

## **INICIATIVAS E ESTRATÉGIAS PARA PROMOÇÃO DA SUSTENTABILIDADE NA PRODUÇÃO DO LEITE BOVINO: UMA REVISÃO BIBLIOMÉTRICA E SISTEMÁTICA DE LITERATURA DOS ANOS DE 2014 A 2022**

**BRUNA CAROLINE CERVA**

**GLAUCO SCHULTZ**

UFRGS - UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

### **Introdução**

A promoção da sustentabilidade é relevante em qualquer setor produtivo, em especial em setores que geram significativos impactos negativos no ambiente, o que se dá no setor de produção leiteira. A principal fonte de metano no setor de laticínios é a fermentação entérica e relacionadas ao tratamento e disposição dos dejetos destes animais. Essa revisão sistemática analisou as estratégias e recomendações para produção sustentável do leite bovino discutidas na literatura de 2014-2022 destacando que são muitas as possibilidades de intervenção com potencial significativo de remediação.

### **Problema de Pesquisa e Objetivo**

Identificar as estratégias e ações atuais e futuras para promoção sustentável do leite bovino discutidas na literatura no período de 2014-2022, bem como seu potencial remediador e/ou facilidade de implementação.

### **Fundamentação Teórica**

A maior parte dos estudos que avaliam as práticas na produção de alimentos e as estratégias para a promoção de ações sustentáveis na produção utilizam a metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida (LCA). Essa metodologia fornece um quadro organizador para avaliar de forma holística os impactos ambientais de produtos e sistemas de produção. O uso da LCA na gestão ambiental e na sustentabilidade tem crescido rapidamente nos últimos anos (NOTARNICOLA, et al. 2012).

### **Metodologia**

A metodologia consistiu em uma revisão bibliométrica e sistemática de literatura que contemplou os anos de 2014 a 2022. A base de dados escolhida foi a Google Scholar, e as palavras-chave selecionadas foram sustainable production AND milk. Os artigos foram extraídos através do software Mendeley das 30 primeiras páginas de resultado. Para seleção dos artigos a serem incluídos na revisão sistemática, realizou-se cinco filtragens, que resultaram na leitura de 51 artigos. Após a leitura, restou-se 43 artigos que respondiam o problema de pesquisa e foram incluídos e analisados.

### **Análise dos Resultados**

As estratégias e recomendações encontradas foram aglutinadas em 15 categorias principais. Cada uma delas envolvia tanto ações em andamento, como sugestões futuras. Analisou-se, a partir do ano de publicação, quais temas ou estratégias vem mais recebendo atenção, e elaborou-se um ranking. Quanto ao número de recomendações e estratégias identificadas em cada uma, as três categorias que mais apresentaram recomendações foram as relacionadas a ajustes e intervenções na dieta e na alimentação, gestão do esterco, esturme, dejetos e resíduos e intervenções no uso do solo e nas técnicas de pastoreio.

### **Conclusão**

Considerando que se trata de um importante alimento, com representação significativa na mesa dos brasileiros, seja em forma de leite cru ou através de seus derivados, é imprescindível que se busque alternativas viáveis de sustentabilidade. Esta revisão possibilitou um panorama do que se tem feito no mundo, sugerindo aos diversos interessados possibilidades de intervenção que proporcionarão um modo de produzir o leite bovino respeitando o bem-estar animal, fazendo bom uso dos recursos hídricos, reduzindo as emissões de gases efeito estufa, redução da perda de nitrogênio e no uso de pesticidas.

### **Referências Bibliográficas**

ADEGBEYE, M.J. et al. Sustainable agriculture options for production, greenhouse gasses and pollution alleviation, and nutrient recycling in emerging and transitional nations - An overview. *Journal Of Cleaner Production*, [S.L.], v. 242, p. 118319, jan. 2020. Elsevier  
KRIZSAN, Sophie J.; et al. Sustainability aspects of milk production in Sweden. *Grass And Forage Science*, [S.L.], v. 76, n. 2, p. 205-214, 2021.  
CHARTRES, Colin J.; NOBLE, Andrew. Sustainable intensification: overcoming land and water constraints on food production. *Food Security*, [S.L.], v. 7, n. 2, p. 235-245, 2015, Springer.

### **Palavras Chave**

sustentabilidade, leite, intervenções

# INICIATIVAS E ESTRATÉGIAS PARA PROMOÇÃO DA SUSTENTABILIDADE NA PRODUÇÃO DO LEITE BOVINO: UMA REVISÃO BIBLIOMÉTRICA E SISTEMÁTICA DE LITERATURA DOS ANOS DE 2014 A 2022

## 1. INTRODUÇÃO

A promoção da sustentabilidade é relevante em qualquer setor produtivo. Deve ser promovida em especial em setores que, em razão das suas atividades, geram impactos negativos no ambiente, o que ocorre no setor de produção leiteira. A agricultura utiliza aproximadamente cerca de 40% da superfície terrestre, e se constitui em uma das principais usuárias de recursos de água doce (CHARTRES; NOBLE, 2015). As emissões de gases de efeito estufa (GEE) são a principal causa de alterações climáticas e do aquecimento global. Um total de cerca de 14,5% das emissões totais de GEE é estimada como originária do setor pecuário (GERBER et al. 2013), e a indústria global de laticínios contribui com cerca de 4,0% para o total emissões gênicas de GEE, segundo dados da FAO (FAO 2010). Em 2020, as emissões do setor agropecuário totalizaram cerca de 577 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>, o que representa um aumento de 2,5% em relação ao ano anterior, o maior incremento desde o ano de 2010 (SEEG, 2021). “As emissões de CH<sub>4</sub> geradas pela digestão dos ruminantes, corresponde a quase dois terços da emissão do setor, com destaque para os rebanhos de corte e de leite, que juntos totalizam 96,9% dessas emissões” (SEEG, 2021, p. 13). A criação e produção de bovinos domina as emissões do agro, e correspondem a “nada menos que 75% das emissões do setor que estão divididas em 65,6% para gado de corte e 9,3% para leite” (SEEG, 2021, p. 14).

A principal fonte de metano no setor de laticínios é a fermentação entérica, provenientes do arrotado do boi, além de resultantes do tratamento e disposição dos dejetos destes animais. As emissões de N<sub>2</sub>O se originam principalmente da aplicação de esterco e fertilizantes químicos, bem como relacionadas a culturas ou pastagens e deposição de estrume e urina nas pastagens. O armazenamento e o manuseio do esterco podem também constituir uma fonte significativa de N<sub>2</sub>O e CH<sub>4</sub> (HERNÁNDEZ-CASTELLANO et al, 2019). Quanto ao consumo de água na produção leiteira o que se sabe é que as estimativas de quanta água é consumida para produzir um quilo de leite ainda permanecem escassas. Tais informações precisam ser passadas à sociedade e aos gestores de recursos hídricos. Uma abordagem de pegada hídrica evidencia que o manejo nutricional é crucial para melhorar o uso da água (PALHARES; PEZZOPANE, 2015). Assim, a redução do impacto da fermentação entérica, o uso sustentável da terra e dos sistemas de manejo de ração animal e estrume e o uso responsável dos recursos hídricos, são fundamentais para garantir a eficiência dos resultados ambientais da produção de laticínios e aumentar a lucratividade (MARTIN, et al, 2017).

O setor de produção leiteira é um setor em crescimento no Brasil. Em 2020, a disponibilidade de leite no Brasil aumentou 2,8%, com volume de 734,08 milhões de litros superior a 2019. Considerando a importância do setor e seu crescimento, é evidente a relevância de estratégias sustentáveis na sua produção. A forma de produzir o leite tem ganhado cada vez mais importância. O desempenho das empresas não mais é medido apenas por indicadores de desempenho econômico-financeiro, mas também pela forma como impactam o meio ambiente (EMBRAPA, 2021). Para acompanhar o aumento populacional e aumento na produção de alimentos, torna-se necessário uma forma de intensificação agrícola que cause menos impacto ambiental, ou seja, não apenas a intensificação da agricultura, mas a “intensificação sustentável” (CHARTRES; NOBLE, 2015). Para que isso aconteça, é imprescindível a promoção e adoção de estratégias que promovam a sustentabilidade.

Alimentar mais de 9 bilhões de pessoas até a segunda metade deste século exigirá uma grande mudança nos sistemas agrícolas se quisermos continuar a utilizar adequadamente os

recursos naturais à nossa disposição (CHARTRES; NOBLE, 2015). Para alimentar uma população mundial em crescimento e ainda reduzir o impacto no meio ambiente, necessita-se de soluções imediatas e eficazes (TEDESCHI et al, 2015). Assim, para atender à crescente demanda, os sistemas de laticínios se encontram diante de uma série de desafios, tais como manter os altos padrões de segurança, mantendo a qualidade nutricional e sensorial e ao mesmo tempo aumentar a eficiência e garantir a sustentabilidade, sempre respeitando a saúde e bem-estar do rebanho leiteiro (VAN BELZEN, 2016).

As questões ambientais e de saúde humana relacionadas a produção de alimentos, produção de ração e sistemas de base biológica, variam desde as resultantes emissões de gases de efeito estufa, uso de energia e uso da terra, disponibilidade hídrica, qualidade do solo, qualidade e quantidade da água, decorrentes perdas de biodiversidade e exposição química (NOTARNICOLA, et al, 2012). A maior parte dos estudos que avaliam as práticas na produção de alimentos utilizam a metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida (LCA). Essa metodologia fornece um quadro organizador para avaliar de forma holística os impactos ambientais de produtos e sistemas de produção. O uso da LCA na gestão ambiental e na sustentabilidade tem crescido rapidamente nos últimos anos (NOTARNICOLA, et al. 2012). Assim, o que essa revisão sistemática se propôs foi analisar as estratégias e recomendações para promoção da produção sustentável do leite bovino presentes na literatura dos 2014 a 2022, destacando principalmente que muitas são as possibilidades de intervenção, tornando possível que um número cada vez maior de produtores se ajuste à realidade atual e contribua para o desenvolvimento sustentável seja em âmbito regional ou nacional.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia consistiu em uma revisão bibliométrica e sistemática de literatura que contemplou os anos de 2014 a 2022. A base de dados escolhida foi a Google Scholar, e as palavras-chave selecionadas foram *sustainable production AND milk*. Os artigos foram extraídos através do software Mendeley das 30 primeiras páginas de resultado. Para seleção dos artigos a serem incluídos na revisão sistemática, realizou-se cinco filtragens: (1<sup>a</sup>) remoção de publicações duplicadas; (2<sup>o</sup>) remoção das publicações que pela leitura do título não tem relação com o problema de pesquisa direta ou indiretamente; (3<sup>o</sup>) remoção das publicações que após a leitura dos resumos não respondem o problema de pesquisa, direta ou indiretamente; (4<sup>o</sup>) remoção de publicações que não sejam artigos de jornais ou revistas; e (5<sup>o</sup>) remoção dos artigos que após a leitura integral não apresentaram em seus resultados estratégias ou ações para promoção da sustentabilidade na produção de leite bovino. Esta revisão sistemática contou com três etapas principais, descritas a seguir:

**Primeira Etapa:** (1) definição do problema de pesquisa, (2) escolha da base de dados e palavras-chave, (3) seleção do período. Os resultados gerados foram aproximadamente 113.000 e contemplavam qualquer tipo de produção bibliográfica. Os resultados foram também ordenados por relevância. Como não haveria tempo hábil para fazer a extração e análise de todos os potenciais resultados, fez-se um recorte extraíndo as produções indicadas nas primeiras 30 páginas, o que gerou a extração de um total de 289 produções. Escolheu-se as 30 primeiras páginas por estarem mais próximas da relevância de acordo com as palavras chaves selecionadas, bem como pela quantidade de produções que puderam ser extraídas nas primeiras 30 páginas. Nesta primeira extração, foram extraídos todos os arquivos que mencionaram produção de leite, leite ou produção sustentável. O software utilizado para auxiliar nessa extração e organização foi o software Mendeley, através de um *pluggin*

instalado no navegador. Cada artigo foi exportado e direcionado para a biblioteca pessoal do Mendeley, facilitando a organização dos arquivos e reduzindo os riscos de perder alguma produção importante, caso cada extração fosse feita manualmente.

**Segunda Etapa:** Esta etapa contou com as filtragens para chegar no número de artigos que seriam lidos integralmente. A primeira filtragem dos artigos resultou na remoção dos artigos duplicados, resultando em 252 produções. A segunda filtragem dos artigos resultou na remoção dos artigos cujo o título indicava não ter relação direta com o que se procurava, resultando em 129 produções. A terceira filtragem se deu após a leitura dos resumos. A quarta filtragem consistiu na remoção pelo formato, sendo mantidos apenas os artigos científicos. Com esta filtragem, restou para leitura integral dos artigos, um total de 51 artigos.

**Terceira Etapa:** A terceira etapa envolveu a leitura de todos os 51 artigos. Após a leitura dos artigos, 8 artigos foram removidos por não responderem direta ou indiretamente o problema de pesquisa, restando 43 artigos que compõem esta revisão sistemática.

### 3. DISCUSSÃO E RESULTADOS

Nos 43 artigos que foram inseridos nessa revisão sistemática, diversas estratégias e recomendações para promoção da sustentabilidade foram apresentadas, podendo-se aglutinar em 15 categorias principais: (1) Ajustes e intervenções na dieta; (2) Intervenção no uso do solo, técnicas de pastoreio e relacionadas/alterações de paisagem, uso de fertilizantes; (3) Adaptações de manejo e relacionados, alterações de plantio, práticas de forragem; (4) Economia de recursos hídricos/gestão de recursos hídricos; (5) Bem-estar animal; (6) Gestão de estoques; (7) Gestão da produção e modificações relacionadas; (8) Gestão de energia/fontes alternativas; (9) Gestão de políticas relacionadas/gestão financeira; (10) Intervenções genéticas e relacionadas; (11) Alterações nas técnicas de engorda, corte, ordenha e partos; (12) Outras alternativas para redução de emissões (tecnologias, sistemas de precificação, etc), (13) Gestão recursos humanos/gestão estratégica/ programas relacionados; (14) Gestão do esterco, estrume, dejetos e resíduos; e (15) Intervenções combinadas.

Cada categoria apresentou uma série de recomendações que envolvia tanto ações já em andamento, como sugestões do que pode ser feito. Na categoria que envolvia ajustes e intervenções na dieta e alimentação ficou evidente que o resultado a ser atingido foi o de aumentar o teor de gordura na dieta, o uso de suplementos alimentares e uso eficiente de concentrados para mitigar a fermentação entérica e aumentar a produção de leite (HERNÁNDEZ-CASTELLANO et al, 2019; RANGNATH; AGARWAL; DAS, 2015).

Em termos de melhoramento da ração os artigos apresentaram a necessidade de utilizar concentrados (CENNET; AYSUN, 2019), bem como implementar estratégias de produção de ração resiliente e flexível (MARTIN, et. al, 2017). Essas recomendações foram mais gerais e amplas. Por outro lado, outros artigos trouxeram exemplos específicos de melhoramento na dieta que envolvia introduções ou substituições de alimento, tais como o uso de alfafa e outras culturas forrageiras com o objetivo de aumentar a digestibilidade da fibra e a eficiência da utilização de proteínas (MARTIN, et. al, 2017). Também a utilização de suplementos lipídicos dietéticos, como caroço de algodão, grãos de cerveja, canola prensada a frio, farinha de canjica e bagaço de uva, entre outras fontes alimentícias com grandes quantidades de trigo para redução das emissões de metano (MOATE, et al, 2016). Outra opção fornecida foi a substituição da alfafa por outras fontes alternativas de proteína nas dietas dos animais, tais como silagem de milho e silagem de pastagens diversas (NOYA, et al, 2018).

De modo geral, tais intervenções contribuem para aumentar a eficiência de conversão alimentar dos animais (BAVA, et al, 2014; BOSIRE, et al, 2015; MARTIN, et. al, 2017; HUANG, et al, 2014), formular rações para maximizar os rendimentos, minimizando as perdas de nitrogênio ou metano e desenvolvendo sistemas de alojamento que otimizassem as

condições de crescimento (GARNETT, 2014). Além disso, o desenvolvimento de estratégias de alimentação, tais como dieta com maior qualidade e digestibilidade e suplementos que melhorem a atividade microbiana ruminal, a implementação de ações de melhoramento do pasto, qualidade da silagem, cultivo da ração, digestibilidade da ração e potencial genético, bem como as estimativas corretas da quantidade de ração consumida (LÉIS, et al, 2015), foram propostas nos artigos que fazem parte dessa revisão. Estratégias para redução de desperdício e aproveitamento também apareceram, tais como a utilização de frutas, vegetais e outros alimentos que não passam no teste de padronização para compor parte da ração, cultivo de insetos (sobre esterco e subproduto agrícola), podendo ser utilizado como ingrediente de ração (ADEGBEYE, et al, 2020).

A segunda categoria está relacionada às intervenções no uso do solo e técnicas de pastoreio relacionadas/alterações de paisagem, bem como no uso de fertilizantes. (HERNÁNDEZ-CASTELLANO, et al, 2019). Destaca-se como proposição a utilização de pastagens, em vez de terras aráveis, pois as primeiras precisam de menos fertilização do que as a realização de aração do solo. (BAVA, et al, 2014). Também práticas como cultivo de cobertura ou consórcio para redução da perda de NO<sub>3</sub> do solo que, por sua vez, resultarão no aumento do sequestro de carbono e do nitrogênio do solo. Outra recomendação é o uso do sistema de plantio direto de milho para silagem com a inclusão de culturas de cobertura ou companheiras, para compensar os efeitos prejudiciais da remoção de biomassa. Um segundo exemplo apresentado foi o cultivo de milho em uma cobertura viva de trevo kura ou intercalado com trevo vermelho, seguido por um ano de produção de forragem de trevo para redução das concentrações de aumento da proteína colhida (MARTIN, et. al, 2017). Ainda envolvendo culturas, adoção de culturas e forragens perenes para melhor proteção da superfície do solo contra a erosão hídrica e eólica, bem como a inclusão de leguminosas perenes, aumentando o potencial genético de rendimento aumentando a digestibilidade da fibra. Outra recomendação foi o desenvolvimento de culturas tolerantes à seca, que envolvem mudanças para cultivos eficientes no consumo de água ; utilização práticas de manejo do solo que aumentam a retenção de água, como lavoura de conservação, manejo de resíduos e o uso de plantas de cobertura, além de melhorar os modelos de previsão de temperatura e precipitação que coletam e integram informações sobre solo em nível de fazenda, associados ao rendimento de culturas e das condições climáticas (MARTIN, et. al, 2017).

Em relação às intervenções na paisagem a recomendação é a adoção de sistemas agrosilvipastoris tropicais, pois beneficia o bem-estar do gado por meio de menor exposição a condições climáticas estressantes, tendo como resultado o aumento da produção de leite (DUMONT; GROOT; TICHIT, 2018). Em relação aos fertilizantes, pesticidas e relacionados, algumas recomendações foram o uso racional de fertilizantes e melhores práticas de manejo de esterco em fazendas leiteiras para diminuir o impacto das perdas de nitrogênio no meio ambiente (KRIZSAN et al, 2021). Outra recomendação foi quanto a adoção de estratégias para melhorar a eficiência do uso de nitrogênio através do cultivo de leguminosas, aumentando assim a oferta de proteínas e a redução da necessidade de aplicação de fertilizantes inorgânicos importados (MARCH et al, 2021).

A terceira categoria apresentou um conjunto de recomendações relacionadas à adaptações de manejo, bem como alterações no plantio e práticas de forragem capazes de lidar com eventos climáticos e/ou melhorar o potencial de produção de pastagens (JACQUOT, et al, 2020). O uso de uma parcela significativa de silagem de milho (NOYA, et al, 2018); a reabilitação de pastagens degradadas para melhorar a disponibilidade de biomassa; a qualidade da dieta e a reprodução para aumentar as taxas de crescimento e rendimentos de carcaça e a produção no sistema úmido (BOSIRE, et al, 2015); investimento em melhoramento de pastagens (DE LÉIS, et al, 2015); compartilhamento de terras (sistemas agrosilvipastoris), (LERNER, et al, 2017).

A quarta categoria aborda a gestão e economia de recursos hídricos, importante tópico considerando os recentes eventos envolvendo a escassez hídrica, bem como o fato da produção do leite ser uma grande consumidora deste recurso natural. Embora não tenha havido um número considerável de artigos que abordou estratégias para economia de recursos hídricos, no conjunto foram apresentadas as seguintes recomendações: as estratégias relacionadas ao aumento da eficiência do uso da água (irrigação, por exemplo), substituindo os métodos de irrigação convencionais por outros mais novos e mais eficientes (por exemplo, aspersores na produção de alfafa). Além disso, a irrigação deve ser baseada nas necessidades das culturas (RAFIEE et al, 2016); reutilização de efluentes para reduzir o consumo de água (PALHARES; PEZZOPANE, 2015), e o uso de estratégias para redução da evaporação e utilização de água reciclada para limpeza (por exemplo, limpeza dos galpões) (HUANG, et al, 2014). Outras estratégias envolviam acordos de economia de água com fornecedores e a importação de alimentos de outras regiões onde é necessária menos irrigação ou onde a escassez de água local é menor, aumentando a eficiência da conversão alimentar para a produção de leite (HUANG, et al, 2014). Estratégias envolvendo o uso de artefatos ou que contem com infraestrutura foram mencionadas, tais como a aplicação de fibra de carbono em estação de tratamento de efluentes (ADEGBEYE, et al, 2020), e o aumento do controle do uso de água por meio da instalação de hidrômetros independentes (PALHARES; PEZZOPANE, 2015). Além disso, algumas estratégias para economia de água envolviam práticas e manejos que reduzam a evapotranspiração das culturas, tais como: sistemas agrícolas de plantio direto; fertilizantes orgânicos; cobertura do solo; e práticas de conservação e plantas que sejam mais eficientes na retenção da água e do seu conteúdo nutricional (PALHARES; PEZZOPANE, 2015).

A quinta categoria relaciona-se às estratégias sustentáveis que promovam o bem-estar animal. Esta categoria recebeu pouca atenção nas publicações presentes nesta revisão. As estratégias encontradas foram majoritariamente no sentido de prevenir diferentes tipos de lesões para reduzir as emissões de GEE. Para tal, um dos artigos sugeriu a introdução de tapetes de borracha nas salas de manejo do gado leiteiro com o objetivo de reduzir lesões induzidas por traumas, afetando assim o desempenho ambiental da produção de leite (intervenção de claudicação). Do ponto de vista ambiental, os benefícios potenciais da implementação de tapetes são particularmente relevantes se fontes de energia renovável forem usadas para a produção de tapetes (MOSTERT, et al, 2018; HERZOG et al, 2020).

A sexta e sétima categoria, também receberam pouca atenção. A sexta categoria diz respeito a gestão de estoque visando a minimização do desperdício e o melhor uso de embalagens com o objetivo de prolongar a vida útil dos alimentos (GARNETT, 2014). A sétima categoria, relacionada a gestão da produção e modificações relacionadas, contou com duas recomendações/estratégias principais: (1) produção de leite sem alimentos geneticamente modificados; e (2) conversão da produção de leite convencional para orgânica para reduzir a pegada de carbono devido à eliminação de fertilizantes sintéticos e forte dependência de ciclo fechado de nutrientes na fazenda (MANN; VENUS, 2015; GROSS et al, 2022).

A oitava categoria refere-se às recomendações e estratégias de gestão de fontes de energia alternativas e renováveis, tais como o uso de tecnologias como a digestão anaeróbica para redução das emissões e armazenamento dos resíduos. Algumas propostas foram: a substituição da energia baseada em carbono fóssil no contexto da produção de leite orgânico, optando pela utilização de biomassa para alcançar a autossuficiência em combustível. Dois sistemas de biomassa foram apresentados por Block, et al (2015): (1) um sistema de biogás baseado em estrume e palha e (2) um sistema de biogás com estrume combinado com sistema RME (éster metílico de colza) (BLOK, et al, 2015) ou a mudança de um sistema energético baseado em fósseis para um sistema renovável baseado em (1) biogás baseado em esterco e palha e (2) biogás baseado em esterco (KIMMING, et al, 2015); adoção de tecnologias de

refrigeração, fabricação e transporte que são mais eficientes em termos energéticos ou baseadas em fontes de energia renováveis (GARNETT, 2014); sistema de aquecimento indutivo (IMP) proposto com o objetivo de melhorar a eficiência energética e exergética (BAS ARAN, et al, 2021); utilização de tecnologias de uso em massa de sistemas de painéis solares. Neste caso, a eletricidade gerada por painéis solares pode ser usada para fornecimento de energia (máquinas de vácuo e bombas de transferência; refrigeradores de leite; ventilação; aquecimento de água quente e para sistemas de limpeza) (SNEGIRJOVS, et al, 2018); utilização de bomba de vácuo com energia elétrica em vez de combustíveis fósseis (diesel e gás natural), equipadas com acionamento de velocidade variável (VSD) para reduzir os custos de energia em até 50% (Soltanali, et al, 2015). E por fim, para gerenciar o consumo de energia elétrica dos laticínios nas unidades de resfriamento de leite, utilização de trocador de calor que atua como sistema de resfriamento e substituição de combustíveis fósseis pelo uso de sistemas de energia renovável, como a tecnologia de biogás. (SOLTANALI, et al, 2015).

A nona categoria envolveu a gestão de políticas públicas e de acesso ao crédito. Pensando em contextos de regiões com alta poluição devido à produtividade do gado e/ou má gestão de dejetos, sugeriu-se a implementação de políticas para garantir que todas as fazendas nessas regiões tenham biodigestores. Além disso, um projeto nacional poderia ser implementado, especialmente nas comunidades rurais, de um digestor portátil de biogás em cada residência. Propôs-se também o desenvolvimento de mecanismos financeiros internacionais e metas nacionais de restauração e mitigação de carbono (ADEGBEYE, et al, 2020; LERNER, et al, 2017). Além disso, deve ser desenvolvida a infraestrutura necessária para uma melhor gestão de gado mestiço e acesso ao mercado (Richard; Ebenezer; Frederick, 2020).

A décima categoria também recebeu bastante atenção durante o período de 2014 a 2022. Esta categoria apresentou uma série de recomendações relacionadas a intervenções genéticas e relacionadas. Muitos artigos mencionaram a relevância do melhoramento genético (MARCH et al, 2021 LERNER, et al, 2017; ADEGBEYE, et al, 2020). As recomendações enfatizam a importância da adoção de raças melhoradas usando composição alimentar adequada (BOSIRE, et al, 2015), além da seleção de vacas mais eficientes em sistema sem pastoreio (PHOCAS, et al, 2015) e o manejo e utilização de raças mais produtivas (UDO, et al, 2016).

Intervenções genéticas relacionados a técnicas de genôma no rebanho para melhorar a eficiência geral da alimentação e fertilização in vitro (MARCH et al, 2021, combinada com a medição direta das emissões de metano e eficiência de conversão alimentar (MOATE, et al, 2016), também foram destacadas. Os artigos também mencionaram estratégias de melhoramento baseada na classificação fenotípica para aumento da produção de leite (SHAHJAHAN, 2018) ou que envolvem cruzamento para aumento da produção de leite por animal, especialmente onde os agricultores podem fornecer manejo suficiente para manter animais com maiores necessidades de insumos e acesso ao mercado do leite. Neste último caso, há a necessidade de melhor compreensão da relação entre genótipo com o ambiente em que os animais estão inseridos para (RICHARD; EBENEZER; FREDERICK, 2020).

A décima primeira categoria envolvia alterações nas técnicas de engorda, corte, ordenha e partos, e as recomendações e estratégias apresentadas foram poucas, mas representativas. Começando com as relacionadas a ordenha, uma das recomendações apresentadas foi o aumento da frequência de ordenha (de 2 para 3 ordenhas por dia) pelo seus potenciais de acidificação e eutrofização que apresentam maiores reduções (BACENETTI, et al, 2016). Relacionado aos partos, sugeriu-se a diminuição do intervalo entre partos para aumentar os lucros e reduzir as emissões de CO<sub>2</sub> por vaca e por unidade de sólidos do leite (JAYASUNDARA, et al, 2019). Quanto as que envolviam sistema de confinamento, apresentou-se três principais: (1) Sistema de produção em confinamento doméstico baseado

em ração de leucena cultivada na fazenda; (2) Adoção do modo totalmente acoplado de confinamento que recicle estrume animal sólido e líquido. No entanto, neste caso é necessária uma política que apoie a remoção das barreiras econômicas e institucionais relacionadas e (3) Sistema de confinamento totalmente confinado em vez de sistemas de confinamento semiconfinado e pastagem (ADEGBEYE, et al, 2020; FAN, et al , 2018; DE LÉIS, et al, 2015).

A décima segunda categoria englobou outras alternativas para redução de emissões (tecnologias, sistemas de precificação, etc) que não puderam ser inseridas nas quinze categorias principais aqui encontradas. As recomendações foram as mais diversas e foram desde a importação de produtos ruminantes de nações com sistema de produção de menor intensidade de emissões, além da importação de suprimentos adicionais de ração animal de mercados internacionais com sistemas de produção de baixas emissões (ADEGBEYE, et al, 2020) até a proposta de um novo modelo de centro de coleta sustentável baseado na abordagem triple bottom line, visando a ampliação do escopo dos centros de coleta para eliminar as perdas de leite cru (KAZANCOGLU; OZKAN-OZEN; OZBILTEKIN, 2018). No que toca a tecnologia, tecnologias emergentes para medir as emissões de metano e facilitar a medição (por exemplo, metodologia SF6 aprimorada; desenvolvimento de sensores ruminais). Além do desenvolvimento de tecnologias que podem ser usadas para mitigar as emissões de metano entérico (por exemplo, ruminômica) (MOATE, et al, 2016).

Outras recomendações ainda envolveram a elaboração de um sistema de precificação de carbono (ADEGBEYE, et al, 2020), reintegração das operações de ração e pecuária, seja em uma determinada operação ou entre operações separadas e próximas (MARTIN, et. al, 2017) e outras bem mais específicas, tais com o crescimento e suplementação de algas (*Asparagopsis taxiformis*, *Dictyota bartayresii*, *Cladophora patentiramea*) para promoção da remediação de água, biofertilizante, biogás e redução na produção de metano, *aspergillus terreus* para produção de lovastatina, visando a diminuição do metanogênio, além de planta rica em saponina e tanino para diminuição na emissão de metano (ADEGBEYE, et al, 2020).

A décima terceira categoria está relacionada a gestão de recursos humanos e se destaca a necessidade de orientação técnica aos agricultores, particularmente no que diz respeito às rações e às práticas de gestão de forragens para aumento da qualidade (RANGNATH; AGARWAL; DAS, 2015), além da importância de implementar estratégias de gestão nas empresas para análise econômica, ambiental e energética de um sistema de produção (CENNET; AYSUN, 2019). Programa de treinamento de pequenos agricultores em nutrição, manutenção de registros e prestação de serviços veterinários serão úteis para aperfeiçoamento da gestão (CENNET; AYSUN, 2019; RICHARD; EBENEZER; FREDERICK, 2020). A oferta de programas específicos sobre sistemas silvipastoris é outra sugestão de orientação técnica aos agricultores (LERNER, et al, 2017). Destacou-se também a necessidade de investimento em educação e treinamento dos agricultores, a fim de minimizar as perdas (alimentação adequada, vacinação, ordenha adequada e cuidados gerais de saúde dos animais).

As últimas duas categorias referem-se a uma série de recomendações e receberam grande relevância além de opções de alternativas durante os anos de 2014 a 2022. Começando pela décima quarta categoria relacionada a gestão dos resíduos, contou com recomendações que envolviam desde novas práticas para melhorar a gestão de dejetos, pelo menos no nível da bacia hidrográfica, para atingir taxas de carregamento adequadas e minimizar custos econômicos e impactos ambientais, tais como como reciclagem de nutrientes (MARTIN, et. al, 2017) e o uso de sistemas de biodigestão para reduzir a pegada de carbono. Também a implementação de sistemas de separação sólido-líquido para redução das emissões de metano dos resíduos armazenados em lagoas anaeróbicas. As lagoas também podem ser cobertas para capturar o metano para que possa ser usado como fonte alternativa de energia ou por meio da



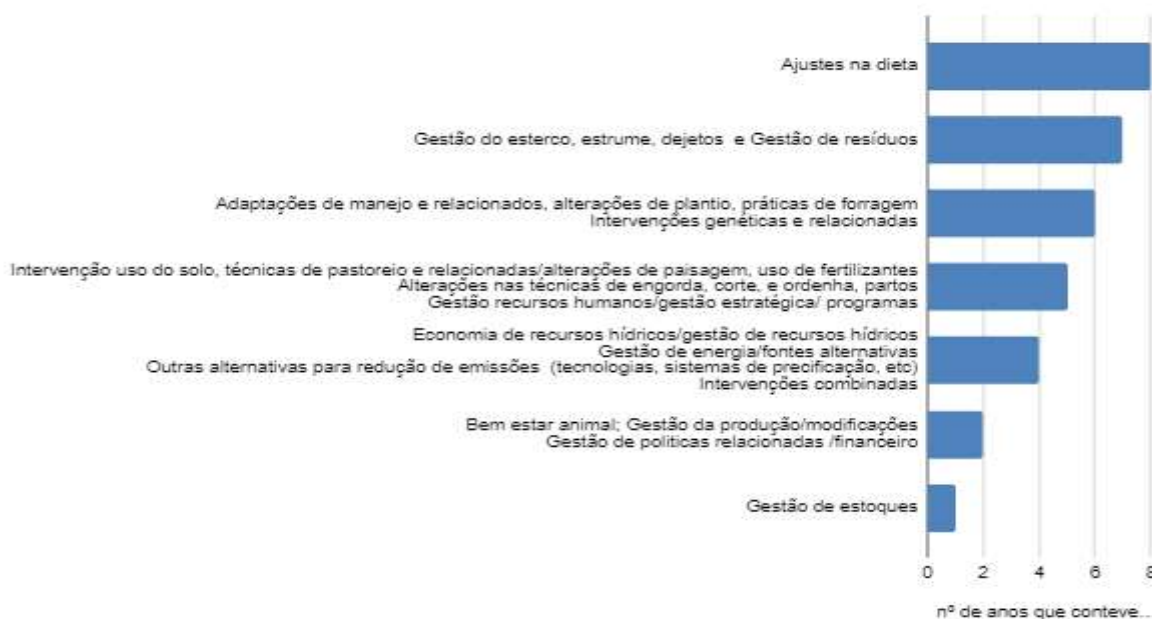
queima (GOLLNOW, et al, 2014). Em síntese, as alternativas nesse sentido foram : (1) utilização dos resíduos como adubo orgânico para evitar a aplicação de fertilizantes minerais (NOYA, et al, 2018); (2) conversão dos dejetos em digestor anaeróbico (bioenergia para fonte de calor e/ou para eletricidade) (ADEGBEYE, et al, 2020) e (3) controle das emissões de N<sub>2</sub>O através do uso de inibidores de nitrificação ou melhoramento do manejo de resíduos (HERNÁNDEZ-CASTELLANO et al, 2019).

Outras soluções apresentadas foram a hipótese de realizar a digestão anaeróbica de dejetos animais em uma usina consorciada próxima a várias fazendas leiteiras. Esta é uma solução que melhora o desempenho ambiental de todas as fazendas leiteiras (BACENETTI, et al, 2016); emprego de corretivos orgânicos (esterco de gado com adubação verde) e fertilizantes biológicos (estabilizadores biológicos de nitrogênio, bactérias solubilizadoras de fosfato) no lugar de fertilizantes químicos (RAFIEE et al, 2016) e utilização de irrigação por gotejamento e outras técnicas de agricultura de precisão e implantação de tecnologias que recuperam utilidade de resíduos agrícolas (esterco, resíduos de culturas) (GARNETT, 2014).

A última categoria relaciona-se a intervenções combinadas, sendo que algumas das recomendações e estratégias apresentadas foram: sistema de confinamento com alimentação 100% Leucena (ADEGBEYE, et al, 2020); sistemas de forragem melhoradas (LERNER, et al, 2017); diminuição da idade inicial de parto e melhora da digestibilidade das rações das vacas alcançados através da reformulação da dieta ou através de aditivos e suplementos alimentares (MARCH et al, 2021); melhora da integração regional na fazenda da produção de ração e utilização de esterco para reduzir as perdas ambientais de nitrogênio e fósforo (MARTIN, et. al, 2017); aumento da eficiência ambiental dos sistemas de produção de gado ao considerar a produção de leite e carne bovina (sistemas de produção interconectados/sistemas acoplados leite-carne) ao projetar estratégias de mitigação de intensificação sustentável, compensação da pegada de carbono mais alta da produção combinada de leite e carne pelo sequestro de CO<sub>2</sub> via florestamento em terras poupadas da produção de gado em relação a outras tipologias de fazendas ou agroflorestas (MAZZETTO, et al, 2020); melhora da dieta através da suplementação com concentrados densos em energia e proteína; melhor uso da terra, tecnologias de forragem melhoradas, bancos de forragem, espécies de pastagem melhoradas e uso de leguminosas; realocação de concentrados, usando pequenas quantidades em todos os estágios iniciais da lactação (UDO, et al, 2016).

Analisou-se também, a partir do ano de publicação, quais temas ou estratégias estavam recebendo atenção, e então elaborou-se um ranking as categorias de recomendações que mais têm recebido atenção nestes últimos anos, dentro do recorte desta revisão sistemática. O primeiro deles que mais contou com artigos em todos anos desde 2014 foi a categoria Ajustes/intervenções na dieta. Na sequência, em 2º lugar, a categoria Gestão do esterco, estrume, dejetos/Gestão de resíduos. Em 3º lugar, duas categorias de recomendações/estratégias: (1) Adaptações de manejo e relacionados, alterações de plantio, práticas de forragem e (2) Intervenções genéticas e relacionadas. Em 4º lugar três categorias: (1) Intervenção no uso do solo, técnicas de pastoreio e relacionadas/alterações de paisagem, uso de fertilizantes; (2) Alterações nas técnicas de engorda, corte, ordenha e partos e (3) Gestão recursos humanos/gestão estratégica/programas relacionados. Em 5º lugar, quatro categorias: (1) Economia de recursos hídricos/gestão de recursos hídricos; (2) Gestão de energia/fontes alternativas; (3) Outras alternativas para redução de emissões (tecnologias, sistemas de precisificação, etc) e (4) Intervenções combinadas. Em 6º lugar, três categorias: (1) Bem-estar animal, (2) Gestão da produção/modificações e (3) Gestão de políticas relacionadas/financeiro. Por fim, em 7º lugar, a categoria Gestão de estoques. O gráfico abaixo apresenta o ranking aqui mencionado.

**Gráfico 1 – Ranking com as categorias e o período em que aparecem nos artigos**



Fonte: elaborado pelos autores (2022)

Quanto ao número de recomendações e estratégias identificadas em cada uma, as três categorias que mais apresentaram recomendações foram as relacionadas a ajustes e intervenções na dieta e na alimentação (20), estratégias relacionadas com gestão do esterco, estrume, dejetos e resíduos (18) e intervenções no uso do solo, nas técnicas de pastoreio e relacionadas, bem como alterações de paisagem e no uso de fertilizantes (16). As categorias que menos apresentaram recomendações e estratégias foram as relacionadas a alterações nas técnicas de engorda, corte, ordenha e partos (5), estratégias sustentáveis que promovam bem-estar animal, gestão da produção e modificações relacionadas, e gestão de políticas relacionadas, bem como gestão financeira (2), e estratégias/recomendações que envolvam gestão de estoques (1).

Analisou-se também a fonte de cada um dos artigos desta revisão sistemática. Muitos dos artigos encontrados pertencem ao mesmo jornal ou revista, destacando-se o *Journal of Cleaner Production* como um dos que mais contribuiu com artigos sobre o tema no período de 2014 a 2022, com dez artigos.

Para verificar a qualidade da produção científica convém também analisar o fator de impacto de cada uma das revistas científicas em que os artigos dessa revisão se originam. A busca pelo fator de impacto de cada uma das revistas identificou que mais de 50% dos artigos (24 artigos) desta revisão pertenciam a periódicos com fator de impacto superior a 3,8 o que equivaleria ao qualis capes A1. Os dois jornais e revistas, nesta revisão, com maior fator de impacto são, primeiramente, o *Resources, Conservation & Recycling* com fator de impacto no valor de 13.716, e após este, aquele que mais contou com artigos nesta revisão, o *Journal of Cleaner Production* com fator de impacto 11.072. Sete artigos desta revisão pertencem a revistas com fator de impacto entre 3,799 e 2,500 o que equivale ao qualis capes A2. Três artigos desta revisão pertencem a revistas com fator de impacto entre 2,499 e 1,300 o que equivale ao qualis capes B1, e cinco artigos pertencem a revistas e jornais com fator de impacto entre 1,299 e 0,001 o que equivale ao qualis capes B2. Apenas quatro artigos pertenciam a revistas com fator de impacto não encontrado ou inexistente.

Esta comparação/equivalência foi realizada a partir de informações obtidas no site do Sistema de Bibliotecas da Unicamp (SBU, 2017). Os fatores de impacto foram extraídos de

sites de indicadores e métricas de publicações acadêmicas ou na página da própria revista/journal (ACCELERATOR, 2022; CCSE, 2022; ASSOCIATION, 2021; ELSEVIER, 2022; JOURNAL, 2022; RESURCHIFY, 2022; RESEARCH, 2019; SEARCHES, 2022; SJR, 2022; SPRINGER, 2022). O gráfico abaixo apresenta o que aqui se descreve.

A partir dessas métricas e comparações é possível perceber e sinalizar a qualidade da produção científica dos artigos que compõem esta revisão sistemática. Tal inferência é importante ao conferir a viabilidade de tais recomendações e estratégias. Além disso, foi possível perceber que as estratégias aqui abordadas, em sua maioria, têm recebido atenção em todos os anos, desde o período inicial do recorte desta revisão. Isto indica não apenas a relevância, mas também a viabilidade e consenso de tais propostas com o fim de promover a produção sustentável do leite bovino.

Por fim, verificou-se quais as regiões foco de estudo nos artigos desta revisão, e encontrou-se três casos principais: (1) estudos com foco em uma região específica de uma cidade, país ou mesmo continente; (2) não focou em uma região específica, apresentando recomendações gerais e (3) embora não se trate de um estudo de caso de uma região específica, cita algumas regiões ao comparar dados ou citar exemplos.

No primeiro caso, os estudos que focam em uma região específica, podendo ser uma cidade, país ou região de um país. As regiões que estiveram presentes nos artigos dessa revisão foram: países em desenvolvimento localizados nos trópicos da África, Ásia, América Latina e Caribe, China e Nordeste da China, região semiárida do Zimbábue, Índia e Maharashtra Ocidental na Índia, região asiática e a África subsaariana, Brasil, Reino Unido, Suécia e Sudoeste da Suécia, Alemanha e Suíça, Quênia, Guilan localizada no norte do Irã, Konya província da Turquia, região sul do Uruguai, Austrália, Irã, Norte da Itália, Austrália, Ontário no Canadá, Nordeste da Espanha, Centro da Alemanha, Colômbia, Estados Unidos, Letônia, Costa Rica, Turquia, Lindhof no norte da Alemanha, Áustria e três distritos de Bangladeche (Sirajganj, Chittagong e Mymensingh). No terceiro caso, embora não trate de um estudo de caso cita algumas regiões ao trazer alguns dados como Irlanda, Nova Zelândia, países da Europa ou América do Norte. Tal constatação conferiu boa representatividade da amostra, bem como possibilitou a identificação de práticas em diferentes contextos, bem como as muitas opções que há para a produção sustentável de leite bovino.

#### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Cada uma das categorias de recomendações aqui apresentadas impacta de diversas formas na promoção da sustentabilidade. Começando com a primeira categoria que envolve intervenções na dieta e alimentação, seu principal impacto é a redução das emissões de gases efeito estufa e metano (ADEGBEYE, et al, 2020). Além disso, algumas intervenções também possibilitam economia de recursos hídricos (PALHARES; PEZZOPANE, 2015), para mencionar apenas algumas. A segunda categoria relacionada a intervenções no uso do solo, técnicas de pastoreio, alterações de paisagem e uso de fertilizantes impactam diretamente na diminuição das perdas de nitrogênio no meio ambiente (KRIZSAN et. al, 2021), impactam também na economia de recursos hídricos (MARTIN, et. al, 2017) e resultam na diminuição do uso de pesticidas, herbicidas e outros que impactam diretamente na saúde do solo e dos humanos (DUMONT; GROOT; TICHIT, 2018). Tem efeitos positivos também na eutrofização e acidificação (BAVA et. al, 2014), aumento do sequestro de carbono e aumento do nitrogênio do solo (MARTIN et. al, 2017). A terceira categoria relacionada com adaptações de manejo e relacionados, alterações de plantio e práticas de forragem, impactam diretamente na conservação e restauração de terras, com redução da intensidade do impacto (LERNER, et al, 2017).

A quarta categoria trata da gestão de recursos hídricos e seu impacto principal em termos da promoção da sustentabilidade com uso inteligente e cuidadoso da água, seja na

alimentação, na irrigação e na higiene, que impactam na eficiência no uso da água e reutilização de efluentes para reduzir o consumo de água azul e cinza (PALHARES; PEZZOPANE, 2015). A quinta categoria com recomendações que promovem o bem-estar animal impactam diretamente na redução das emissões de GEE (MOSTERT, et al, 2018). A sexta categoria relacionada com a gestão de estoques tem como impacto principal a redução de desperdício e uso eficiente de embalagens, diretamente relacionada com a redução de resíduos e seus consequentes impactos (GARNETT, 2014). Quanto a sexta categoria, a gestão da produção e modificações relacionadas, pensando principalmente na eliminação de produtos geneticamente modificados ou produção de leite orgânico, seu impacto principal está na redução da pegada de carbono e eliminação de fertilizantes sintéticos (MANN; VENUS, 2015; GROSS et al, 2022).

A sétima categoria relacionado a gestão de energia e uso de fontes alternativas, enfatiza principalmente os benefícios da utilização de energia de fonte renovável que impactam na redução da dependência de combustíveis fósseis e geram economia de custos que pode chegar a até 50% (SOLTANALI, et al, 2015). A oitava categoria está relacionada a gestão de políticas relacionadas, políticas públicas e acesso ao crédito, e tem como impacto principal viabilizar e gerar incentivos para adoção de práticas sustentáveis de produção, proporcionando uma infraestrutura adequada para isso.

A décima categoria, relacionada a intervenções genéticas e relacionadas tem como principais impactos positivos em termos de promoção da sustentabilidade e a melhor conversão alimentar do leite que resulta em baixa intensidade de metano (MOATE, et al, 2016). A décima primeira categoria relacionada a alterações nas técnicas de engorda, corte, ordenha e partos impacta positivamente na redução das emissões de CO<sub>2</sub> (JAYASUNDARA, et al, 2019) e potenciais de acidificação e eutrofização que também apresentam maiores reduções, relacionados ao aumento da frequência da ordenha (BACENETTI, et al, 2016). A décima segunda categoria que contempla diversas iniciativas que não foram inseridas nas categorias aqui aglutinadas, tem como principal impacto, considerando as aqui mencionadas, a redução de metano (ADEGBEYE, et al, 2020; MOATE, et al, 2016; MARTIN, et al, 2017; KAZANCOGLU; OZKAN-OZEN; OZBILTEKIN, 2018).

A décima terceira categoria, relacionada a gestão de recursos humanos, tem como principal impacto treinar as pessoas envolvidas no processo produtivo para que estejam aptas a aceitar e introduzir práticas sustentáveis na produção do leite bovino. Sem treinamento e motivação por parte dos envolvidos, tais práticas podem não ser introduzidas corretamente, apesar de incentivos de crédito para isso. A décima quarta categoria, a gestão, dejetos e resíduos, tem diversos impactos positivos tais como: a redução das perdas de nitrogênio e recuperação de nutrientes (ADEGBEYE et al, 2020), controle das emissões de N<sub>2</sub>O (HERNÁNDEZ-CASTELLANO et al, 2019), redução das emissões de metano e substituição da eletricidade fóssil (BACENETTI et al, 2016), reduzindo a pegada de carbono (GOLLNOW et al, 2014). A última categoria que contém recomendações combinadas, tem como impacto a redução das perdas ambientais de nitrogênio e fósforo (MARTIN, et. al, 2017), bem como a compensação da pegada de carbono (MAZZETTO et al, 2020).

Não há dúvida quanto a relevância da produção sustentável do leite tendo em vista que tais intervenções têm grande potencial de impacto. Considerando que se trata de um importante alimento, com representação significativa na mesa dos brasileiros, seja em forma de leite cru ou através de seus derivados, é imprescindível que se busque alternativas viáveis de sustentabilidade. Esta revisão possibilitou um panorama do que se tem feito no mundo, sugerindo aos interessados possibilidades diversas de intervenção que proporcionarão um modo de produzir o leite bovino respeitando o bem-estar animal, fazendo bom uso dos recursos hídricos, reduzindo as emissões de gases efeito estufa e outros impactos relacionados.

## REFERÊNCIAS

- ACCELERATOR, Academic. **Academic Accelerator**. 2022. Disponível em: <<https://academic-accelerator.com/>>. Acesso em: 28 jul. 2022.
- ADEGBEYE, M.J. et al. Sustainable agriculture options for production, greenhouse gasses and pollution alleviation, and nutrient recycling in emerging and transitional nations - An overview. **Journal Of Cleaner Production**, [S.L.], v. 242, p. 118319, jan. 2020. Elsevier BV.
- ASSOCIATION, American Dairy Science. **Journal of Dairy Science® Journal impact factor increases to 4.034**. 2021. Disponível em: <<https://www.adsa.org/About-ADSA/Media/Journal-of-Dairy-Science-Journal-Impact-Factor-increases-to-4034-July-2-2021#:~:text=A%20Journal%20Impact%20Factor%20of,published%20in%202018%20and%202019>>. Acesso em: 28 jul. 2022.
- BACENETTI, Jacopo et al. Anaerobic digestion and milking frequency as mitigation strategies of the environmental burden in the milk production system. **Science Of The Total Environment**, [S.L.], v. 539, p. 450-459, jan. 2016. Elsevier BV.
- BAŞARAN, Anıl; et al. Comparison of drinking milk production with conventional and novel inductive heating in pasteurization in terms of energetic, exergetic, economic and environmental aspects. **Journal Of Cleaner Production**, [S.L.], v. 317, p. 128280, out. 2021. Elsevier BV.
- BAVA, L.; et al. How can farming intensification affect the environmental impact of milk production? **Journal Of Dairy Science**, [S.L.], v. 97, n. 7, p. 4579-4593, jul. 2014. American Dairy Science Association.
- BLOK, Vincent et al. From best practices to bridges for a more sustainable future: advances and challenges in the transition to global sustainable production and consumption. **Journal Of Cleaner Production**, [S.L.], v. 108, p. 19-30, dez. 2015. Elsevier BV.
- BOSIRE, Caroline K.; et al. Trends and spatial variation in water and land footprints of meat and milk production systems in Kenya. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, [S.L.], v. 205, p. 36-47, jul. 2015. Elsevier BV.
- CCSE. **Sustainable Agriculture Research**. 2022. Disponível em: <<https://www.ccsenet.org/journal/index.php/sar/about>>. Acesso em: 28 jul. 2022.
- CHARTRES, Colin J.; NOBLE, Andrew. Sustainable intensification: overcoming land and water constraints on food production. **Food Security**, [S.L.], v. 7, n. 2, p. 235-245, 3 mar. 2015. Springer Science and Business Media LLC.
- DUMONT, B.; GROOT, J.C.J.; TICHIT, M.. Review: make ruminants green again ⚡: how can sustainable intensification and agroecology converge for a better future?. **Animal**, [S.L.], v. 12, p. 210-219, 2018. Elsevier BV.
- ELSEVIER. **Browse 4.747 journals and 33.832 books**. 2022. Disponível em: <<https://www.journals.elsevier.com/browse/journals-and-books>>. Acesso em: 28 jul. 2022.
- FAN, Xing; et al. Recoupling Industrial Dairy Feedlots and Industrial Farmlands Mitigates the Environmental Impacts of Milk Production in China. **Environmental Science & Technology**, [S.L.], v. 52, n. 7, p. 3917-3925, 8 mar. 2018. American Chemical Society (ACS).
- FAO. 2010. Greenhouse gas emissions from the dairy sector – A life cycle assessment. FAO, Rome.
- GARNETT, Tara. Three perspectives on sustainable food security: efficiency, demand restraint, food system transformation. what role for life cycle assessment?. **Journal Of**

**Cleaner Production**, [S.L.], v. 73, p. 10-18, jun. 2014. Elsevier BV.

GERBER, P. J. et al. 2013. **Tackling Climate Change Through Livestock: A Global Assessment of Emissions and Mitigation Opportunities**. FAO, Rome.

GOLLNOW, Sebastian; et al. Carbon footprint of milk production from dairy cows in Australia. **International Dairy Journal**, [S.L.], v. 37, n. 1, p. 31-38, jul. 2014. Elsevier BV.

GROSS, Arthur; et al. The carbon footprint of milk during the conversion from conventional to organic production on a dairy farm in central Germany. **Agronomy For Sustainable Development**, [S.L.], v. 42, n. 3, p. 1-17, 16 maio 2022. Springer Science and Business Media LLC.

HERNÁNDEZ-CASTELLANO, et al. Dairy science and health in the tropics: challenges and opportunities for the next decades. **Tropical Animal Health And Production**, [S.L.], v. 51, n. 5, p. 1009-1017, 26 mar. 2019. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11250-019-01866-6>.

HERNÁNDEZ-CASTELLANO, Lorenzo E.; et al. Dairy science and health in the tropics: challenges and opportunities for the next decades. **Tropical Animal Health And Production**, [S.L.], v. 51, n. 5, p. 1009-1017, 26 mar. 2019. Springer Science and Business Media LLC.

HUANG, Jing et al. Water availability footprint of milk and milk products from large-scale dairy production systems in Northeast China. **Journal Of Cleaner Production**, [S.L.], v. 79, p. 91-97, set. 2014. Elsevier BV.

JAYASUNDARA, Susantha; et al. Improving farm profitability also reduces the carbon footprint of milk production in intensive dairy production systems. **Journal Of Cleaner Production**, [S.L.], v. 229, p. 1018-1028, ago. 2019. Elsevier BV.

JOURNAL, Sci. **Check the Latest Impact Factor**. 2022. Disponível em: <<https://www.scijournal.org/>>. Acesso em: 28 jul. 2022.

KAZANCOGLU, Yigit; OZKAN-OZEN, Yesim Deniz; OZBILTEKIN, Melisa. Minimizing losses in milk supply chain with sustainability: an example from an emerging economy. **Resources, Conservation And Recycling**, [S.L.], v. 139, p. 270-279, dez. 2018. Elsevier BV.

HERZOG, Anna; et al. Welfare intervention and environmental impacts of milk production – cradle-to-farm-gate effects of implementing rubber mats in Austrian dairy farms. **Journal Of Cleaner Production**, [S.L.], v. 277, p. 123953, dez. 2020. Elsevier BV.

KIMMING, M. et al. Replacing fossil energy for organic milk production – potential biomass sources and greenhouse gas emission reductions. **Journal Of Cleaner Production**, [S.L.], v. 106, p. 400-407, nov. 2015. Elsevier BV.

KRIZSAN, Sophie J.; et al. Sustainability aspects of milk production in Sweden. **Grass And Forage Science**, [S.L.], v. 76, n. 2, p. 205-214, 28 maio 2021. Wiley.

LÉIS, Cristiane Maria de; et al. Carbon footprint of milk production in Brazil: a comparative case study. **The International Journal Of Life Cycle Assessment**, [S.L.], v. 20, n. 1, p. 46-60, 29 out. 2014. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11367-014-0813-3>.

LERNER, Amy M.; et al. Sustainable Cattle Ranching in Practice: moving from theory to planning in colombia's livestock sector. **Environmental Management**, [S.L.], v. 60, n. 2, p. 176-184, 17 jun. 2017. Springer Science and Business Media LLC.

LIZARRALDE, Carolina; et al. Practices to Reduce Milk Carbon Footprint on Grazing Dairy Farms in Southern Uruguay: case studies. **Sustainable Agriculture Research**, [S.L.], v. 3, n. 2, p. 1, 7 fev. 2014. Canadian Center of Science and Education.

MANN, Stefan; VENUS, Thomas. GMO free milk: a system comparison of germany and

switzerland. **Agroscope Science**, [Si], n. 21, p. 84-87, 2015.

MARCH, Margaret D.; et al. Effect of Nutritional Variation and LCA Methodology on the Carbon Footprint of Milk Production From Holstein Friesian Dairy Cows. **Frontiers In Sustainable Food Systems**, [S.L.], v. 5, p. 1-16, 30 abr. 2021. Frontiers Media SA.

MARTIN, N.P. et al. Invited review: sustainable forage and grain crop production for the us dairy industry. **Journal Of Dairy Science**, [S.L.], v. 100, n. 12, p. 9479-9494, dez. 2017. American Dairy Science Association. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2017-13080>.

MARTIN, N.P.; et al. Invited review: sustainable forage and grain crop production for the us dairy industry. **Journal Of Dairy Science**, [S.L.], v. 100, n. 12, p. 9479-9494, dez. 2017. American Dairy Science Association.

MAZZETTO, Andre M.; et al. Comparing the environmental efficiency of milk and beef production through life cycle assessment of interconnected cattle systems. **Journal Of Cleaner Production**, [S.L.], v. 277, p. 124108, dez. 2020. Elsevier BV.

MOATE, Peter J.; et al. Reducing the carbon footprint of Australian milk production by mitigation of enteric methane emissions. **Animal Production Science**, [S.L.], v. 56, n. 7, p. 1017, 2016. CSIRO Publishing.

MOSTERT, P. F.; et al. The impact of foot lesions in dairy cows on greenhouse gas emissions of milk production. **Agricultural Systems**, [S.L.], v. 167, p. 206-212, nov. 2018. Elsevier BV.

NOTARNICOLA, Bruno; et al. Progress in working towards a more sustainable agri-food industry. **Journal Of Cleaner Production**, [S.L.], v. 28, p. 1-8, jun. 2012. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.02.007>.

NOYA, I.; et al. Environmental and water sustainability of milk production in Northeast Spain. **Science Of The Total Environment**, [S.L.], v. 616-617, p. 1317-1329, mar. 2018. Elsevier BV.

OğUZ, Cennet; YENER, Aysun. The use of energy in milk production; a case study from Konya province of Turkey. **Energy**, [S.L.], v. 183, p. 142-148, set. 2019. Elsevier BV.

PALHARES, Julio Cesar Pascale; PEZZOPANE, Jose Ricardo Macedo. Water footprint accounting and scarcity indicators of conventional and organic dairy production systems. **Journal Of Cleaner Production**, [S.L.], v. 93, p. 299-307, abr. 2015. Elsevier BV.

PHOCAS, F.; et al. Review: towards the agroecological management of ruminants, pigs and poultry through the development of sustainable breeding programmes. **Animal**, [S.L.], v. 10, n. 11, p. 1749-1759, 2016. Elsevier BV.

RAFIEE, Shahin et al. Sustainability evaluation of pasteurized milk production with a life cycle assessment approach: an iranian case study. **Science Of The Total Environment**, [S.L.], v. 562, p. 614-627, ago. 2016. Elsevier BV.

RAJU, Kantha; K, M; et al. Intensive Cultivation of Medicago sativa for Sustainable Milk Production - An Action Oriented Approach. **International Journal Of Livestock Research**, [S.L.], p. 1, 2018. ScopeMed.

RANGNATH, Pawar Sachin; AGARWAL, S.B.; DAS, Goutam. Study on resource use efficiency in milk production in the Scarcity Zone of Western Maharashtra, India. **Indian Journal Of Animal Research**, [S.L.], v. 49, n. 4, p. 523, 2015. Diva Enterprises Private Limited. <http://dx.doi.org/10.5958/0976-0555.2015.00060.6>.

RESEARCH, International Journal Of Livestock. **International Journal of Livestock Research**. 2019. Disponível em: <<https://www.ejmanager.com/my/ijlr/#:~:text=The%20high%2Dquality%20content%20of,and%20Global%20Impact%20Factor%200.677.>>. Acesso em: 28 jul. 2022.



RESURCHIFY. **Find Impact Score.** 2022. Disponível em: <<https://www.resurchify.com/if/impact-factor-search>>. Acesso em: 28 jul. 2022.

RICHARD, Osei-Amponsah; EBENEZER, Kwaku Asem; FREDERICK, Yeboah Obese. Cattle crossbreeding for sustainable milk production in the tropics. **International Journal Of Livestock Production**, [S.L.], v. 11, n. 4, p. 108-113, 31 out. 2020. Academic Journals.

ROCHE, J.R.; et al. Review: new considerations to refine breeding objectives of dairy cows for increasing robustness and sustainability of grass-based milk production systems. **Animal**, [S.L.], v. 12, p. 350-362, 2018. Elsevier BV.

SBU. **Qualis – CAPES.** 2017. Disponível em: <<http://www.sbu.unicamp.br/sbu/qualis-capes/>>. Acesso em: 28 jul. 2022.

SEARCHES, Journal. **GRASS AND FORAGE SCIENCE impact factor, indexing, ranking (2022).** 2022. Disponível em: <<https://journalsearches.com/journal.php?title=GRASS%20AND%20FORAGE%20SCIENCE#:~:text=Final%20Summary-,The%20impact%20factor%20of%20GRASS%20AND%20FORAGE%20SCIENCE%20is%202.856,SCImago%20Journal%20Rank%20is%200.716.>>. Acesso em: 28 jul. 2022.

SEEG. **Análise das emissões brasileiras de gases de efeito estufa e suas implicações para as metas climáticas do Brasil 1970 - 2020,** 2021. 55 p.

SHAHJAHAN, Md. Development of breeding strategy based on body coloration and phenotype in Holstein Friesian crossbreeds for sustainable milk production. **Fundamental And Applied Agriculture**, [S.L.], v. 4, n. 1, p. 498, 2018. ScopeMed.

SJR. **Engineering for Rural Development.** 2022. Disponível em: <<https://www.scimagojr.com/journalsearch.php?q=21100198208&tip=sid&clean=0>>. Acesso em: 28 jul. 2022.

SNEGIRJOVS, Andrejs; et al. Solar technologies application in milk production. **Engineering For Rural Development**, [S.L.], p. 1679-1683, 23 maio 2018. Latvia University of Agriculture.

SOLTANALI. et al. Optimization of Energy Consumption in Milk Production Units through Integration of Data Envelopment Analysis Approach and Sensitivity Analysis. **Iranian Journal Of Applied Animal Science**, [s. l], v. 6, n. 1, p. 15-23, 2015.

SPRINGER. **Springer Link.** 2022. Disponível em: <<https://link.springer.com/>>. Acesso em: 28 jul. 2022.

TEDESCHI, Luis Orlindo et al. The role of ruminant animals in sustainable livestock intensification programs. **International Journal Of Sustainable Development & World Ecology**, [S.L.], p. 1-14, 25 ago. 2015. Informa UK Limited.

TUI, Sabine Homann-Kee, et al. Economic trade-offs of biomass use in crop-livestock systems: exploring more sustainable options in semi-arid zimbabwe. **Agricultural Systems**, [S.L.], v. 134, p. 48-60, mar. 2015. Elsevier BV.

UDO, H. et al. Intensification to Reduce the Carbon Footprint of Smallholder Milk Production: fact or fiction?. **Outlook On Agriculture**, [S.L.], v. 45, n. 1, p. 33-38, mar. 2016. SAGE Publications.

VAN BELZEN, Nico. **Achieving sustainable production of milk** Volume 2. London: Burleigh Dodds Science Publishing, 2016. 432 p.