, erosão do solo, efeito estufa e cadeia alimentar. Identificar os impactos das práticas da pecuária leiteira que afetam a qualidade do solo, do ar e dos produtos é essencial para a construção de indicadores de sustentabilidade (ZULAUF, 2000).

c) Dimensão Social: A dimensão social é o pilar fundamental da sustentabilidade, uma vez que a preservação ambiental e a conservação dos recursos naturais só são eficazes quando o produto gerado pode ser equitativamente apropriado e usufruído por todos os segmentos da sociedade. Está diretamente relacionada à satisfação das necessidades básicas das pessoas e ao desenvolvimento da atividade (CAPORAL; COSTABEBER, 2002)

### **3.5 Aspectos gerais sobre sustentabilidade na pecuária leiteira**

O tema da sustentabilidade é tão relevante e atual que várias instituições e empresas oferecem treinamentos para os produtores rurais, visando ajudá-los na adoção de novas tecnologias para reduzir o desmatamento e promover a restauração florestal. Essa capacitação também amplia o conhecimento sobre práticas agrícolas mais modernas, que visam minimizar o impacto ambiental e fertilizar o solo de forma consciente e eficiente (RODRIGUES, 2022).

A preocupação com o meio ambiente, a sociedade e a preservação dos recursos naturais é evidente em todas as partes do planeta. Nos mais diversos setores, incluindo a agricultura e a produção de leite, há uma variedade de oportunidades disponíveis. Desde os métodos de manejo adotados nas propriedades até o acesso a crédito e programas governamentais, existem diversas possibilidades para promover a sustentabilidade (AKATU, 2021; MILKPOINT, 2022; COMPRE RURAL, 2023).

A pecuária, em particular, é conhecida por ter um alto impacto ambiental, especialmente quando praticada sem o devido suporte técnico e planejamento

adequado. Portanto, o desenvolvimento de sistemas de produção de leite com impactos mínimos requerem estudos e planejamento cuidadosos. Por exemplo, as Avaliações de Impacto Ambiental (AIAs) são instrumentos importantes para avaliar a sustentabilidade das atividades rurais, fornecendo orientações para a gestão ambiental e o desenvolvimento sustentável local (RODRIGUES, 2015).

Anteriormente, um sistema sustentável na agricultura era definido como aquele capaz de produzir alimentos a preços acessíveis para os consumidores, ao mesmo tempo em que proporcionava uma renda suficiente para os produtores. No entanto, essa concepção evoluiu recentemente, abrangendo um espectro mais amplo de considerações. Hoje em dia, a produção sustentável é vista em um contexto mais abrangente, representando um sistema que equilibra a viabilidade econômica, o impacto ambiental e a aceitação social (EDUCAPOINT, 2019).

Um sistema agrícola sustentável engloba três dimensões essenciais. Primeiramente, há a dimensão econômica, que se traduz por uma indústria produtiva, eficiente e lucrativa. Em seguida, temos a dimensão ambiental, que se concentra no uso mais eficiente dos recursos naturais, na manutenção da qualidade do ar e da água, e na preservação do habitat da vida selvagem e da paisagem rural. Por fim, a dimensão social é evidenciada por uma indústria que se preocupa e leva em consideração a comunidade, os trabalhadores e o bem-estar animal (EDUCAPOINT, 2019).

Na perspectiva da sustentabilidade agrícola, um sistema é considerado eficaz quando consegue atender não só as necessidades básicas de alimentos e fibras, mas também é economicamente viável, promove uma melhoria na

qualidade de vida dos produtores e da sociedade em geral, enquanto preserva os recursos naturais e a qualidade ambiental essenciais para o futuro da agricultura (EDUCAPOINT, 2019; NUTRINEWS, 2020). Gliessman (2001) destaca que enquanto as práticas agrícolas forem impulsionadas unicamente pela busca de lucro a curto prazo a sustentabilidade na agropecuária será difícil de ser alcançada.

Assim como em outras áreas, como o agronegócio, na indústria e o comércio há produtores que adotam práticas sustentáveis e lucrativas, enquanto outros ainda não perceberam os benefícios dessa abordagem (GUIMARÃES, 2023). Na pecuária leiteira, isso não é diferente, em 2021, durante a Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (COP26) foram discutidas ações para cumprir o Acordo de Paris. O Brasil assumiu compromissos de reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 37% até 2025, o que implica em mudanças em todos os setores produtivos do país, incluindo a produção de alimentos (HONORATO, 2022).

Nas fazendas leiteiras no Brasil várias práticas sustentáveis estão sendo adotadas para minimizar o impacto ambiental e aumentar a eficiência produtiva. Entre essas práticas, o armazenamento de dejetos em esterqueiras para uso em lavouras e pastagens é amplamente aplicado, seguido pela geração e utilização de energias renováveis, uso racional da água, fertirrigação e produção de biogás. Além disso, estratégias para aumentar a produtividade como melhor eficiência, aproveitamento da terra para produzir mais leite em áreas menores (GUIMARÃES, 2023).

Uma produção de leite mais sustentável é fundamental para o ganho da fazenda, e alguns pontos-chave merecem destaque: manejo do solo, manejo do pasto, sanidade animal, manejo reprodutivo, redução da idade ao primeiro parto, formulação eficiente da dieta e uso racional de energia e água. (EDUCAPOINT, 2021).

A posse ou não de uma certificação não determina de forma definitiva se uma prática agrícola degrada ou não o meio ambiente. Dentro desse contexto, muitos produtores buscam adotar práticas mais sustentáveis e desejariam receber incentivos adicionais para investir nessas práticas. Produtores de leite que estão interessados em adotar abordagens mais sustentáveis, mas preferem evitar uma carga excessiva de exigências, e que buscam taxas de juros justas e apoio para aqueles que desempenham um papel vital na alimentação do país, têm boas opções disponíveis junto às instituições bancárias no Brasil (COMPRES RURAL, 2023).

Uma gestão eficiente dos recursos na pecuária leiteira é fundamental para minimizar o impacto ambiental e os custos. Os preços do leite têm atingido níveis recordes devido à escassez do produto no mercado, combinado a condições climáticas adversas, aumento dos custos de produção e desmotivação para investimentos na atividade (HONORATO, 2022). Para isso, a colaboração entre todos os envolvidos, sejam eles participantes diretos ou indiretos é fundamental para o sucesso de projetos que sejam "ambientalmente corretos, economicamente viáveis e socialmente justos" (ALMEIDA, 2009).

Além disso, uma administração especializada e eficaz é essencial para tornar a atividade de pecuária leiteira sustentável e alcançar várias metas

importantes. Estas incluem o aumento da produtividade por hectare, a redução da expansão em novas áreas, a melhoria da qualidade do produto, a diminuição do impacto ambiental da atividade e o aprimoramento da qualidade de vida das famílias envolvidas no processo produtivo (ALMEIDA, 2009).

Desta maneira, para garantir a sustentabilidade na produção de leite, todos os envolvidos na cadeia láctea sejam produtores, técnicos ou indústrias, precisam continuar se desenvolvendo e buscar práticas mais sustentáveis. Isso inclui o uso mais eficiente dos recursos naturais, como ar, água, habitat da vida selvagem e paisagem rural (HONORATO, 2022).

Segundo Hortolane (2023) os modelos intensivos de produção surgem como uma alternativa para atender à demanda por produtividade, ao mesmo tempo em que promovem a sustentabilidade. Esses sistemas proporcionam um maior controle sobre o processo produtivo, incluindo a dieta e nutrição dos animais, bem como o manejo adequado. Além disso, esses modelos tendem a aumentar a proporção de concentrados na dieta dos animais, reduzindo o consumo de alimentos volumosos, como pastagens e silagens. Isso resulta em uma otimização das vias metabólicas dos animais, com menor necessidade de degradação de celulose e consequente redução na produção de metano.

Honorato (2022) ressalta que a busca pela sustentabilidade na pecuária leiteira demanda o uso da tecnologia em todas as atividades do agronegócio. Isso inclui a aplicação de inovações que buscam compreender a biologia dos animais, aprimorar técnicas genéticas para selecionar vacas mais produtivas e implementar práticas de manejo e novas tecnologias para garantir uma

produção de leite eficiente. No entanto, muitas dessas tecnologias ainda não são amplamente aplicadas em pequenas propriedades rurais.

Ao produzir de forma sustentável, respeitando a reserva natural e adotando uma nutrição adequada do rebanho para alcançar a máxima produção, é possível obter uma maior eficiência e reduzir os impactos negativos no meio ambiente. Geralmente, as fazendas que adotam práticas sustentáveis também alcançam maior lucratividade e recebem avaliações positivas em termos de sustentabilidade (AGROSMART, 2022; HONORATO, 2022).

### **3.6 Benefícios da pecuária sustentável**

Os benefícios de um modelo de pecuária sustentável podem ser representados pelos resultados percebidos no meio ambiente e na produção. São impactos positivos e importantes que podem garantir um futuro próspero para a pecuária, assim como a conservação dos recursos naturais e meio ambiente (COIMMA, 2019).

Como benefícios ambientais temos:

- Oferta de água de qualidade;
- Aumento da biodiversidade;
- Solos preservados e sustentáveis;

De benefícios no sistema produtivo temos:

- Aumento da capacidade de suporte da pastagem;

- Redução da ocorrência de pragas e doenças na pastagem;
- Redução de doenças no gado;
- Aumento do bem-estar animal;
- Maior produtividade em arroba/ hectare /ano.

Já conforme Terra de Cultivo (2021) a pecuária sustentável proporciona os seguintes benefícios:

- Preservação dos recursos naturais;
- Redução na emissão de CO<sub>2</sub>;
- Aumento no bem-estar dos animais;
- Redução de perdas nos sistemas de produção;
- • produção de carne e leite com maior qualidade;
- • aumento da capacidade de suporte da pastagem.

### **3.7 Binômio Agroecologia - Sustentabilidade**

O termo agroecologia, em sua composição, reflete suas raízes etimológicas: "agro" do Latim Agri, que significa campo ou terra de cultivo; "eco" do grego Oikos, que remete a casa; e "elogia" do grego Logus/Logien, que se relaciona ao estudo de um assunto específico ou falar sobre algo. Assim, a agroecologia pode ser entendida como uma área de estudo específica que investiga os cultivos e suas interações com fatores sociais e ambientais (ALMEIDA, 2018).

A agroecologia não é apenas uma área de estudo, mas também um sistema produtivo que promove e desenvolve as capacidades agrícolas, considerando todos os agentes envolvidos, como os seres humanos como gestores, o ambiente e suas condições como suporte de recursos, e a tecnologia como uma ferramenta. Seu foco está na sustentação das atividades agrícolas para produzir alimentos e fibras, incluindo o ser humano, conservando e recuperando a natureza, e inovando as tecnologias (ALMEIDA, 2018).

Ao longo do tempo, ambientes naturalmente heterogêneos e ricos em biodiversidade foram simplificados e dominados por uma ou duas espécies, levando à perda de terras e autonomia das comunidades tradicionais. A substituição da agricultura tradicional pelo modelo moderno resultou em prejuízos ambientais, sociais, culturais e genéticos. Ao rejeitar esse modelo, em grande parte associado à agricultura em larga escala e aos pacotes tecnológicos da revolução verde, a agroecologia propõe enfrentar os problemas rurais e buscar soluções de forma participativa, integrando os agricultores e suas famílias nas decisões (BRANCO, 2012, citado por ALMEIDA, 2018).

\*Revolução verde refere-se à invenção e disseminação da alta tecnologia (genética, mecânica e química) nas práticas agrícolas, promovendo um vasto aumento na produção agrícola a partir da década de 1950. Teve início nos Estados Unidos e na Europa e, posteriormente se estendeu a outros países.

A agroecologia propõe resgatar o conhecimento tradicional dos agricultores, promovendo a agricultura sustentável. Como uma área científica ela aplica conceitos da ecologia no manejo dos agroecossistemas, que são as unidades de análise dos sistemas agropecuários (ALMEIDA, 2018).

A transição para modelos de produção agroecológicos são um processo gradual e multifacetado. Esse conceito de "transição" é central na agroecologia e envolve uma mudança gradual e multilinear nas práticas de manejo dos agroecossistemas. Na agricultura, o objetivo é substituir o modelo agroquímico de produção, que pode ser mais ou menos intensivo no uso de insumos industriais, por estilos de agricultura que incorporam princípios e tecnologias de base ecológica. (Caporal e Costabeber, 2004, citados por Almeida, 2018).

A ideia de transição agroecológica implica em um processo contínuo e progressivo ao longo do tempo, sem um ponto final definido. Porém, por ser um processo social, dependente da intervenção humana, essa transição envolve não apenas uma busca por uma racionalização econômico-produtiva, considerando as particularidades de cada agroecossistema, mas também uma mudança nas atitudes e valores dos atores sociais em relação ao manejo e conservação dos recursos naturais (ALMEIDA, 2018).

Quanto ao termo sustentabilidade ele tem sido objeto de discussão desde a década de 80, quando ganhou destaque e passou a ser adotado por marcas e empresas como um jargão de marketing. No entanto, entre os acadêmicos não há consenso sobre sua definição devido à sua natureza multidisciplinar, abrangendo diversos ramos filosóficos. Nesse contexto, o termo sustentabilidade refere-se ao potencial de permanência ao longo do tempo das atividades agropecuárias, envolvendo aspectos de manutenção, recuperação, promoção socioeconômica, cultural e ambiental das unidades de produção agrícola. Assim, quanto mais sustentável for uma propriedade, maior será o seu nível de transição agroecológica (ALMEIDA, 2018).

No âmbito do agronegócio, a adoção dos princípios da agroecologia como orientadores do processo produtivo é fundamental para alcançar o desenvolvimento rural sustentável (Caporal e Ramos (2006, citados por ALMEIDA, 2018).

Quando falamos sobre sustentabilidade no agronegócio uma série de tópicos vêm à mente. Dentre eles, destacam-se os critérios ESG (ambientais, sociais e de governança), os sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), a agricultura regenerativa (Akatu, 2021), o bem-estar animal, a agricultura de precisão, entre outros temas que têm sido abordados para promover um agronegócio mais inteligente e sustentável (CANAL AGRO, 2020; RIBEIRO, 2022).

### 3.7.1 ESG (*Environmental, Social and Governance*)

O conceito de ESG *Environmental, Social and Governance* (Ambiental, Social e Governança, em inglês) é uma abordagem que avalia se as práticas de uma empresa são sustentáveis ambientalmente, socialmente responsáveis e adequadamente gerenciadas. Ele se tornou uma métrica importante para determinar o compromisso de uma empresa com a sustentabilidade e a responsabilidade social (CANAL AGRO, 2020; RIBEIRO, 2022).

No contexto ambiental, o ESG analisa como uma empresa lida com questões ambientais e como ela contribui para enfrentar os desafios relacionados ao meio ambiente. Isso inclui considerações sobre aquecimento global, emissões de gases de efeito estufa, desmatamento, gestão de resíduos, escassez de água e poluição do ar e da água. Esses aspectos são avaliados

para determinar o impacto ambiental da empresa e sua contribuição para a preservação do meio ambiente (CANAL AGRO, 2020; RIBEIRO, 2022).

Do ponto de vista social, o ESG busca promover a profissionalização da gestão no agronegócio, considerando aspectos como boas condições de trabalho, bem-estar dos colaboradores, políticas de inclusão e diversidade, e apoio a iniciativas sociais. Essa dimensão enfatiza a importância do cuidado com as pessoas envolvidas na cadeia produtiva (CANAL AGRO, 2020; RIBEIRO, 2022).

Já do ponto de vista da governança, o ESG refere-se às práticas administrativas da empresa, incluindo transparência financeira e contábil, políticas de remuneração, conformidade com códigos de conduta e ética, e elaboração de relatórios completos, honestos e legais. Essa dimensão visa garantir uma gestão transparente e ética nas empresas do agronegócio (CANAL AGRO, 2020; RIBEIRO, 2022).

De acordo com o Sebrae (2022), a biossegurança está intrinsecamente ligada ao ESG. Portanto, garantir a produção de leite e laticínios de alta qualidade e excelência requer a implementação de medidas sanitárias rigorosas para assegurar a biossegurança durante todo o processo produtivo. Isso é fundamental tanto para os grandes produtores quanto para os médios e pequenos produtores, que seguem normas sanitárias similares, porém menos flexíveis. Investir em biossegurança e biossegurança não apenas garante conformidade com a legislação vigente, mas também confere um diferencial competitivo, seja para fornecer leite às indústrias ou para fabricar produtos próprios.

### 3.7.2 ILPF e ILP

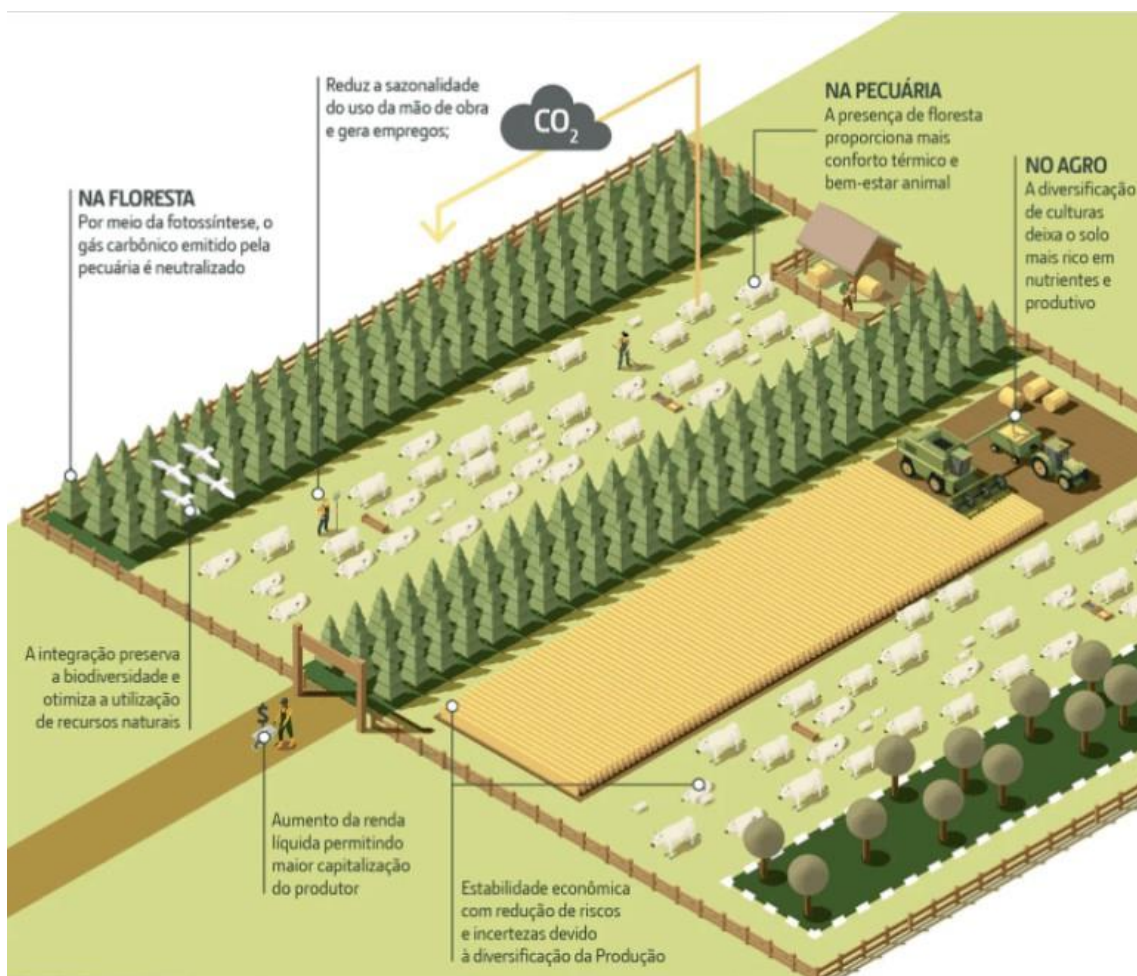
O sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) representa uma abordagem integrada e sustentável para a produção agrícola. Nesse modelo, o produtor consegue maximizar o uso da área, recursos, mão-de-obra, insumos e tempo, ao produzir diferentes culturas e criar animais em um mesmo espaço, de forma consorciada (CANAL AGRO, 2020; RIBEIRO, 2022)

Essa abordagem funciona como uma simbiose onde todos os componentes se beneficiam mutuamente. O resultado é uma diversificação produtiva que proporciona ao produtor diversas fontes de renda, aumentando sua segurança financeira diante das flutuações do mercado. Além disso, o ILPF contribui significativamente para a redução dos gases de efeito estufa, ao mesmo tempo em que promove a captura de carbono da atmosfera. (CANAL AGRO, 2020; RIBEIRO, 2022)

Um estudo realizado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2015) destaca uma série de benefícios desse sistema, incluindo o aumento da produção de grãos, fibras, carne, leite e produtos madeireiros e não madeireiros. O ILPF também gera empregos diretos e indiretos, melhora o bem-estar animal através do conforto térmico, mantém a biodiversidade e promove a sustentabilidade da agropecuária. Além disso, contribui para a redução da pressão sobre áreas desmatadas para expansão de pastagens ou lavouras.

A ILPF é um sistema que combina atividades agrícolas, pecuárias e florestais em uma mesma área, visando obter efeitos sinérgicos na produção .

Nesse sistema, as emissões de carbono são absorvidas pelas florestas. Técnica e formalmente, essa combinação de árvores com lavoura e pecuária é denominada sistema agrossilvipastoril (Figura 1). Além de contribuir para a captura de carbono a ILPF também desempenha um papel importante na conservação do solo e da água. O plantio estratégico de árvores de modo a permitir o desenvolvimento das culturas e do pasto ajuda a proteger o solo contra a erosão. As raízes das árvores também auxiliam na infiltração da água no solo, contribuindo para a sua conservação e para a recarga dos lençóis freáticos. Essa abordagem integrada não apenas melhora a produtividade agrícola e pecuária, mas também promove a sustentabilidade ambiental, ao mesmo tempo em que proporciona melhores condições de bem-estar animal (CHINI, 2021; RODRIGUES, 2022; ROSSO, 2023).



**Figura 1.** Modelo de ILPF na pecuária. Fonte: Chini (2021).

A Integração Lavoura-Pecuária (ILP) é uma estratégia agrícola que envolve o cultivo simultâneo de lavouras e pastagens na mesma área. Ao adotar esse sistema, os produtores podem reduzir os custos operacionais, melhorar a fertilidade do solo, acelerar a recuperação de áreas degradadas e promover a sustentabilidade da produção agrícola, entre outros benefícios (CANAL AGRO, 2020; RIBEIRO, 2022).

Os sistemas ILP e ILPF são estratégias que visam aumentar a produtividade de forma sustentável. Esses sistemas consistem na integração

de diferentes atividades agrícolas, pecuárias e/ou florestais em uma mesma área, seja por meio de cultivo consorciado, sucessão ou rotação de culturas. Do ponto de vista técnico, esses sistemas contribuem para a recuperação de áreas degradadas, reduzem os riscos de erosão, otimizam o uso de insumos, promovem o desenvolvimento de pastagens de melhor qualidade e maior quantidade, aumentando assim a capacidade de suporte de animais. Além disso, garantem o bem-estar animal ao proporcionar conforto térmico e impulsionam a produção de carne e leite por hectare (FRAGALLE, 2015).

Foi comprovado que ambos os sistemas trazem impactos econômicos positivos. Esses sistemas diversificam a produção, proporcionando maior renda e reduzindo os riscos para os produtores. Além disso, aumentam a produção de alimentos, fibras, biocombustíveis e biomassa de forma mais econômica, otimizando o uso da terra. Isso resulta em uma maior competitividade dos produtos agropecuários nos mercados nacional e internacional. Esses sistemas também estimulam o desenvolvimento de mercados regionais de serviços, insumos e produtos, e viabilizam a produção agropecuária de forma ambientalmente adequada (FRAGALLE, 2015).

Segundo o MilkPoint (2022), a adoção de práticas regenerativas e novas tecnologias pode representar um marco importante para a pecuária leiteira, visando a redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE). Essas práticas incluem a gestão das emissões entéricas, também conhecidas como "arrotos de vaca", e a destinação adequada do esterco. Além disso, a implementação de práticas regenerativas no cultivo de gramíneas e outras culturas alimentares é fundamental para a manutenção da saúde do solo,

envolvendo técnicas como o cultivo de cobertura, o plantio direto e a rotação de culturas. A produção circular de laticínios também é destacada como uma possibilidade, integrando os laticínios a um sistema alimentar mais sustentável para o futuro.

Rosso (2023) ressalta que a escolha de raças adequadas e a intensificação dos sistemas de produção pecuária a pasto representam alternativas viáveis para otimizar o uso da terra pelo setor. Estudos demonstraram que a intensificação das pastagens contribui significativamente para aumentar a produção de leite, ao mesmo tempo em que permite economizar espaço, chegando a uma economia de 2,64 hectares de terra.

Ainda segundo Rosso (2023), a taxa de lotação nesse modelo foi de cerca de sete vacas por hectare, enquanto no sistema extensivo era de apenas duas vacas por hectare. Isso significa que é possível produzir a mesma quantidade de leite em um hectare do sistema intensivo como em 3,64 hectares do sistema extensivo. Essa intensificação permite reduzir a pressão por desmatamento nos 2,64 hectares restantes. Dentro dessa área, é possível preservar aproximadamente 145 diferentes espécies arbóreas nativas, além da manutenção de diversas espécies da fauna da Mata Atlântica.

Além disso, os resultados foram promissores no que se refere à pegada de carbono por litro de leite, com valores inferiores a 0,5 kg de CO<sub>2</sub> por litro de leite (corrigido para teores de gordura e proteína). O autor destaca que, em relação à pecuária de leite no Brasil, sistemas com árvores apresentam baixa emissão de carbono. No país, a agropecuária é responsável por 33,6% das emissões brasileiras de gases de efeito estufa, incluindo o metano entérico

(CH<sub>4</sub>). Dessas emissões, 19% provêm da fermentação entérica. O rebanho bovino contribui com 97% das emissões de metano, sendo 86% do rebanho de corte e 11% do gado leiteiro.

### 3.7.3 Agricultura regenerativa

A agricultura regenerativa é um conceito que foi desenvolvido pelo americano Robert Rodale na década de 1980 e é um modelo que visa não apenas a produção de alimentos, mas também a recuperação dos solos e da biodiversidade. Este conceito abrange aspectos econômicos, éticos e sociais, buscando um equilíbrio entre a produção agrícola e a preservação do meio ambiente (AGROMULHER, 2021).

Ao adotar a agricultura regenerativa os agricultores procuram produzir alimentos enquanto contribuem para o sequestro de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), aumentam a biodiversidade e regeneram os solos em ambientes produtivos e saudáveis. Este modelo não apenas visa maximizar a produtividade, mas também promover a saúde dos ecossistemas agrícolas (AGROMULHER, 2021).

Além disso, a agricultura regenerativa pode aumentar a renda dos agricultores pois restaura o equilíbrio do sistema, proporcionando uma produção mais estável e sustentável. Esse tipo de agricultura também melhora as condições locais, contribuindo para nove dos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Assembleia Geral das Nações Unidas, abrangendo uma gama de áreas que vão desde a erradicação da fome até o

combate às mudanças climáticas e à proteção da vida terrestre e aquática. (AGROMULHER, 2021).

Agricultores e empresas estão cada vez mais conscientes do potencial das práticas regenerativas. As práticas associadas à agricultura regenerativa estão sendo cada vez mais adotadas por produtores incluindo aqueles que antes seguiam métodos agrícolas convencionais. Isso se deve ao reconhecimento por parte desses produtores de que um sistema mais equilibrado resulta em benefícios financeiros e ambientais mais significativos. Investir em práticas de regeneração é uma estratégia de ganho mútuo, na qual todos saem beneficiados. Não há motivo para os produtores não buscarem essas estratégias, uma vez que contribuem para uma produção mais consciente e lucrativa (AGROMULHER, 2021).

#### *3.7.4 Pecuária sustentável*

A pecuária moderna já adota diversas estratégias para melhorar sua sustentabilidade, como o aproveitamento de dejetos de confinamentos e granjas, o uso de energia solar e a integração com atividades agrícolas e de silvicultura para otimizar o uso da terra e dos recursos disponíveis. Além disso, a adoção de práticas que promovam o bem-estar animal são fundamentais para uma pecuária mais sustentável. (AGROMULHER, 2021).

Essas práticas de manejo racional não apenas proporcionam melhores condições sanitárias e produtivas para os animais, mas também resultam em um produto final de maior qualidade para o consumidor, agregando valor ao produtor e gerando um maior retorno financeiro. Sendo essa abordagem é uma

via de mão dupla que garante a sustentabilidade do negócio. Fatores como sombra, água limpa (frequentemente proveniente de sistemas de integração com florestas) e manejo racional dos animais, entre outros, contribuem para uma pecuária mais inteligente e rentável, promovendo uma atividade mais sustentável no longo prazo. (AGROMULHER, 2021).

### **3.8 Indicadores de sustentabilidade na pecuária leiteira**

Para alcançar a sustentabilidade na produção agropecuária é necessário adotar uma gestão que integre eficiência econômica, responsabilidade social e preservação do ambiente natural (SCHALLER, 1993; YUNLONG; SMIT, 1994; GALLOWAY *et al.*, 2018).

Compreender a relação entre viabilidade econômica e impactos ambientais na produção é um pré-requisito fundamental para a tomada de decisões técnicas e gerenciais. Portanto, é essencial estabelecer uma visão estratégica para a produção animal, considerando o desenvolvimento sustentável como um processo de mudança de longo prazo em relação. (SILVA, 2020).

Para avaliar a sustentabilidade, diversos métodos são empregados, incluindo indicadores, índices, sistemas de referência e modelos de avaliação. Os indicadores, por exemplo, são parâmetros usados isoladamente ou em conjunto, sendo empregados para monitorar as ações em andamento e implementar medidas de controle visando alcançar os objetivos estabelecidos (THOMASSEN *et al.*, 2009; OLDE *et al.*, 2017).

Essas ferramentas são fundamentais para a avaliação da produção animal, pois permitem o acompanhamento das atividades em curso e a implementação de ações corretivas para atingir os objetivos definidos (THOMASSEN *et al.*, 2009).

O termo "indicador" tem sua origem no latim "indicare", que significa descobrir, apontar, anunciar e estimar (HAMMOND *et al.*, 1995). Esses indicadores desempenham um papel importante como ferramentas para orientar ações, subsidiar e avaliar processos, monitorar a integração dos aspectos da sustentabilidade, avaliar e prever condições e tendências, fornecer informações para evitar prejuízos técnicos, econômicos, sociais e ambientais, e formular estratégias e suporte para tomada de decisões, por meio de uma visão sistêmica e comparação no tempo ou espaço (HAMMOND *et al.*, 1995; MEUL *et al.*, 2008; FUMAGALLI *et al.*, 2011; BÉLANGER *et al.*, 2012; VAN PASSEL; MEUL, 2012; GAUDINO *et al.*, 2014).

Portanto, os indicadores não são um fim em si mesmos, mas uma ferramenta que, quando usada adequadamente, oferece suporte às mudanças necessárias (HAMMOND *et al.*, 1995). A falta de indicadores que auxiliem no planejamento dos agricultores e que contribuam para o estabelecimento de objetivos comuns entre agricultores e técnicos são um grande desafio para a pesquisa (AGROECOLOGIA, 2006).

Os índices representam vários indicadores agregados ou sintetizados em um valor numérico, enquanto os sistemas de referência são caracterizados como modelos ideais de manejo, como sistemas ecológicos, naturais ou orgânicos, entre outros. Por sua vez, os modelos de avaliação se baseiam na

análise da região ou sistema, na definição de princípios, critérios, indicadores e valores de referência, resultando em um índice de sustentabilidade (VAN CAUWENBERGH *et al.*, 2007; MEUL *et al.*, 2008; BÉLANGER *et al.*, 2012).

A partir da seleção de um conjunto de indicadores de sustentabilidade, torna-se possível fornecer informações para a tomada de decisões e para monitorar as ações desenvolvidas em unidades de produção rurais. As metodologias baseadas em indicadores de sustentabilidade mais citadas na pecuária leiteira no Brasil incluem os Indicadores de Sustentabilidade em Agroecossistemas (ISA, EPAMIG, 2012) e o estudo de Rempel *et al.* (2012), ambos auxiliando na tomada de decisões nos âmbitos social, econômico e ambiental.

Os indicadores de sustentabilidade desempenham um papel importante na classificação e caracterização de obstáculos, bem como na formulação e avaliação de políticas públicas ou privadas com foco na sustentabilidade (Guimarães e Feichas, 2009). Uma vez estabelecidos como unidades de medida, os indicadores se tornam uma fonte de informações que podem abranger aspectos econômicos, sociais, institucionais, físicos, químicos e biológicos (FURTADO, 2009).

É fundamental que os indicadores abranjam a complexidade do conceito de sustentabilidade e estabeleçam relações entre os diferentes aspectos que compõem o sistema. Portanto, a elaboração de indicadores de sustentabilidade deve visar estabelecer conexões entre esses indicadores e propor medidas para o controle e melhoria do sistema produtivo (SILVA, 2020).

Mapear as pesquisas sobre a avaliação da sustentabilidade em sistemas de produção de leite é uma tarefa importantíssima para identificar os indicadores atualmente adotados e para possibilitar a construção de uma avaliação abrangente. Isso visa promover e propor padrões de produção sustentável para a pecuária leiteira (SILVA, 2020).

De acordo com Ferraz (2003), os indicadores devem ser eficazes e não exaustivos, ou seja, devem ser sensíveis e atender às condições descritas, sem incluir um número excessivo de indicadores para um mesmo descritor. Assim, o reduzido número de indicadores alcançado, embora surpreendente, reflete o esforço da equipe em evitar redundâncias e selecionar indicadores que se relacionem com vários descritores do sistema, os quais são os objetivos quantificáveis mais significativos.

Neste contexto, Silva *et al.* (2018) propuseram alguns indicadores para a pecuária leiteira familiar (Tabela 1).

**Tabela 1.** Dimensões e indicadores que compõem o instrumento de avaliação da sustentabilidade de unidades de produção familiar com atividade leiteira.

Dimensão	Indicador	Unidade
Produtiva	Contagem de células somáticas	células/ml
	Produção de leite	litros/hectare/ano
	Taxa de natalidade	percentual
Social	Saúde da família	0 a 5
	Potencial de sucessão familiar	0 a 5
	Questões de gênero	0 a 5
Ambiental	Grau de utilização das APPs	0 a 5
	Disponibilidade de água na propriedade	0 a 5
	Escoamento superficial de água	0 a 5
Econômica	Custo de produção de leite	R\$/litro
	Marquem bruta da propriedade	R\$/litro
	Grau de endividamento	R\$/litro

Fonte: Silva *et al.* (2018).

Segundo Silva *et al.* (2018), os indicadores sociais e ambientais podem ser avaliados em uma escala de 0 a 5, estabelecendo critérios e variáveis pré-definidos para sua qualificação. Da mesma forma, os indicadores produtivos e econômicos, embora expressos em valores numéricos absolutos ou relativos, também podem ser transformados em escalas qualitativas, com padrões de valoração pré-determinados. Isso possibilita a criação de um índice de sustentabilidade que viabiliza a comparação entre unidades de produção, conferindo maior concretude e relevância ao conceito de sustentabilidade, e enriquece a análise sistêmica dos pontos fortes, pontos fracos, riscos e oportunidades.

Portanto, a avaliação do sistema de produção de leite deve ser abordada de maneira holística, considerando as interações entre os indicadores das diferentes dimensões, e não apenas através da soma destes. A análise das interações entre as dimensões da sustentabilidade pode proporcionar um entendimento mais profundo dos efeitos diretos e indiretos, bem como da sinergia entre as dimensões. Para uma análise mais abrangente, também é necessário levar em conta a construção social e a dinâmica do desenvolvimento da sociedade (SILVA, 2018).

De acordo com Altieri e Masera (1997), é imprescindível que os novos indicadores possibilitem comparações relacionadas à capacidade de produção, à qualidade dos recursos locais, à preservação ambiental e aos aspectos socioeconômicos.

### 3.8.1 Indicadores técnicos

A análise dos indicadores técnicos é fundamental para o planejamento e gerenciamento das propriedades leiteiras. Esses indicadores revisados são os principais utilizados, pois estão correlacionados com os indicadores do "tripé" da sustentabilidade (SILVA, 2020).

A análise técnica é essencial para avaliar o desempenho do sistema de produção de leite, examinando a implementação de práticas de manejo adequadas para otimizar os recursos de produção. Dentre os principais indicadores técnicos estão a produtividade por vaca, a produção de leite por área, a taxa de lotação por área, a produção anual de leite, o consumo de alimento por vaca, a taxa de reposição do rebanho, a autossuficiência alimentar e a produtividade do trabalho (SILVA, 2020). Além desses, temos a eficiência alimentar (ZUCALI *et al.*, 2016), tempo de trabalho (BERRE *et al.*, 2014) e a qualidade do leite (MÜLLER-LINDENLAUF; DEITERT; KÖPKE, 2010).

A produtividade por vaca refere-se à quantidade de leite em quilogramas produzida pelo animal em um dia ou ao longo de um ano (MÜLLER-LINDENLAUF; DEITERT; KÖPKE, 2010; GERBER *et al.*, 2011; GUERCI *et al.*, 2013b; PENATI *et al.*, 2013; DOLMAN *et al.*, 2014; BATTINI *et al.*, 2016; ZUCALI *et al.*, 2016; GALLOWAY *et al.*, 2018; WANG *et al.*, 2018). Esse indicador é amplamente utilizado devido à sua relação com a intensificação da pecuária leiteira, sendo empregado também para avaliar a eficiência genética e nutricional dos animais. Por outro lado, a produção de leite por ano representa a quantidade total de leite comercializada e consumida na propriedade (HAGEMANN *et al.*, 2011; GAUDINO *et al.*, 2014).

A taxa de lotação por área representa a quantidade de vacas em lactação por hectare, sendo um indicador utilizado para avaliar a intensificação do uso da terra pela pecuária (HALBERG, 1999; MÜLLER-LINDENLAUF; DEITERT; KÖPKE, 2010; HAGEMANN *et al.*, 2011; MEUL *et al.*, 2012, 2014; GUERCI *et al.*, 2013a, 2013b; PENATI *et al.*, 2013; BAVA *et al.*, 2014; GAUDINO *et al.*, 2014; DURU; THEROND, 2015; BATTINI *et al.*, 2016; ZUCALI *et al.*, 2016; GALLOWAY *et al.*, 2018).

Outro indicador de intensificação do uso da terra é a produção de leite por área, sendo o inverso do uso da terra por quilograma de leite, o qual é utilizado na avaliação ambiental (BASSET-MENS, LEDGARD; BOYES, 2009; FUNES-MONZOTE *et al.*, 2009a; HAGEMANN *et al.*, 2011; PENATI *et al.*, 2011; MEUL *et al.*, 2012; GUERCI *et al.*, 2013a; DOLMAN *et al.*, 2014; JAKLIČ *et al.*, 2014; BÉLANGER *et al.*, 2015; O'BRIEN *et al.*, 2015; BATTINI *et al.*, 2016; SALOU; LE MOUËL; VAN DER WERF, 2017; GALLOWAY *et al.*, 2018).

A autossuficiência alimentar representa a quantidade de alimentos produzidos na propriedade em relação ao total de alimentos utilizados pelo rebanho (PENATI *et al.*, 2013; BAVA *et al.*, 2014; GAUDINO *et al.*, 2014; BÉLANGER *et al.*, 2015; ZUCALI *et al.*, 2016). Esse indicador fornece informações sobre a capacidade da fazenda em produzir os alimentos necessários para a manutenção dos animais, ou seja, a propriedade apresenta uma menor dependência de insumos externos (SILVA, 2020)

A produtividade do trabalho é um importante indicador na avaliação da eficiência técnica (FUNES-MONZOTE *et al.*, 2009a, 2009b; JAKLIČ *et al.*, 2014; BÉLANGER *et al.*, 2015). Portanto, diante do aumento do preço pago

pela mão de obra, é necessário intensificar este indicador para obter o equilíbrio econômico do sistema de produção de leite (SILVA, 2020).

### 3.8.2 Indicadores econômicos

No aspecto econômico, os objetivos principais incluem a maximização do lucro da atividade, a remuneração competitiva dos fatores de produção (incluindo mão de obra, capital e terra), o aumento da produtividade e eficiência dos fatores de produção, e a minimização do risco associado à atividade (SILVA, 2020).

Os indicadores frequentemente utilizados se referem à rentabilidade da propriedade e incluem métricas como custos, margem bruta, lucro, rendimento líquido da fazenda, retorno sobre patrimônio, retorno sobre ativos, renda do proprietário, solvabilidade, relação benefício-custo e rentabilidade do trabalho, do capital e da terra. Geralmente, esses indicadores são expressos em termos monetários e quantitativos, relacionados aos fatores de produção, como número de vacas, hectares de terra e horas de trabalho (SILVA, 2020).

Além dos indicadores mencionados, Bertocchi *et al.* (2016) acrescentaram a independência em relação a insumos externos, subsídios e financiamento externo (SALAS-REYES *et al.*, 2015; OUDSHOORN *et al.*, 2012), e a diversificação da renda por meio da produção de alimentos e não alimentos, bem como atividades não agropecuárias (LEBACQ; BARET; STILMANT, 2013; NAHED *et al.*, 2019).

Häni *et al.* (2003) consideraram o fluxo de caixa como um parâmetro adicional. O objetivo desses indicadores é avaliar a capacidade de adaptação da gestão dos produtores às mudanças de mercado. Diversos métodos são

empregados pelos autores para calcular esses indicadores econômicos, levando em conta o tipo de sistema de produção, as fontes de renda e os diferentes custos envolvidos. As propriedades também podem produzir além do leite outros produtos como animais para venda (THOMASSEN *et al.*, 2009), queijo (FUMAGALLI *et al.*, 2011; PENATI *et al.*, 2013), milho (VAN CALKER *et al.*, 2004, 2007) e outros (OUDSHOORN *et al.*, 2012).

Assim, os custos e receitas são compostos por diferentes itens. O método utilizado para calcular os custos foi o de custos fixos e variáveis, que é o mais tradicional dentro da Teoria Econômica. Os custos variáveis estão relacionados com a alimentação, tratamentos veterinários, fertilizantes (OUDSHOORN *et al.*, 2012), animais comprados, material de cama, combustível, eletricidade, gás, sementes, agrotóxicos e mão de obra contratada (FUMAGALLI *et al.*, 2011; PENATI *et al.*, 2013).

Oudshoorn *et al.* (2012) acrescentam os custos fixos como manutenção, aluguel, depreciação, energia, e ainda acrescentam o custo de financiamento, no caso, os juros. Já Fumagalli *et al.* (2011) consideraram como custo fixo a depreciação, impostos e seguro.

### 3.8.3 Indicadores sociais

A sustentabilidade social está relacionada à inclusão social, que abrange o acesso dos produtores à habitação, renda, saúde, trabalho e boas condições de trabalho, serviços, instalações, educação e segurança financeira. Também está relacionada à identidade, que permite aos produtores viverem de acordo

com seus próprios valores e normas, e ao capital social, que se refere às diversas redes e relações de confiança entre as pessoas envolvidas na pecuária (SILVA, 2020)

Os principais indicadores sociais são a educação e treinamento, bem-estar animal (com foco no homem), qualidade do produto, condições de trabalho, envolvimento social, qualidade da paisagem, emprego, tempo de trabalho, qualidade de vida, empreendedorismo e/ou gestão, renda do proprietário ou salário, autossuficiência e sucessão (SILVA, 2020).

Para os produtores, a sustentabilidade social está associada à justiça social, ao capital social, à cultura e à saúde física e psicológica. No entanto, para a sociedade em geral, os fatores essenciais são a saúde, o bem-estar animal e a segurança alimentar (VAN CALKER *et al.*, 2007).

As condições de trabalho são parâmetros importantes, pois estão ligadas à saúde física e psicológica dos trabalhadores e ao ambiente de trabalho. O índice de carga física é um indicador determinado pelas principais causas de incapacidade no trabalho, que são distúrbios músculo-esqueléticos e lesões (VAN CALKER *et al.*, 2005, 2006, 2007, 2008; VAN ASSELT; CAPUANO; VAN DER FELLS-KLERX, 2015).

O tempo de trabalho está vinculado ao tempo (em horas ou dias) dedicado às atividades realizadas na propriedade. A eficiência do trabalho é um tema de interesse e relevância para a sustentabilidade social, sendo calculada pela divisão da produção total anual de leite pelo total de horas de trabalho anual (MEUL *et al.*, 2012).

Manter um nível sustentável de emprego é fundamental para o desenvolvimento social e econômico das áreas rurais (FADUL-PACHECO *et al.*, 2013; BERTOCCHI; DEMARTINI; MARESCOTTI, 2016; DILLON *et al.*, 2016; GAVIGLIO *et al.*, 2016; RYAN *et al.*, 2016; CHEN; HOLDEN, 2017; NAHED *et al.*, 2019).

#### 3.8.4 Indicadores ambientais

Os indicadores avaliados na dimensão ambiental geralmente estão relacionados à poluição por nutrientes e agrotóxicos, eficiência energética, emissões gasosas (incluindo gases de efeito estufa e amônia), biodiversidade, qualidade da paisagem, bem-estar animal e uso de água e terra (SILVA, 2020).

Os principais métodos empregados para avaliar os impactos ambientais da produção agropecuária são a contabilidade da relação insumo-produto e a análise do ciclo de vida. No primeiro método, calcula-se a diferença entre as entradas e saídas de nutrientes da propriedade, assumindo que essa diferença corresponde à perda de nutrientes para o ambiente. Já a análise do ciclo de vida avalia as emissões e os impactos de toda a cadeia de produção em relação ao tipo e à quantidade de produtos. Dentro deste método, existem duas abordagens principais: a análise da pegada ecológica e a avaliação do ciclo de vida propriamente dita (THOMASSEN; BOER, 2005).

Os indicadores analisados no método de contabilidade da relação insumo-produto incluem a emissão de amônia (NH<sub>3</sub>) e o balanço de nitrogênio (N) e fósforo (P) por hectare da fazenda. De acordo com Thomassen e Boer (2005), esses indicadores são eficazes para comparar os sistemas de

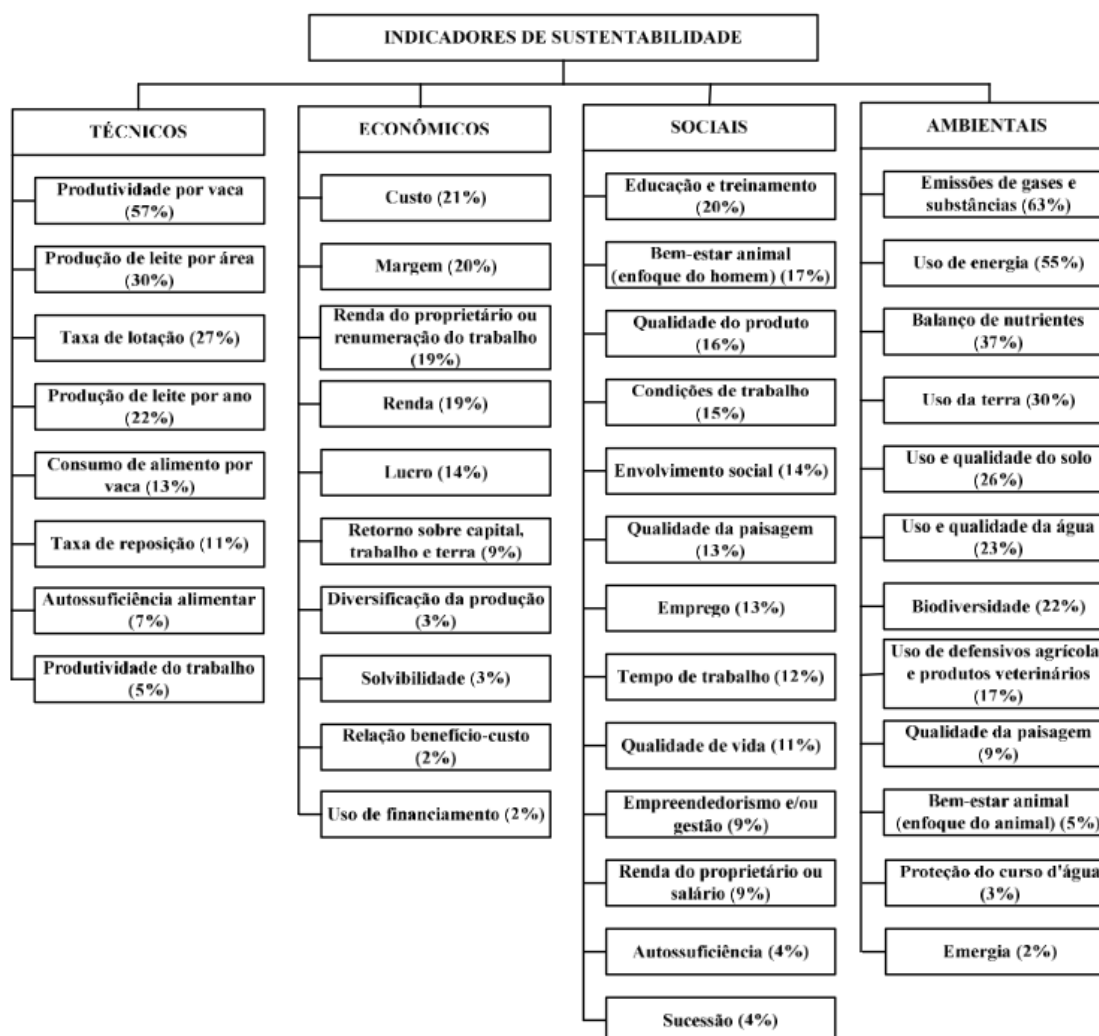
produção de leite na Holanda, pois são relevantes, de boa qualidade e têm dados facilmente disponíveis. No entanto, é importante observar que esse método não abrange indicadores como uso da terra, energia e potencial de aquecimento global. Por outro lado, os indicadores da análise do ciclo de vida incluem o potencial de aquecimento global em equivalente dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), potencial de acidificação em equivalente dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), potencial de eutrofização em equivalente fosfato (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) ou nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) e ecotoxicidade, medidos por hectare ou por quilograma de leite.

Segundo Thomassen e Boer (2005), esses indicadores demonstraram ser efetivos porque foram relevantes e de boa qualidade, embora tenham enfrentado dificuldades na coleta dos dados. No entanto, o indicador derivado da análise da pegada ecológica não se mostrou efetivo para avaliar o uso de energia fóssil e terra.

Portanto, para um melhor entendimento dos impactos ambientais, é importante utilizar os métodos da contabilidade da relação insumo-produto e a análise do ciclo de vida em conjunto (SILVA, 2020). Um estudo realizado por Mu *et al.* (2017) examinou a correlação entre os indicadores da análise do ciclo de vida e os da contabilidade da relação insumo-produto e recomendou que o conjunto final de indicadores incluísse o balanço de N e P, uso da terra e uso de energia. Além desses indicadores, os autores indicaram a avaliação da biodiversidade e o uso de água como aspectos relevantes a serem considerados.

### 3.8.5 *Mensuração dos indicadores*

Silva (2020) por meio de um levantamento bibliográfico, destacou um modelo de indicadores de sustentabilidade (Figura 2). Com base nos dados de sustentabilidade, Silva (2020) propôs um conjunto de indicadores para a avaliação da sustentabilidade em propriedades leiteiras. Para avaliar os aspectos técnicos os principais indicadores são produtividade por vaca, produção de leite por área, taxa de lotação e produção de leite. No campo econômico os principais indicadores foram custo, margem, renda do proprietário ou remuneração do trabalho e renda. No aspecto social os principais indicadores estudados foram educação e treinamento, bem-estar animal, qualidade do produto e condições de trabalho. Na dimensão ambiental os indicadores foram emissões de gases e substâncias, uso de energia, balanço de nutrientes e uso da terra.



**Figura 2.** Principais indicadores de sustentabilidade avaliados em diversos trabalhos revisados e a porcentagem de utilização (n=94). Fonte: Silva (2020).

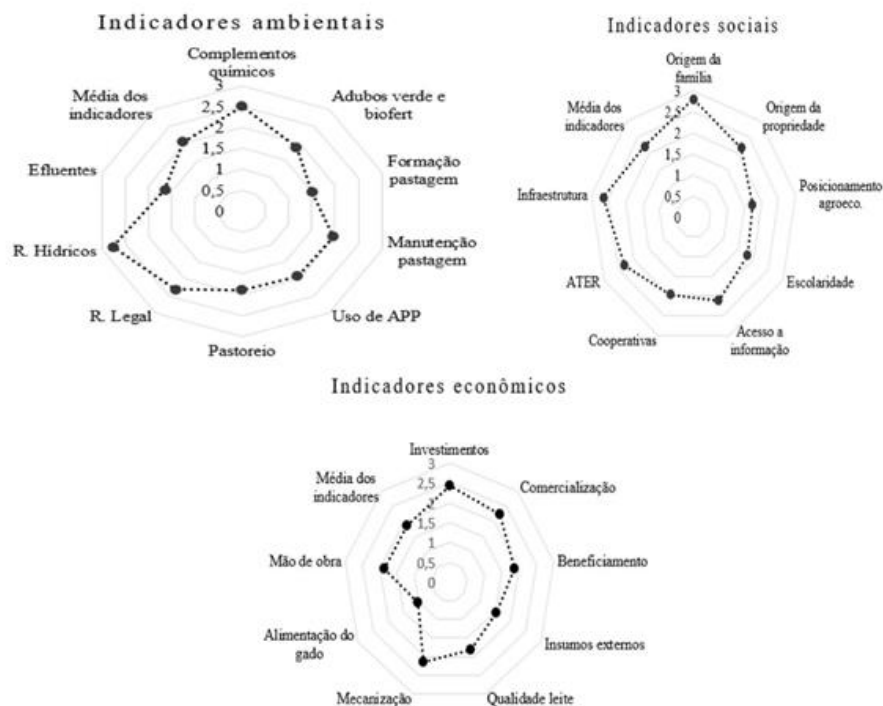
Como conclusão, Silva (2020) pontua que os indicadores auxiliam na avaliação da produção leiteira, apontando avanços e retrocessos, e aspectos positivos ou negativos do sistema de produção. O que possibilita propor possíveis mudanças a fim de produzir de forma sustentável.

Romualdo *et al.* (2017) ao analisar o sistema agroecológico envolvendo 16 famílias na pecuária leiteira familiar no assentamento Olga Benário, na região

da Zona da Mata mineira, verificou-se que as pastagens avaliadas não possuíam divisões, eram manejadas de forma contínua e não tinham árvores.

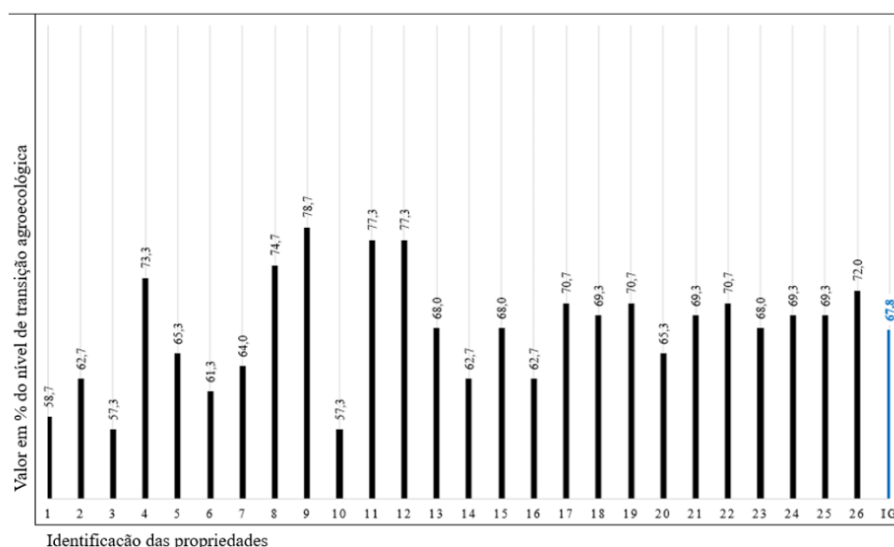
As estratégias propostas para melhorar o manejo incluíam a implementação do pastejo rotacionado com divisões de piquetes, respeitando a capacidade de suporte das pastagens com lotações de animais adequadas, e a introdução de leguminosas arbóreas para fornecer sombra, complementar a alimentação do rebanho e conter a degradação das pastagens. Durante o período de seca, a redução da disponibilidade de forragens no pasto comprometia a alimentação do rebanho, resultando em uma redução na produção de leite de mais de 50% (ROMUALDO *et al.*, 2017).

De acordo com Almeida (2018), ao analisar 26 propriedades de pecuária leiteira familiar utilizando o método MESMIS (escala de 1 a 3), foram observadas diferenças nos indicadores ambientais, sociais e econômicos (Figura 3). Os produtores consultados demonstraram estar favoráveis a possíveis mudanças nos sistemas de manejo, mas foi constatada uma carência de apoio técnico para a implementação dessas ações.



**Figura 3.** Média dos resultados do desempenho dos indicadores ambientais, sociais e econômicos, avaliados pelo método MESMIS (escala de 1 a 3). Fonte: Almeida (2018).

Na avaliação do nível de sustentabilidade das propriedades foi encontrado valores percentuais variando de 57,3% a 78,7% referentes às propriedades 10 e 9 respectivamente, e para a comunidade o índice calculado foi de 67,8% de sustentabilidade (Figura 4).



**Figura 4.** Nível de sustentabilidade calculado para cada propriedade na BHPP pela expressão  $IT = ISAE / 3 * 100$ , onde: IG lê-se índice geral que se refere ao nível de sustentabilidade para a comunidade, média das propriedades. Fonte: Almeida (2018).

Pires *et al.* (2018) conduziram um acompanhamento técnico em propriedades leiteiras no município de Bragança-PA com o objetivo de otimizar a produção de leite a pasto, aprimorar a qualidade do leite por meio da adoção de Boas Práticas de Produção e tornar os sistemas de produção de leite mais sustentáveis. Eles utilizaram questionários para obter informações sobre a infraestrutura das unidades produtoras, o manejo dos animais e o perfil dos produtores. Além disso, capacitaram os produtores rurais em adquirir animais com aptidão leiteira, implementar um manejo nutricional e sanitário adequado, e adotar boas práticas de produção de leite.

Por sua vez, Mattei (2019) avaliou a sustentabilidade ambiental em propriedades de agricultura familiar produtoras de leite na microrregião de Carazinho-RS, buscando identificar a situação ambiental dessas propriedades. Ele coletou dados de 167 propriedades em dez municípios e constatou um índice de sustentabilidade ambiental regular. Este índice evidenciou a necessidade de algumas adaptações, especialmente nos indicadores relacionados ao uso da terra e à reserva legal, que foram os principais fatores que comprometeram o índice de sustentabilidade ambiental.

#### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O desafio do século XXI é alimentar uma população global crescente, atualmente superior a sete bilhões de pessoas sem comprometer os recursos naturais e garantindo a qualidade de vida das gerações futuras, em consonância com os princípios do desenvolvimento sustentável.

A preocupação com a sustentabilidade na pecuária leiteira está em ascensão, especialmente em relação à saúde e bem-estar animal. Os consumidores exigem métodos de produção que respeitem o bem-estar dos animais, garantindo uma vida saudável e produtiva às vacas ao longo de sua vida útil na produção de leite.

A pecuária leiteira sendo uma atividade socioeconômica importante para o Brasil utiliza os recursos naturais como matéria-prima. No entanto, o manejo inadequado desses recursos pode resultar em danos ao solo, contaminação da água e perda de biodiversidade.

Os indicadores de sustentabilidade fornecem uma ferramenta valiosa para identificar os pontos fortes e fracos de um sistema de produção, orientando a extensão rural, a pesquisa e o desenvolvimento. Seu uso em uma

região específica permite detectar riscos e oportunidades, subsidiando programas de desenvolvimento e políticas públicas.

As dimensões da sustentabilidade são interconectadas: aspectos econômicos impactam os sociais, como geração de renda, enquanto o manejo zootécnico influencia o desempenho ambiental e social. Assim, o tipo de sistema de produção e gestão adotados podem afetar a poluição ambiental, viabilidade econômica e condições de trabalho e remuneração.

O desafio das futuras pesquisas é desenvolver indicadores que abordem sistematicamente o sistema de produção, considerando variáveis que afetam seu desempenho. Isso requer uma compreensão multidimensional e dinâmica da sustentabilidade, que está em constante evolução.

O conhecimento das interações entre fatores biológicos, zootécnicos e financeiros é fundamental para a gestão eficaz desses aspectos na pecuária leiteira, além de identificar pontos críticos e selecionar sistemas e técnicas de produção apropriados são passos importantes nesse processo.

Ao combinar o uso de ferramentas como indicadores de sustentabilidade, tecnologia avançada e a colaboração de toda a cadeia produtiva podemos produzir leite de maneira eficiente e ambientalmente responsável.

## 5. RESUMO

### **PECUÁRIA LEITEIRA SUSTENTÁVEL: Revisão Bibliográfica**

Nesta revisão sobre a importância da produção de leite sustentável no desempenho de vacas leiteiras, foram utilizadas informações a cerca das diversas fontes, dentre elas instituições de pesquisas, sites especializados, revistas de divulgação nacionais e internacionais, boletins técnicos, circulares técnicas, artigos publicados em periódicos nacionais e internacionais e livros. Qualquer atividade sustentável, relacionada à produção pecuária ou não, está ligada ao fato de satisfazer as necessidades atuais sem que haja comprometimento das necessidades da geração futura. Uma atividade leiteira sustentável é aquela que vai se manter eficiente hoje para atender as necessidades de filhos e netos. Sendo assim, o leite sustentável é um produto da cadeia produtiva leiteira que promove uma exploração economicamente mais viável, ecologicamente mais correta e socialmente mais justa. Dessa forma, práticas mais sustentáveis e amigáveis ao meio ambiente na produção de leite ganham cada vez mais importância na escolha dos consumidores pelos produtos consumidos.

**Palavras chave:** Agroecologia, Bem-estar animal, Leite, Sustentabilidade.

## 6. SUMMARY

### **SUSTAINABLE DAIRY FARMING: Bibliographic Review**

In this review on the importance of sustainable milk production in the performance of dairy cows, information about various sources was used, including research institutions, specialized websites, national and international magazines, technical bulletins, technical circulars, articles published in national and international journals and books. Any sustainable activity, related to livestock production or not, is linked to the fact of satisfying current needs without compromising the needs of the future generation. A sustainable dairy activity is one that will remain efficient today to meet the needs of children and grandchildren. Thus, sustainable milk is a product of the dairy production chain that promotes a more economically viable, ecologically more correct and socially fairer exploitation. In this way, more sustainable and environmentally friendly practices in milk production gain more and more importance in the choice of consumers for the products consumed.

**Key words:** Agroecology, Animal welfare, Milk, Sustainability.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAHÃO, J. A.; NATEL, A. S. Indicadores de sustentabilidade ambientais na pecuária leiteira: revisão sistemática. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 5, p. 1-10, 2022.

AGRICULTURA regenerativa: realidade atual ou futuro distante?. **Agromulher**, 2021. Disponível em: <<https://portal.agromulher.com.br/agricultura-regenerativa-realidade-atual-ou-futuro-distante/>>. Acesso em: 01 mar. 2024.

É POSSÍVEL uma pecuária mais sustentável?. **Agrosmart**, 2022. Disponível em: <<https://agrosmart.com.br/blog/pecuaria-sustentavel/>>. Acesso em: 01 mar. 2024.

NESTLÉ destaca iniciativas de sustentabilidade junto à cadeia leiteira. **Akatu**, 2021. Disponível em: <<https://akatu.org.br/nestle-destaca-iniciativas-de-sustentabilidade-junto-a-cadeia-leiteira/>>. Acesso em: 01 mar. 2024.

ALMEIDA, J.; NAVARRO, Z. **Reconstruindo a agricultura: idéias e ideais na perspectiva do desenvolvimento rural sustentável**. 3.ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

ALMEIDA, J.; NAVARRO, Z. **Reconstruindo a agricultura: idéias e ideais na perspectiva do desenvolvimento rural sustentável**. 3.ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

ALMEIDA, D. C. 2018. 74f. **Indicadores de sustentabilidade na pecuária leiteira em uma bacia hidrográfica**. Dissertação (Mestrado em Agroecologia e

Desenvolvimento Rural) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos. 2018.

ALTIERI, M. A.; MASERA, O. Desenvolvimento rural sustentável na América Latina: construindo de baixo para cima. *In*: ALMEIDA, Jalcione; NAVARRO, Zander. **Reconstruindo a agricultura: ideias e ideais na perspectiva do desenvolvimento rural sustentável**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 1997.

BARUSELLI, M. O futuro da pecuária brasileira exige intensificação e sustentabilidade. **Portal DBO**, 2020. Disponível em: <<https://portaldbo.com.br/o-futuro-da-pecuaria-brasileira-exige-intensificacao-e-sustentabilidade/>>. Acesso em: 01 mar. 2024.

BASSET-MENS, C.; LEDGARD, S.; BOYES, M. Eco-efficiency of intensification scenarios for milk production in New Zealand. **Ecological Economics**, v. 68, p. 1615-1625, 2009.

BATTINI, F.; AGOSTINI, A.; TABAGLIO, V.; AMADUCCI, S. Environmental impacts of different dairy farming systems in the Po Valley. **Journal of Cleaner Production**, v. 112, p. 91-102, 2016.

BAVA, L.; SANDRUCCI, A.; ZUCALI, M.; GUERCI, M.; TAMBURINI, A. How can farming intensification affect the environmental impact of milk production? **Journal of Dairy Science**, v. 97, n. 7, p. 4579-4593, 2014.

BÉLANGER, V.; VANASSE, A.; PARENT, D.; ALLARD, G.; PELLERIN, D. Development of agri-environmental indicators to assess dairy farm sustainability in Quebec, Eastern Canada. **Ecological Indicators**, v. 23, p. 421-430, 2012.

BÉLANGER, V.; VANASSE, A.; PARENT, D.; ALLARD, G.; PELLERIN, D. DELTA: An Integrated Indicator-Based Self-Assessment Tool for the Evaluation of Dairy Farms Sustainability in Quebec, Canada. **Agroecology and Sustainable Food Systems**, v. 39, n. 9, p. 1022-1046, 2015.

BERTOCCHI, M.; DEMARTINI, E.; MARESCOTTI, M. E. Ranking farms using quantitative indicators of sustainability: the 4Agro method. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 223, p. 726-732, 2016.

BEZERRA, E. S. SANCHEZ, S.B.; Ulrich, V. R. A Importância da Extensão Rural na formação de inseminadores e na melhoria da eficiência reprodutiva em Bovinos de Leite. **Revista de Extensão Rural UFSM**, n. 21, p. 121-150, 2011.

BLANCO, M. F. J.; ZENATTI, D. C.; FEIDEN, A. WEBER, R.; TIETZ, C. M.; GIACOBBO, G. P. Produção de biogás a partir de dejetos da bovinocultura de leite e cama de aviário. **Acta Iguazu** , v.3, n.1, p. 14-27, 2014.

BRANCO, C. S. **Análise da transição agroecológica em propriedades rurais do entorno da floresta nacional de Ipanema, Iperó SP**. 2012, 96f. Dissertação (Mestrado em agroecologia e desenvolvimento rural), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2012.

BYRNE, D. **Complexity theory and the social sciences: an introduction**. London: Routledge, 1999.

TECNOLOGIAS de manejo permitem sustentabilidade na produção pecuária. **Canal Agro**, 2020. Disponível em: <<https://summitagro.estadao.com.br/tendencias-e-tecnologia/page/18/>>. Acesso em: 10 mar. 2024.

CAPORAL, F. R; COSTABEBER, J. A. Agroecologia alguns conceitos e princípios, 24 p. Brasília : MDA/SAF/DATER-IICA, 2004

CRUZ, D. Dicas para produzir leite sustentável na sua propriedade. **Check Milk**, 2021. Disponível em: <[checkmilk.com.br/post/dicas-para-produzir-leite-sustentavel-na-sua-propriedade](https://checkmilk.com.br/post/dicas-para-produzir-leite-sustentavel-na-sua-propriedade)>. Acesso em: 10 mar. 2024.

Pecuária sustentável: quais as práticas recomendadas?. **COIMMA**, 2019. Disponível em: <<https://www.coimma.com.br/blog/post/pecuaria-sustentavel-quais-as-praticas-recomendadas>>. Acesso em: 10 mar. 2024.

LINHA de crédito para produção leiteira sustentável é lançada. **Compre Rural**, 2023. Disponível em: <<https://www.comprerural.com/linha-de-credito-para-producao-leiteira-sustentavel-e-lancada/>>. Acesso em: 10 mar. 2024.

DILLON, E. J.; HENNESSY, T.; BUCKLEY, C.; DONNELLAN, T.; HANRAHAN, K.; MORAN, B.; RYAN, M. Measuring progress in agricultural sustainability to support policy-making. **International Journal of Agricultural Sustainability**, v. 14, n.1, p. 31-44, 2016.

DOLMAN, M. A.; SONNEVELD, M. P. W.; MOLLENHORST, H.; BOER, I. J. M. Benchmarking the economic, environmental and societal performance of Dutch dairy farms aiming at internal recycling of nutrients. **Journal of Cleaner Production**, v. 73, p. 245-252, 2014.

DUESTERHAUS , R. Sustainability's Promise. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 45, n. 1, p.4 -9, 1990.

DURU, M.; THEROND, O. Livestock system sustainability and resilience in intensive production zones: which form of ecological modernization? **Regional Environmental Change**, v. 15, p. 1651-1665, 2015.

SUSTENTABILIDADE e produção de leite - desafios e oportunidades. **Educapoint**, 2019. Disponível em: <<https://www.educapoint.com.br/v2/blog/pecuaria-leite/sustentabilidade-producao-leite/>>. Acesso em: 10 mar. 2024.

ELKINGTON, J. **Cannibals with Forks: the Triple Bottom Line of 21st Century Business**. Oxford: Capstone, 1997.

EMBRAPA. **O futuro da agricultura brasileira**. Brasília, DF: EMBRAPA, 2018.

FADUL-PACHECO, L.; WATTIAUX, M. A.; ESPINOZA-ORTEGA, A.; SÁNCHEZVERA, E.; ARRIAGA-JORDÁN, C. M. Evaluation of Sustainability of Smallholder Dairy Production Systems in the Highlands of Mexico During the

Rainy Season. **Agroecology and Sustainable Food Systems**, v. 37, n. 8, p. 882-901, 2013.

FAO, IFAD and WFP. 2015. The State of Food Insecurity in the World 2015. Meeting the 2015 international hunger targets: taking stock of uneven progress. Rome, FAO.

FAVERO, C. C. Os movimentos sociais e a questão do desenvolvimento. **GEPEC**, v. 7, n. 2, p. 2-30, 2007

FERRAZ, J.M.G. Proposta Metodológica para a Escolha de Indicadores de Sustentabilidade. In: MARQUES, J.F.; SKORUPA, L.A.; FERRAZ, J.M.G. **Indicadores de sustentabilidade em agroecossistemas**. Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente: 2003. p.59-72.

FRAGALLE, C. Embrapa apresenta tecnologias para uma pecuária sustentável. **Embrapa**, 2015. Disponível em: <[embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/6442638/embrapa-apresenta-tecnologias-para-uma-pecuaria-sustentavel](http://embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/6442638/embrapa-apresenta-tecnologias-para-uma-pecuaria-sustentavel)>. Acesso em: 10 mar. 2024.

FUMAGALLI, M.; ACUTIS, M.; MAZZETTO, F.; VIDOTTO, F.; SALI, G., BECHINI, L. An analysis of agricultural sustainability of cropping systems in arable and dairy farms in an intensively cultivated plain. **European Journal of Agronomy**, v. 34, p. 71-82, 2011.

FUNES-MONZOTE, F. R.; MONZOTE, M.; LANTINGA, E. A.; TER BRAAK, C. J. F.; SÁNCHEZ, J. E.; VAN KEULEN, H. Agro-Ecological Indicators (AEIs) for Dairy and Mixed Farming Systems Classification: Identifying Alternatives for the Cuban Livestock Sector. **Journal of Sustainable Agriculture**, v. 33, n. 4, p. 435-460, 2009a.

FUNES-MONZOTE, F. R.; MONZOTE, M.; LANTINGA, E. A.; VAN KEULEN, H. Conversion of specialised dairy farming systems into sustainable mixed farming systems in Cuba. **Environment, Development and Sustainability**, v. 11, p. 765783, 2009b.

FURTADO J. S. Indicadores de sustentabilidade e governança. **Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade**, v. 2, n. 1, p. 121-191, 2009.

GALLOWAY, C.; CONRADIE, B.; PROZESKY, H.; ESLER, K. Opportunities to improve sustainability on commercial pasture-based dairy farms by assessing environmental impact. **Agricultural Systems**, v. 166, p. 1-9, 2018.

GAUDINO, S.; GOIA, I.; GRIGNANI, C.; MONACO, S.; SACCO, D. Assessing agroenvironmental performance of dairy farms in northwest Italy based on aggregated results from indicators. **Journal of Environmental Management**, v. 140, p. 120-134, 2014.

GAVIGLIO, A.; BERTOCCHI, M.; MARESCOTTI, M. E.; DEMARTINI, E.; PIRANI, A. The social pillar of sustainability: a quantitative approach at the farm level. **Agricultural and Food Economics**, v. 4, n. 15, p. 1-19, 2016.

GERBER, P.; VELLINGA, T.; OPIO, C.; STEINFELD, H. Productivity gains and greenhouse gas emissions intensity in dairy systems. **Livestock Science**, v. 139, p. 100-108, 2011.

GIOVANINI, A.; DE FREITAS, C. A.; CORONEL, D. A. Análise de quantidade produzida de CO<sub>2</sub> pela bovinocultura no Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v.43, n.10, p.1918-1923, 2013.

GLIESSMAN, S. R. *Agroecology: researching the ecological basis for sustainable agriculture*. London: Springer-Verlag, 1990.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecology: the ecology of sustainable food system productions**. 3. ed. Florida: CRC Press, 2001.

GOMES, S. T. et al. Gerenciamento rural e gestão da qualidade em empresas rurais produtoras de leite. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 15., 2002, [s. l.]. **Anais....** [S. l.: s. n.], 2002.

GUERCI, M.; BAVA, L.; ZUCALI, M.; SANDRUCCI, A.; PENATI, C.; TAMBURINI, A. Effect of farming strategies on environmental impact of intensive dairy farms in Italy. **Journal of Dairy Research**, v. 80, p. 300-308, 2013a.

GUERCI, M.; KNUDSEN, M. T.; BAVA, L.; ZUCALI, M.; SCHÖNBACH, P., KRISTENSEN, T. Parameters affecting the environmental impact of a range of dairy farming systems in Denmark, Germany and Italy. **Journal of Cleaner Production**, v. 54, p. 133-141, 2013b.

HAGEMANN, M.; HEMME, T.; NDAMBI, A.; ALQAISI, O.; SULTANA, M. N. Benchmarking of greenhouse gas emissions of bovine milk production systems for 38 countries. **Animal Feed Science and Technology**, v. 166-167, p. 46-58, 2011.

HALBERG, N. Indicators of resource use and environmental impact for use in a decision aid for Danish livestock farmers. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 76, p. 17-30, 1999.

HAMMOND, A.; ADRIAANSE, A.; RODENBURG, E.; BRYANT, D.; WOODWARD, R. **Environmental indicators: a systematic approach to measuring and reporting on environmental policy performance in the context of sustainable development**. World Resources Institute, 1995. 52p.

HÄNI, F.; BRAGA, F.; STÄMPFLI, A.; KELLER, T.; FISCHER, M.; PORSCHE, H. RISE, a Tool for Holistic Sustainability Assessment at the Farm Level. **International Food and Agribusiness Management Review**, v. 6, n. 4, p. 78-90, 2003.

HAYATI, D. **A Literature review on frameworks and methods for measuring and monitoring sustainable agriculture**. Rome: Global Strategy Technical Report, 2017.

HOLLING, C. S. Theories for sustainable futures. **Conservation Ecology**, v. 4, n. 2, p.1-7, 2000.

HONORATO, J. Sustentabilidade na pecuária leiteira passa pela gestão de recursos e uso de tecnologia. **Safras News**, 2022. Disponível em: <<https://safras.news/sustentabilidade-na-pecuaria-leiteira-passa-pela-gestao-de-recursos-e-uso-de-tecnologia/>>. Acesso em: 10 mar. 2024.

HORTOLANE, B. Sustentabilidade na produção de leite: estamos no caminho?. **Milkpoint**, 2023. Disponível em: <[milkpoint.com.br/artigos/producao-de-leite/sustentabilidade-na-producao-de-leite-estamos-no-caminho-233040/](http://milkpoint.com.br/artigos/producao-de-leite/sustentabilidade-na-producao-de-leite-estamos-no-caminho-233040/)>. Acesso em: 10 mar. 2024.

IBGE. Produção pecuária municipal. Rio de Janeiro: IBGE, 2023.

JAKLIČ, T.; JUVANČIČ, L.; KAVČIČ, S.; DEBELJAK, M. Complementarity of socioeconomic and emergy evaluation of agricultural production systems: The case of Slovenian dairy sector. **Ecological Economics**, v. 107, p. 469-481, 2014.

KAGEYAMA, A. Desenvolvimento rural: conceito e medida. **Cadernos de Ciência e Tecnologia**, v. 21, n. 3, p. 379-408, 2004.

LEBACQ, T., BARET, P. V., STILMANT, D. Sustainability indicators for livestock farming. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 33, p. 311-327, 2013.

LÉLÉ, S. M. Sustainable Development: A Critical Review. **World Development**, v. 19, n. 6, p. 607-621, 1991.

MATTEI, A. **Sustentabilidade ambiental em propriedades de agricultura familiar produtoras de leite da microrregião de Carazinho-RS**. 2019. 60f. Dissertação (Mestrado em Sistemas Ambientais Sustentáveis) – Universidade do Vale do Taquari, Lajeado, 2019.

MEUL, M.; VAN PASSEL, S.; NEVENS, F.; DESSEIN, J.; ROGGE, E.; MULIER, A.; VAN HAUWERMEIREN, A. MOTIFS: a monitoring tool for integrated farm sustainability. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 28, p. 321-332, 2008.

MEUL, M.; VAN PASSEL, S.; FREMAUT, D.; HAESAERT, G. Higher sustainability performance of intensive grazing versus zero-grazing dairy systems. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 32, p. 629-638, 2012.

MEUL, M.; VAN MIDDELAAR, C. E.; BOER, I. J. M.; VAN PASSEL, S.; FREMAUT, D., HAESAERT, G. Potential of life cycle assessment to support environmental decision making at commercial dairy farms. **Agricultural Systems**, v.131, p.105-115, 2014.

BEN & Jerry's aposta em sustentabilidade para lácteos serem parte dos "alimentos do futuro". **Milkpoint**, 2022. Disponível em: [milkpoint.com.br/noticias-e-mercado/giro-noticias/ben-jerrys-aposta-em-sustentabilidade-para-lacteos-serem-parte-dos-alimentos-do-futuro-230210/](https://milkpoint.com.br/noticias-e-mercado/giro-noticias/ben-jerrys-aposta-em-sustentabilidade-para-lacteos-serem-parte-dos-alimentos-do-futuro-230210/). Acesso em: 10 mar. 2024.

MU, W.; VAN MIDDELAAR, C. E.; BLOEMHOF, J. M.; ENGEL, B.; BOER, I. J. M. Benchmarking the environmental performance of specialized milk production systems: selection of a set of indicators. **Ecological Indicators**, v. 72, p. 91-98, 2017.

MÜLLER-LINDENLAUF, M.; DEITERT, C.; KÖPKE, U. Assessment of environmental effects, animal welfare and milk quality among organic dairy farms. **Livestock Science**, v. 128, p. 140-148, 2010.

NAHED, J.; PINEDA, S. G.; GRANDE, D.; AGUILAR, J. R.; SÁNCHEZ, B.; ROJAS, J. L. R.; GUEVARA-HERNANDEZ, F.; MARTINEZ, N. L.; VAZQUEZ, R. J. T.; VAZQUEZ, M. R. P. Evaluating sustainability of conventional and organic dairy cattle production units in the Zoque Region of Chiapas, Mexico. **Agroecology and Sustainable Food Systems**, v. 43, n. 6, p. 605-638, 2019.

NUTRIÇÃO de precisão alia produção e sustentabilidade na pecuária leiteira. **NutriNews**, (2020). Disponível em: <https://nutrinews.com/pt-br/nutricao-de-precisao-alia-producao-e-sustentabilidade-na-pecuaria-leiteira/>. Acesso em: 10 mar. 2024.

O'BRIEN, D.; HENNESSY, T.; MORAN, B.; SHALLOO, L. Relating the carbon footprint of milk from Irish dairy farms to economic performance. **Journal of Dairy Science**, v. 98, n. 10, p. 7394-7407, 2015.

OLDE, E. M.; MOLLER, H.; MARCHAND, F.; MCDOWELL, R. W.; MACLEOD, C. J.; SAUTIER, M. When experts disagree: the need to rethink indicator selection for assessing sustainability of agriculture. **Environment, Development and Sustainability**, v. 19, p. 1327-1342, 2017.

OSHIRO, C. R.; DA SILVA, D. A.; HOSKAWA, R. T.; DA SILVA, J. C. G. L.; NAKAJIMA, N. Y. **Disponibilidade potencial de esterco da bovinocultura leiteira para energia em cooperativa. Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente**. 2016.

OUDSHOORN, F. W.; KRISTENSEN, T.; VAN DER ZIJPP, A. J.; BOER, I. J. M. Sustainability evaluation of automatic and conventional milking systems on organic dairy farms in Denmark. NJAS – Wageningen. **Journal of Life Sciences**, v. 59, p. 25-33, 2012.

PAIVA, E. **Simulações metodológicas para detectar formação de expectativas e tornar a produção de leite sustentável no semiárido cearense**. 2018. Dissertação (Mestrado em Economia Rural) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

PENATI, C.; BERENTSEN, P. B. M.; TAMBURINI, A.; SANDRUCCI, A.; BOER, I. J. M. Effect of abandoning highland grazing on nutrient balances and economic performance of Italian Alpine dairy farms. **Livestock Science**, v. 139, p. 142-149, 2011.

PENATI, C. A.; TAMBURINI, A.; BAVA, L.; ZUCALI, M.; SANDRUCCI, A. Environmental Impact of Cow Milk Production in the Central Italian Alps Using Life Cycle Assessment. **Italian Journal of Animal Science**, v. 12, p. 584-592, 2013.

PEZZEY, J. Sustainability: An interdisciplinary guide. **Environmental Values**, v.1, n.4, p.321-362, 1992.

PIRES, C. R. S.; COSTA, C. S.; MELO, T. L. A.; TEIXEIRA, M. A. S. Sustentabilidade no sistema de produção de leite em pequenas propriedades rurais em Bragança – Pará. **PUBVET**, v.12, n.1, p.1-5, 2018.

PRETTY, J. Agricultural sustainability: concepts, principles and evidence. **Philosophical Transactions the Royal Society**, v. 363, p. 447-465, 2008.

PROOPS, J. L. R.; FABER, M.; MANSTETTEN, R.; JÖST, F. Achieving a sustainable world. **Ecological Economics**, v.17, p.133-135, 1996.

REIJNJES, C.; HAVEKORT, B.; WATERS-BAYER, A. **Agricultura para o futuro: uma introdução à agricultura sustentável e de baixo uso de insumos externos**. Rio de Janeiro: Livraria, 1994.

REIS FILHO, R. J. C.; CARVALHO, A. P. Plano de desenvolvimento da pecuária leiteira nas áreas irrigáveis do estado do Ceará. Fortaleza: ADECE, 2009.

REMPEL, C. et al. Proposta metodológica de avaliação da sustentabilidade ambiental de propriedades produtoras de leite. **Tecno-Lógica**, v. 16, n. 1, p. 4855, 2012

RIHANI, S. Implications of adopting a complexity framework for development. **Progress in Development Studies**, v. 2, n. 2, p. 133-143, 2002.

RODRIGUES, R. M. C. Para ter uma fazenda leiteira sustentável é essencial uma boa gestão. **Ideagri**, 2022. Disponível em: <<https://centralderecursos.ideagri.com.br/posts/para-ter-uma-fazenda-leiteira-sustentavel-e-essencial-uma-boja-gestao>>. Acesso em: 10 mar. 2024.

ROMUALDO, P. L.; CARDOSO, I. M.; LANA, R. P.; CARMO, D. L. Estratégia para otimizar o sistema agroecológico da pecuária leiteira na agricultura

familiar. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v.7, n.1, p.9-18, 2017.

ROSSO, G. Estudo comprova que pecuária de leite no Brasil gera baixa emissão de carbono em sistemas com árvores. **Embrapa**, 2023. Disponível em: <[embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/78567271/estudo-comprova-que-pecuaria-de-leite-no-brasil-gera-baixa-emissao-de-carbono-em-sistemas-com-arvores](http://embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/78567271/estudo-comprova-que-pecuaria-de-leite-no-brasil-gera-baixa-emissao-de-carbono-em-sistemas-com-arvores)>. Acesso em: 10 mar. 2024.

RYAN, M.; HENNESSY, T.; BUCKLEY, C.; DILLON, E. J.; DONNELLAN, T.; HANRAHAN, K.; MORAN, B. Developing farm-level sustainability indicators for Ireland using the Teagasc National Farm Survey. **Irish Journal of Agricultural and Food Research**, v. 55, n. 2, p. 112-125, 2016.

CHEN, W.; HOLDEN, N. M. Social life cycle assessment of average Irish dairy farm. **International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 22, p. 1459-1472, 2017.

SALAS-REYES, I. G.; ARRIAGA-JORDÁN, C. M.; REBOLLAR-REBOLLAR, S.; GARCÍA-MARTÍNEZ, A.; ALBARRÁN-PORTILLO, B. Assessment of the sustainability of dual-purpose farms by the IDEA method in the subtropical area of central Mexico. **Tropical Animal Health and Production**, v. 47, p. 1187-1194, 2015.

SALOU, T.; LE MOUËL, C.; VAN DER WERF, H. M.G. Environmental impacts of dairy system intensification: the functional unit matters! **Journal of Cleaner Production**, v. 140, p. 445-454, 2017.

SCHALLER, N. The concept of agricultural sustainability. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.46, p.89-97, 1993.

PECUARISTA: veja como garantir a biossegurança na produção de leite. **Sebrae**, 2022. Disponível em: <<https://sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/pecuarista-veja-como-garantir-a-biosseguranca-na-producao-de->

leite,000a1fb29782f710VgnVCM100000d701210aRCRD>. Acesso em: 10 mar. 2024.

SEVILHA, G. E. Uma estratégia de sustentabilidade a partir da agroecologia. *Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável*, Porto Alegre, v. 2, n. 1, p. 3545, 2001

SICHE, R.; AGOSTINHO, F.; ORTEGA, E.; ROMEIRO, A. Índices versus indicadores: precisões conceituais na discussão da sustentabilidade de países. ***Ambiente & Sociedade***, v. 10, n. 2, p. 137-148, 2007.

SILVA NETO, B. Agroecologia, ciência e emancipação humana. ***Revista Brasileira de Agroecologia***, v. 8, n. 1, p. 3-17, 2013.

SILVA, M. F. Indicadores de sustentabilidade para a pecuária leiteira. 2020. 202f. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020.

SILVA, L. H. A. da; CAMARA, M. R. G. da; TELLES, T. S. Evolução e distribuição espacial da produção de leite no estado do Paraná, Brasil. *Scientiarum*. ***Human and Social Sciences***, v. 38, n. 1, p. 37-47, 2016.

SIMÕES, C. N. C.; LOPES, G. A. > R.; MARQUES, A. P. L.; GITTI, C. B. Pecuária Leiteira: perspectivas e desafios. Milkpoint, 2021. Disponível em: <<https://www.milkpoint.com.br/artigos/producao-de-leite/pecuaria-leiteira-perspectivas-e-desafios-225972/>>. Acesso em: 10 mar. 2024.

SOUZA, J. S. O impacto ambiental atribuído à pecuária, ***Revista CRMV-PR***. v. 30, 2010.

THOMASSEN, M. A.; DOLMAN, M. A.; VAN CALKER, K. J.; BOER, I. J. M. Relating life cycle assessment indicators to gross value added for Dutch dairy farms. ***Ecological Economics***, v. 68, p. 2278-2284, 2009.

THOMASSEN, M. A.; BOER, I. J. M. Evaluation of indicators to assess the environmental impact of dairy production systems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 111, p. 185-199, 2005.

UTEMBERGUE, B. L.; AFONSO, E. R.; PEREIRA, A. S. C. **Manejo de dejetos em confinamento de bovinos de corte**. III simpósio de Sustentabilidade e Ciência Animal. 2013.

VAN ASSELT, E. D.; CAPUANO, E.; VAN DER FELSKLERX, H. J. Sustainability of milk production in the Netherlands - A comparison between raw organic, pasteurised organic and conventional milk. **International Dairy Journal**, v. 47, p. 19-26, 2015.

VAN CALKER, K. J.; BERENTSEN, P. B. M.; GIESEN, G. W. J.; HUIRNE, R. B. M. Identifying and ranking attributes that determine sustainability in Dutch dairy farming. **Agriculture and Human Values**, v. 22, p. 53-63, 2005.

VAN CALKER, K. J.; BERENTSEN, P. B. M.; ROMERO, C.; GIESEN, G. W. J.; HUIRNE, R. B. M. Development and application of a multi-attribute sustainability function for Dutch dairy farming systems. **Ecological Economics**, v. 57, p. 640-658, 2006.

VAN CALKER, K. J.; BERENTSEN, P. B. M.; BOER, I. M. J.; GIESEN, G. W. J.; HUIRNE, R. B. M. An LP-model to analyse economic and ecological sustainability on Dutch dairy farms: model presentation and application for experimental farm "de Marke". **Agricultural Systems**, v. 82, p. 139-160, 2004.

VAN DER MEULEN, H. A. B.; DOLMAN, M. A.; JAGER, J. H.; VENEMA, G. S. The impact of farm size on sustainability of dutch dairy farms. **International Journal of Agricultural Management**, v. 3, p. 119-123, 2014.

VAN DER WERF, H. M. G.; KANYARUSHOKI, C.; CORSON, M. S. An operational method for the evaluation of resource use and environmental impacts of dairy farms by life cycle assessment. *Journal of Environmental Management*, v. 90, p. 36433652, 2009.

VAN CAUWENBERGH, N.; BIALA, K.; BIELDERS, C.; BROUCKAERT, V.; FRANCHOIS, L.; CIDAD, V. G.; HERMY, M.; MATHIJS, E. SAFE-A hierarchical framework for assessing the sustainability of agricultural systems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 120, p. 229-242, 2007.

VAN DER WERF, H. M. G.; KANYARUSHOKI, C.; CORSON, M. S. An operational method for the evaluation of resource use and environmental impacts of dairy farms by life cycle assessment. **Journal of Environmental Management**, v. 90, p. 36433652, 2009.

VAN PASSEL, S.; MEUL, M. Multilevel and multi-user sustainability assessment of farming systems. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 32, p. 170-180, 2012.

VILELA, D.; RESENDE, J. C.; LEITE, J. B.; ALVES, E. A evolução do leite no Brasil em cinco décadas. **Revista de Política Agrícola**, n.1, 2017.

VOINOV, A.; FARLEY, J. Reconciling sustainability, systems theory and discounting. **Ecological Economics**, v.63, p.104-113, 2007.

WANG, X.; LEDGARD, S.; LUO, J.; GUO, Y.; ZHAO, Z.; GUO, L.; SONG LIU, S.; ZHANG, N.; DUANA, X.; MA, L. Environmental impacts and resource use of milk production on the North China Plain, based on life cycle assessment. **Science of the Total Environment**, v. 625, p. 486-495, 2018.

WUST, C.; TAGLIANI, N.; CONCATO, A. C. A **Pecuária e sua influência impactante ao meio ambiente**. VI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Porto Alegre- RS, 2015.

YUNLONG, C.; SMIT, B. Sustainability in agriculture: a general review. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 49, p. 299-307, 1994.

ZUCALI, M.; BATTELLI, G.; BATTINI, M.; BAVA, L.; DECIMO, M.; MATTIELLO, S.; POVOLO, M.; BRASCA, M. Multi-dimensional assessment and scoring system for dairy farms. **Italian Journal of Animal Science**, v. 15, p. 492-503, 2016.

ZULAUF, W. E. O meio ambiente e o futuro. **Estudos Avançados**, v. 14, n. 39, p. 85-100, 2000.