



RELISE

INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE PARA A PRODUÇÃO DE LEITE: UMA REVISÃO DE LITERATURA¹

SUSTAINABILITY INDICATORS FOR MILK PRODUCTION: A LITERATURE REVIEW

Mirian Fabiana da Silva²

Augusto Hauber Gameiro³

RESUMO

A sustentabilidade é um assunto discutido globalmente, assim, este fenômeno se mostra importante para aprofundamento das pesquisas para o desenvolvimento da produção de leite. Objetivou-se realizar um levantamento de literatura para identificar quais são os principais indicadores de sustentabilidade utilizados na pecuária leiteira e as relações entre eles. Uma revisão de artigos científicos foi realizada para identificar os indicadores propostos pela ciência. Os principais indicadores utilizados para avaliar os aspectos técnicos foram produtividade por vaca, produção de leite por área, taxa de lotação e produção de leite. No econômico os principais indicadores avaliados 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. As produções de leite por área e por vaca podem influenciar nas relações entre indicadores ambientais e econômicos.

Palavras-chave: avaliação ambiental, gestão da fazenda, indicadores sociais, produção de leite, viabilidade econômica.

ABSTRACT

Sustainability is a globally discussed issue, thus, this phenomenon proves to be important for the deepening of research into the development of milk

¹ Recebido em 23/02/2021. Aprovado em 11/03/2021.

² Universidade de São Paulo. mirianzootecnista@gmail.com

³ Universidade de São Paulo. gameiro@usp.br



RELISE

209

production. The aim was to analyze the issue of sustainability in dairy farms, which indicators are used to measure it and the relationships between them. A review of scientific papers was carried out to identify the indicators proposed by science. The main indicators used to assess the technical aspects were productivity per cow, milk production per area, stocking rate and milk production. In the economic, the main indicators evaluated were cost, margin, owner's income or work remuneration and income. Social aspect, the main indicators studied were education and training, animal welfare, product quality and working conditions. Environmental dimension, the indicators were gas and substance emissions, energy use, nutrient balance and land use. Milk production per area and per cow can influence the relationship between environmental and economic indicators.

Keywords: environmental assessment, farm management, social indicators, milk production, economic viability.

INTRODUÇÃO

A pecuária leiteira tem se desenvolvido por meio da intensificação e especialização dos sistemas de produção animal. Esse processo deve-se ao crescimento econômico, investimento em pesquisa, aumento da renda, urbanização e crescimento da população. A intensificação da bovinocultura de leite possibilitou aumentar a produção e a produtividade dos alimentos, para atender à demanda da população.

Concomitantemente com este crescimento houve um aumento nos impactos ambientais, principalmente por consequências do uso inapropriados de práticas de manejo nos sistemas de produção. Os principais impactos são degradação do solo, contaminação do solo, das águas superficiais e subterrâneas e emissões de gases de efeito estufa. Outros desafios da produção são as questões relacionadas à saúde animal, ao bem-estar animal e ao efeito sobre os aspectos econômicos e sociais.

Portanto surge questionamentos sobre a viabilidade desses sistemas de produção em longo prazo, ou seja, como produzir alimentos de forma sustentável, que atenda à necessidade da população sem comprometer as



RELISE

210

futuras gerações. Uma produção que apresenta resultados técnicos e econômicos viáveis, a fim de manter o produtor e a atividade em funcionamento; ser responsável socialmente, ao ponto de garantir o bem-estar humano e animal; e ambientalmente correta ao visar à conservação do ambiente.

Para que isso ocorra, necessita-se de uma gestão que concilie eficiência técnica e econômica, responsabilidade social, proteção e conservação do ambiente. Portanto, o entendimento da relação desses aspectos é um pré-requisito fundamental para se buscar a sustentabilidade como fator de tomada de decisão gerencial.

O uso de ferramenta que auxilie na avaliação da propriedade é importante para analisar o atual sistema de produção e propor as possíveis mudanças a fim de produzir de forma sustentável. Uma ferramenta relevante é o uso de indicadores. Por meio de um conjunto de indicadores é possível analisar e monitorar a propriedade de forma sistêmica e determinar os pontos de estrangulamento, conhecer os avanços ou retrocesso do sistema e estabelecer estratégias para a tomada de decisão gerencial.

Os indicadores devem abranger a complexidade do conceito de sustentabilidade e estabelecer relações entre os aspectos que compõem o sistema. Assim, a elaboração de indicadores de sustentabilidade deve procurar estabelecer as relações entre os indicadores e propor medidas de controle e melhoria do sistema produtivo.

Mapear as pesquisas sobre a avaliação da sustentabilidade em sistemas de produção de leite é importante para identificar os indicadores que estão sendo adotados, além de possibilitar a construção de uma avaliação, com a finalidade de promover e propor padrões de produção sustentável para a pecuária leiteira.



RELISE

Diante deste contexto, objetivou-se realizar um levantamento de literatura para identificar quais são os principais indicadores de sustentabilidade utilizados na pecuária leiteira e as relações entre eles.

A CONCEPÇÃO DE SUSTENTABILIDADE E DE INDICADORES

A definição geral aceita de sustentabilidade é a seguinte: “Desenvolvimento sustentável é aquele que atende as necessidades presentes sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atenderem suas próprias necessidades”. Esse conceito foi publicado em 1987 no relatório “Nosso Futuro Comum”, também conhecido como “Relatório Brundtland” (WCED, 1987).

Para melhor compreensão da sustentabilidade, Elkington (1997) desenvolveu um modelo que ficou conhecido como o “tripé” do desenvolvimento sustentável. Tal modelo colocou em um único conceito as ideais de prosperidade econômica, qualidade ambiental e justiça social. Mais precisamente, presume que o sucesso de um país, região ou atividade econômica deve ser mensurado não somente pela sua capacidade de gerar riqueza, mas também pelo desempenho social e pela preservação e conservação do ambiente.

A sustentabilidade está relacionada à integração dos fatores que permeiam a sociedade, como os econômicos, sociais, institucionais e ambientais, com a finalidade de conservar o ambiente sem comprometer as gerações futuras. Por todas essas razões, vários autores têm demonstrado a necessidade de uma visão sistêmica, complexa, dinâmica e evolutiva da sustentabilidade. Visto que o conceito de sustentabilidade é dinâmico pode-se considerar a agropecuária sustentável como aquela que busca melhoria na utilização dos bens e recursos ambientais, minimiza os impactos ambientais,



RELISE

possibilita a viabilidade econômica e o bem-estar social (OUDSHOORN et al., 2012; GALLOWAY et al., 2018).

Para que a produção agropecuária se torne sustentável, necessita-se de uma gestão que concilie eficiência econômica, responsabilidade social, proteção e conservação do ambiente natural (GALLOWAY et al., 2018). O entendimento da relação entre a viabilidade econômica e os impactos ambientais na produção é um importante pré-requisito para tomada de decisão técnica e gerencial. Assim é essencial estabelecer uma visão estratégica para a produção animal considerando o desenvolvimento sustentável como um processo de mudança da situação atual em longo prazo (MEUL et al. 2008). Os indicadores são ferramentas importantes para avaliar a produção animal, sendo utilizados para acompanhar as ações em andamento e tomar medidas de controle para alcançar os objetivos propostos (THOMASSEN et al., 2009).

O termo “indicador” é originário do latim “*indicare*” que significa descobrir, apontar, anunciar, estimar (HAMMOND et al., 1995). Os indicadores são ferramentas essenciais para guiar as ações; subsidiar e avaliar os processos; monitorar a integração dos aspectos da sustentabilidade; avaliar e prever condições e tendências; promover informações para impedir prejuízo técnico, econômico, social e ambiental; formular estratégias e suporte de tomada de decisão, por meio de uma visão sistêmica e de comparação no tempo ou espaço (HAMMOND et al., 1995; MEUL et al., 2008; FUMAGALLI et al., 2011; BÉLANGER et al., 2012; GAUDINO et al., 2014). Assim, os indicadores não são o fim em si mesmo, mas uma ferramenta que quando usada adequadamente dá suporte às mudanças necessárias (HAMMOND et al., 1995).

Os indicadores podem fornecer informações importantes sobre um sistema de produção, como aspectos técnicos, ambientais, sociais ou econômicos, portanto permitem analisar as tendências e relações de causa e



RELISE

213

efeito. Além disso, esses fornecem bases sólidas para a tomada de decisões em todos os níveis do planejamento da propriedade (THOMASSEN et al., 2009). Os indicadores podem ser usados individualmente, como parte de um conjunto, ou sob a forma de um índice composto que combina os indicadores individuais em um único número (VAN PASSEL et al., 2007; BÉLANGER et al., 2012).

Ao propor indicadores deve-se atentar ao conceito holístico e simultâneo dos pilares da sustentabilidade, ou seja, desenvolver indicadores multidimensionais (VAN PASSEL et al., 2007; CHAND; SIROHI; SIROHI, 2015). Também deve-se estabelecer critérios para a seleção dos mesmos, como ser fácil para implantar, compreensível, sensível às variações, reproduzível, adaptável aos objetivos, relevante aos usuários (MEUL et al., 2008); simples, mensurável, acessível e oportuno (BÉLANGER et al., 2012; LEBACQ; BARET; STILMANT, 2013). Assim tais indicadores podem ser usados por pesquisadores, gestores, técnicos e produtores (GAUDINO et al., 2014).

METODOLOGIA

Para atender ao objetivo proposto, foi realizado um levantamento da literatura científica sobre indicadores, índice e modelos de avaliação da sustentabilidade em sistemas de produção de leite, a fim de identificar os indicadores mais utilizados.

O levantamento bibliográfico foi efetuado nas plataformas *Science Direct*, *Web of Science*, *Scopus* e *Google Scholar*, escolhendo-se somente artigos científicos escritos em Inglês, que usaram indicadores para avaliar a sustentabilidade da pecuária leiteira e que foram publicados no período de 1999 a 2019, também foi realizada a busca por meio das referências dos



RELISE

214

artigos. As palavras utilizadas na busca foram *indicators and sustainability and milk and production and dairy*.

Os artigos foram analisados em relação ao método e uso de indicadores para as três dimensões da sustentabilidade. Além das dimensões tradicionais, foi incluída a dimensão técnica, pela importância de avaliar o desempenho zootécnico da atividade e sua influência na produção de forma sustentável.

Os indicadores foram identificados, descritos e caracterizados pela frequência de utilização nas pesquisas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram analisadas 94 publicações de vários países, das quais 69% foram desenvolvidas na Europa. As pesquisas analisadas utilizaram diferentes métodos para estabelecer os indicadores, tanto na forma de análise quanto de mensuração. Devido à diversidade, os indicadores não são padronizados, dificultando a comparação entre os estudos. Outro fator é que alguns autores não apresentam de forma clara como os indicadores foram elaborados.

Os aspectos ambientais são os mais estudados. Do total de trabalhos revisados 98% analisaram indicadores nessa dimensão, exceto os de Gaviglio et al. (2016) e Van Calker et al. (2007). Os aspectos econômicos foram o segundo grupo de indicadores mais usados para avaliar a sustentabilidade de propriedades leiteiras, correspondendo a 62% dos trabalhos revisados. Os indicadores econômicos são utilizados principalmente para analisar a viabilidade da produção.

Considerando o “tripé” da sustentabilidade os aspectos sociais da pecuária leiteira são menos estudados. Somente 45% dos trabalhos revisados avaliaram esses aspectos, embora a sociedade e os profissionais reconheçam a importância social da atividade. Isso se deve especialmente à falta de



RELISE

parâmetros adequados e bem fundamentados. Além disso, a maioria das abordagens utilizam avaliações qualitativas, com base em observações e opiniões ou em indicadores que requerem dados de difícil disponibilidade (MEUL et al., 2008). Segundo Van Calker et al. (2007), a percepção heterogênea das questões sociais em diferentes contextos provoca uma falta de clareza conceitual. Dessa forma, propor indicadores para avaliar os aspectos sociais e que atendam os objetivos da sustentabilidade pode ser considerado um trabalho desafiador.

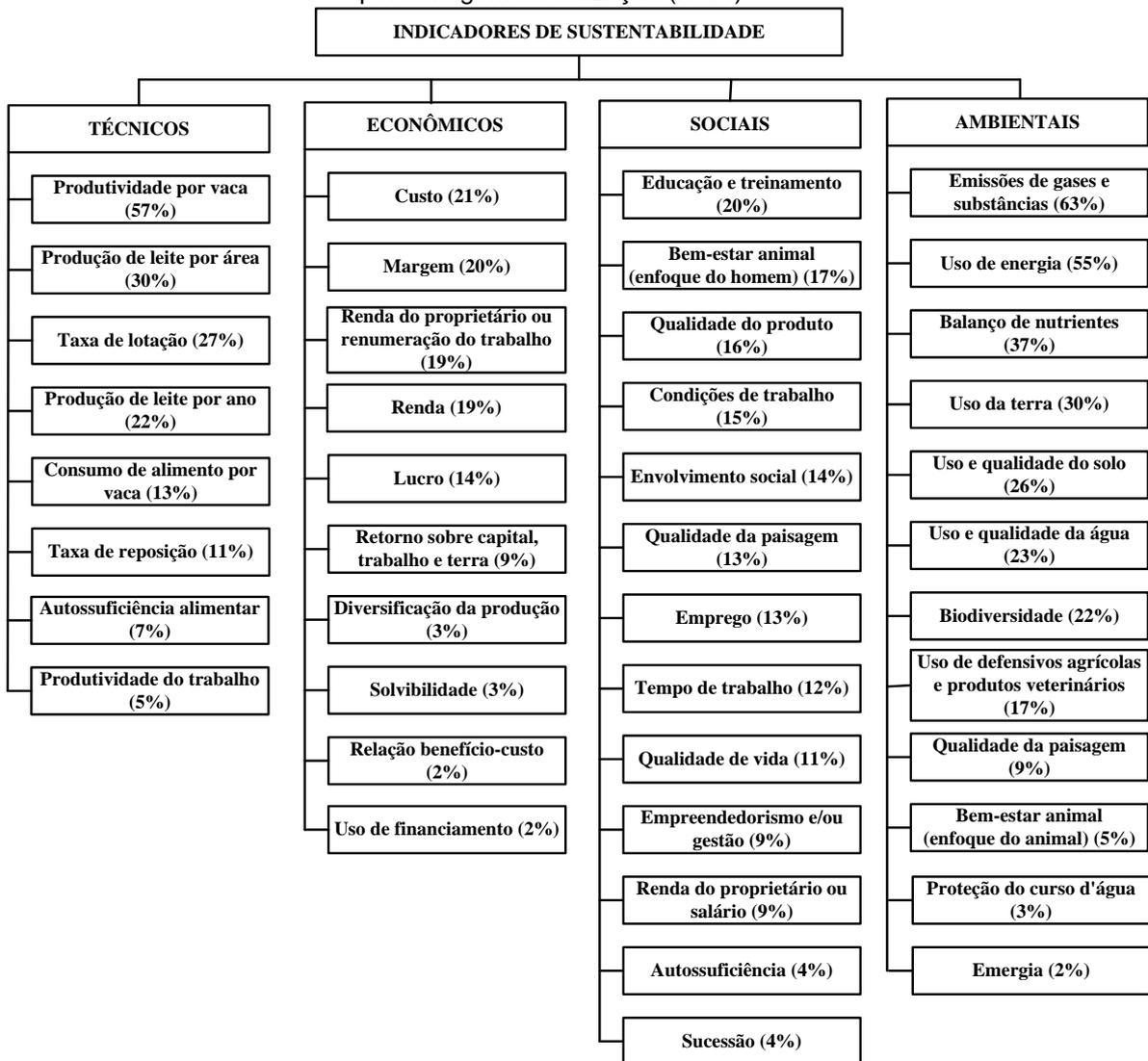
Os indicadores técnicos foram analisados em 74% dos artigos revisados. Esses foram utilizados principalmente para avaliar a intensificação da atividade, para correlacioná-los com os impactos ambientais e analisar a eficiência dos sistemas de produção, em 64% dos trabalhos. Porém, 36% dos artigos utilizaram somente para caracterizar as fazendas, assim não os consideram com indicadores para avaliar a sustentabilidade.

A escolha dos indicadores representa o passo mais crítico de uma pesquisa. O processo de escolha deve levar em consideração o equilíbrio entre a validação, a confiabilidade e a significância dos indicadores e os objetivos a serem alcançados, sob a restrição de disponibilidade de dados (GAVIGLIO et al., 2016). Uma vez que os indicadores são concebidos para auxiliar a tomada de decisão gerencial dos produtores, é importante que esses sejam efetivamente práticos (HALBERG, 1999).

Os principais indicadores encontrados nos artigos analisados estão apresentados na Figura 1, pelas dimensões da sustentabilidade e pelos aspectos técnicos. Os indicadores estão em ordem decrescente da frequência de utilização pelos autores revisados, dentro de cada grupo.



Figura 1 - Principais indicadores de sustentabilidade avaliados nos trabalhos revisados e a porcentagem de utilização (n=94)



Fonte: Dados da Pesquisa

Os indicadores mais utilizados para avaliar os aspectos técnicos foram produtividade por vaca, produção de leite por área e taxa de lotação, estão relacionados com a intensificação da produção leiteira. Na dimensão ambiental as emissões de gases e substâncias, o uso de energia e o balanço de nutrientes foram os mais usados. Tal fato pode ser justificado pela importância



RELISE

217

da geração de gases e perdas de nutrientes e da utilização de energia renovável para a redução dos impactos ambientais. No econômico, o indicador mais avaliado foi o custo, isso se deve à influência dos custos de produção na viabilidade da atividade leiteira. No aspecto social, os principais indicadores estudados foram educação e treinamento, bem-estar animal (ênfase do homem), qualidade do produto e condições de trabalho. A educação e treinamento e condições de trabalho são indicadores sociais baseado na visão dos produtores. Já o bem-estar animal (ênfase do homem) e a qualidade do produto são questões relacionadas à visão da sociedade. Os itens a seguir apresentam como foram elaborados esses indicadores e suas relações na avaliação da sustentabilidade em propriedades leiteiras.

INDICADORES TÉCNICOS

Os autores consideram os aspectos zootécnicos para avaliar as fazendas leiteiras, além do “tripé” da sustentabilidade. A análise técnica é necessária para avaliar o desempenho do sistema de produção de leite. A qual avalia a aplicação de conceitos básicos de manejo da atividade para o melhor aproveitamento dos fatores de produção.

Os principais indicadores técnicos foram produtividade por vaca, produção de leite por área, taxa de lotação por área, produção de leite por ano, consumo de alimento por vaca, taxa de reposição do rebanho, autossuficiência alimentar e produtividade do trabalho. Além desses, Zucali et al. (2016) analisaram a eficiência alimentar, Berre et al. (2014) avaliaram o tempo de trabalho e Müller-Lindenlauf, Deittert e Köpke (2010) a qualidade do leite.

A produtividade por vaca representa a quantidade de leite em quilograma por dia ou ano produzido pelo animal (MÜLLER-LINDENLAUF; DEITTERT; KÖPKE, 2010; GUERCI et al., 2013; PENATI et al., 2013; DOLMAN et al., 2014; BATTINI et al., 2016; ZUCALI et al., 2016; GALLOWAY



RELISE

218

et al., 2018; WANG et al., 2018). Esse indicador é utilizado por estar relacionado com a intensificação da pecuária leiteira. Portanto a produtividade por vaca também é usada para avaliar a eficiência genética e nutricional dos animais. A produção de leite por ano corresponde a quantidade total de leite comercializado e consumido na propriedade (GAUDINO et al., 2014).

A taxa de lotação por área é expressa pela quantidade de vacas em lactação por hectare, sendo um indicador utilizado para verificar a intensificação do uso da terra pela pecuária (HALBERG, 1999; MÜLLER-LINDENLAUF; DEITERT; KÖPKE, 2010; MEUL et al., 2012; GUERCI et al., 2013; PENATI et al., 2013; BAVA et al., 2014; GAUDINO et al., 2014; 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 esse o inverso do uso da terra por quilograma de leite, que é utilizado na avaliação ambiental (BASSET-MENS; LEDGARD; BOYES, 2009; MEUL et al., 2012; DOLMAN et al., 2014; BÉLANGER et al., 2015; BATTINI et al., 2016; 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 informação 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.

A produtividade do trabalho é um importante indicador na avaliação da eficiência técnica (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.



RELISE

219

A análise dos indicadores técnicos é necessária para o planejamento e gerenciamento das propriedades leiteiras. Esses indicadores revisados são os principais utilizados por estarem correlacionados com os indicadores do “tripé” da sustentabilidade.

INDICADORES ECONÔMICOS

No aspecto econômico busca-se basicamente: maximizar o lucro da atividade; remunerar os fatores de produção como mão de obra, capital e terra, a um nível competitivo com os outros setores econômicos; aumentar a produtividade e eficiência dos fatores de produção; e minimizar o risco da atividade.

Os indicadores utilizados frequentemente referem à rentabilidade da propriedade, como custos, margem bruta, lucro, rendimento líquido da fazenda, retorno sobre patrimônio, retorno sobre ativos, renda do proprietário, solvibilidade, relação benefício-custo e rentabilidade do trabalho, capital e terra. Em geral esses indicadores são quantitativos e expressos em termos monetários em relação aos fatores de produção, como vaca, hectare e horas de trabalho.

Além desses indicadores, Bertocchi, Demartini e Marescotti (2016) acrescentaram a independência de insumos externos, subsídios e financiamento externo (OUDSHOORN et al., 2012), diversificação da renda por meio da produção de alimentos e não alimentos e atividades não agropecuárias (LEBACQ; BARET; STILMANT, 2013; NAHED et al., 2019). Häni et al. (2003) consideraram o fluxo de caixa. O objetivo desses parâmetros é avaliar a adaptabilidade da gestão dos produtores às mudanças de mercado.

Os autores utilizam diversos métodos para calcular os indicadores econômicos, devido ao tipo de sistema de produção, as fontes de renda e os diferentes custos de produção. As propriedades produziam além do leite outros



RELISE

220

produtos, como animais para venda (THOMASSEN et al., 2009), queijo (FUMAGALLI et al., 2011; PENATI et al., 2013), milho (VAN CALKER et al., 2007) e outros (OUDSHOORN et al., 2012). Assim, diferentes itens compuseram os custos e receita.

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) apresentam os custos fixos como manutenção, aluguel, depreciação, energia, e ainda acrescenta custo de financiamento, no caso, os juros. Fumagalli et al. (2011) consideraram como custo fixo a depreciação, impostos e seguro.

Como as fazendas desenvolvem mais de uma atividade, alguns autores consideraram a renda, custos, margem e lucro totais para a fazenda e não por atividade (VAN CALKER et al., 2007). Meul et al. (2008, 2012) elaboraram os indicadores com base na produção de leite exclusivamente.

A atividade leiteira – como qualquer outra atividade comercial – é considerada economicamente viável quando consegue gerar renda suficiente para remunerar os recursos produtivos (VAN PASSEL et al., 2007). O rendimento líquido da fazenda foi considerado um indicador de remuneração da gestão, do trabalho familiar e do capital, sendo o valor após pagar todos os demais custos (VAN CALKER et al., 2007; OUDSHOORN et al., 2012). Para corrigir as diferenças de tamanho das fazendas, os autores relacionaram esse indicador com a unidade de trabalho anual não paga no ano, ou seja, pela mão de obra familiar (DOLMAN et al. 2014).



RELISE

221

A solvibilidade trata-se da capacidade da propriedade em atender ao total de pagamentos exigidos. Uma fazenda é insolvente se, ao vender todos os ativos não conseguir gerar dinheiro suficiente para cumprir todas as responsabilidades. Esse indicador é calculado pela divisão do capital próprio pelo passivo total (VAN PASSEL et al., 2007).

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; à identidade que permite os produtores viverem de acordo com seus próprios valores e normas; e ao capital social que refere às diversas redes e relações de confiança entre as pessoas envolvidas na pecuária.

Os principais indicadores usados pelos autores foram educação e treinamento, bem-estar animal (ênfase do 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.

Sobre a percepção do produtor, a sustentabilidade social está associada à justiça social, capital social, cultura e saúde física e psicológica. No entanto, para a sociedade 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 ligados à saúde física e psicológica dos trabalhadores e com o 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., 2007, 2008). Outro indicador é o tempo de



RELISE

222

trabalho avaliado por 12% dos artigos revisados, que está relacionado ao tempo (horas ou dias) dedicado às atividades desenvolvidas na propriedade.

A eficiência do trabalho é um tema interessante e relevante para a sustentabilidade social. A eficiência é calculada dividindo a produção total anual de leite pela quantidade de horas de trabalho anual (MEUL et al., 2012). A manutenção de um nível sustentável de emprego é relevante para o desenvolvimento social e econômico do meio rural (BERTOCCHI; DEMARTINI; MARESCOTTI, 2016; GAVIGLIO et al., 2016; NAHED et al., 2019). Nesse contexto, a educação e a qualificação são aspectos chaves para o crescimento da atividade, manutenção do homem no campo e possibilidade de sucessão do negócio (GAVIGLIO et al., 2016). Segundo Van Passel et al. (2007) o maior nível de educação do produtor está relacionado com a melhor eficiência do desenvolvimento sustentável da propriedade. Também a educação é importante para o desenvolvimento cultural da população rural (GAVIGLIO et al., 2016). O indicador relacionado a educação e treinamento foi analisado por 20% dos trabalhos revisados.

A sustentabilidade social também está associada à inocuidade dos alimentos, que é a garantia de que os produtos não causam danos à saúde dos consumidores. Portanto, os aspectos químicos, microbiológicos e físicos devem ser analisados nos alimentos. Os fatores de risco mais importantes são resíduos de antibióticos, *Salmonella*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* e *Mycobacterlur paratuberculosis* (VAN CALKER et al., 2007). Além dos aspectos microbiológicos, o indicador de qualidade do leite inclui composição do leite, quantidade de gordura, proteína e sólido totais (OUDSHOORN et al., 2012). Outro indicador da qualidade do leite é a contagem de células somáticas. Este em níveis elevados é indicativo de mastite clínica e subclínica, interferindo na saúde animal (OUDSHOORN et al., 2012; DOLMAN et al., 2014).



RELISE

223

O bem-estar animal é um conceito frequentemente debatido, sendo uma exigência primordial da sociedade. Embora os pesquisadores reconheçam as complexidades da sua definição e limitações. As “cinco liberdades” (ausência de sede, fome e desnutrição, inexistência de desconforto, ausência de dor, lesões e doenças, liberdade de expressar o comportamento normal e livre de medo e angústia) são consideradas uma base adequada e apropriada para a medição do bem-estar animal (VAN CALKER et al., 2007).

Segundo Van Calker et al. (2007) a ausência de sede, fome e desnutrição são asseguradas pelos aspectos zootécnicos e econômicos. A ausência de dor, lesão e doença está correlacionada à saúde animal. Dentro desta, são consideradas as doenças de importância socioeconômica, ou seja, relacionadas à saúde pública e ao comércio internacional de produtos de origem animal, também as associadas à produção, as lesões e os problemas de locomoção (MEUL et al., 2008, 2012).

A inexistência de desconforto, de expressar comportamento normal e livre de medo e angústia está associada ao número de horas de pastejo (OUDSHOORN et al., 2012; DOLMAN et al., 2014) e as condições do ambiente, com presença de lama (MEUL et al., 2012).

A qualidade da paisagem da propriedade é o resultado da interação entre as características naturais e as decisões do produtor. Esse aspecto está ligado à conservação da natureza (VAN CALKER et al., 2007, 2008; OUAkli et al., 2018), da arquitetura e do desenvolvimento de serviços de ecossistemas (DOLMAN et al., 2014; GAVIGLIO et al., 2016).

O empreendedorismo e gestão da propriedade são temas importantes para o monitoramento da sustentabilidade (MEUL et al., 2008; BÉLANGER et al., 2015; BERTOCCHI; DEMARTINI; MARESCOTTI, 2016; GAVIGLIO et al., 2016; NAHED et al., 2019). Pois ao integrar os diversos aspectos da



RELISE

224

sustentabilidade exigirá que o produtor tenha a capacidade de gerenciar e empreender na atividade (MEUL et al., 2008; NAHED et al., 2019).

Outros aspectos analisados foram a qualidade de vida (LEBACQ; BARET; STILMANT, 2013), isolamento, envolvimento social, renda do proprietário (MEUL et al., 2008), associação e cooperação, cadeias agroalimentares curtas e atividades relacionadas a valorização dos recursos locais (HÄNI et al., 2003; BÉLANGER et al., 2015; CHAND; SIROHI; SIROHI, 2015; BERTOCCHI; DEMARTINI; MARESCOTTI, 2016; GAVIGLIO et al., 2016; OUAKLI et al., 2018; NAHED et al., 2019). Um ponto importante é a dignidade e liberdade de decisão do proprietário, ou seja, o seu reconhecimento, expectativas e aspirações diante da realidade diária de ser um produtor de leite em um ambiente de constate mudança social, cultural, ambiental, econômica e política (MEUL et al., 2008).

INDICADORES AMBIENTAIS

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

Os principais métodos utilizados para avaliar os impactos ambientais da produção agropecuária são a contabilidade da relação insumo-produto e a análise do ciclo de vida. O primeiro computa a diferença entre entradas e saídas de nutrientes da propriedade. Assim, supõe que essa diferença é a perda de nutriente para o ambiente. O ciclo de vida avalia as emissões e os impactos de toda a cadeia de produção em relação ao tipo e a quantidade de produtos. Portanto, existem duas formas básicas de usar esse método que são



RELISE

225

a análise da pegada ecológica e a avaliação do ciclo de vida propriamente dito (THOMASSEN; BOER, 2005).

Os indicadores analisados no método de contabilidade da relação insumo-produto são emissão de amônia (NH_3) e balanço de nitrogênio (N) e de fósforo (P) por hectare da fazenda. Segundo Thomassen e Boer (2005) esses indicadores foram efetivos para fazer comparação entre os sistemas de produção de leite na Holanda, porque apresentaram ser relevantes, de boa qualidade e fácil disponibilidade de dados. Porém, vale lembrar que esse método não inclui indicadores como uso da terra, energia e potencial de aquecimento global.

Os indicadores derivados da análise do ciclo de vida são: potencial de aquecimento global em equivalente dióxido de carbono (CO_2), potencial de acidificação em equivalente dióxido de enxofre (SO_2), potencial de eutroficação em equivalente fosfato (PO_4^{3-}) ou nitrato (NO_3^-) e ecotoxicidade, por hectare ou por quilograma de leite. De acordo com Thomassen e Boer (2005) esses indicadores demonstraram ser efetivos porque foram relevantes, de boa qualidade, mas apresentaram dificuldade na coleta dos dados. O indicador derivado da análise da pegada ecológica não se apresentou efetivo para avaliar o uso de energia fóssil e terra.

Portanto, para melhor entendimento dos impactos ambientais é importante utilizar os métodos da contabilidade da relação insumo-produto e a análise do ciclo de vida conjuntamente. Mu et al. (2017) realizaram um estudo de correlação entre os indicadores da análise do ciclo de vida com os da contabilidade da relação insumo-produto e recomendaram que o conjunto final de indicadores fossem 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.



RELISE

226

A análise do ciclo de vida foi utilizada por 54,3% dos autores. Das pesquisas analisadas, alguns autores avaliaram os impactos ambientais usando a contabilidade do insumo-produto além da análise do ciclo de vida (HAAS; WETTERICH; KÖPKE, 2001; THOMASSEN, BOER, 2005; GUERCI et al., 2013; BERRE et al., 2014; DOLMAN et al., 2014; GAUDINO et al., 2014; MU et al., 2017; GALLOWAY et al., 2018). Outros utilizaram somente a contabilidade do insumo-produto, mas acrescentaram o uso de energia, terra, água, qualidade do solo, biodiversidade e uso de agrotóxicos (HALBERG, 1999; VAN PASSEL et al., 2007; MEUL et al., 2008, 2012; FUMAGALLI et al., 2011; BÉLANGER et al., 2012, 2015; OUDSHOORN et al., 2012; OUAkli et al., 2018).

Os indicadores relacionados aos ciclos de nutrientes são balanço e eficiência de uso de nitrogênio e fósforo, potencial de aquecimento global, acidificação, eutrofização, emissões de amônia (THOMASSEN; BOER, 2005), concentração de nitrato e fósforo na água (DOLMAN et al., 2014). Esses indicadores podem ser importantes na análise e na elaboração de medidas de redução das perdas de nutrientes para o ambiente.

A eutrofização consiste principalmente na lixiviação do nitrato e fósforo, volatilização de amônia durante o manejo, estocagem e aplicação do esterco e fertilizantes nas culturas. A acidificação é causada principalmente pela volatilização de amônia durante o manejo, estocagem e aplicação do esterco e fertilizantes nas culturas (THOMASSEN et al., 2008).

O potencial de aquecimento global consiste principalmente nas emissões de metano durante a fermentação entérica e manejo do esterco, emissão de óxido nítrico do manejo do esterco e do solo, lixiviação e deposição de gases volatilizados no solo e água (THOMASSEN et al., 2008; MÜLLER-LINDENLAUF; DEITERT; KÖPKE, 2010).



RELISE

227

As concentrações de nitrato (HAAS; WETTERICH; KÖPKE, 2001; VAN CALKER et al., 2008) e de fósforo (DOLMAN et al., 2014) na água são considerados indicadores da qualidade da água. Meul et al. (2008) avaliaram a qualidade da água utilizando um indicador relacionado à gestão de águas residuais. O indicador é a média das pontuações para cada um dos três tipos de águas residuais: águas residuais de limpeza da ordenha e do tanque de leite, águas residuais contendo esterco e escoamento de chorume da silagem.

O potencial de ecotoxicidade aquática e terrestre por hectare indica o efeito de agrotóxicos e metais pesados sobre os ecossistemas aquáticos e terrestres. O 1,4 diclorobenzeno é utilizado como substância de referência (VAN DER WERF et al., 2009).

A eficiência do uso de água é a relação da produção de leite e o total de água usada para os animais beber, lavar os equipamentos e instalações e climatização do ambiente (MEUL et al., 2008). Van Calker et al. (2008) realizaram o cálculo da água considerando o uso pelo rebanho, na ordenha e nas plantações, utilizando a unidade m^3/ha .

O indicador uso da terra por quilograma de leite é o inverso da produção de leite por hectare (THOMASSEN; BOER, 2005; THOMASSEN et al., 2008, 2009; BASSET-MENS; LEDGARD; BOYES, 2009; VAN DER WERF et al., 2009; MÜLLER-LINDENLAUF; DEITTERT; KÖPKE, 2010; GUERCI et al., 2013; DOLMAN et al., 2014; MU et al., 2017; WANG et al., 2018). Esse indicador é importante, pois determina a demanda por área para produzir um quilograma de leite, o qual foi encontrado em 30% dos artigos revisados.

A qualidade do solo é um conceito multidimensional que depende de fatores físicos, químicos e biológicos que interagem, assim não há consenso sobre os indicadores corretos para esse tema (HALBERG, 1999). Os principais indicadores encontrados foram matéria orgânica no solo, fósforo (BÉLANGER



RELISE

228

et al., 2012, 2015), pH, potássio, (MEUL et al., 2008) e carbono orgânico no solo (LEBACQ; BARET; STILMANT, 2013; DOLMAN et al., 2014).

O uso de energia é avaliado pela eficiência e consumo. A eficiência é expressa pela relação entre a quantidade de leite produzido (litro ou kg) e o consumo total de energia (MJ ou GJ). Dessa forma, a energia total consiste nas entradas de energia direta e indireta. A energia direta utilizada na atividade agropecuária compreende principalmente o combustível, a eletricidade e o gás natural. A energia indireta é usada para produzir os insumos como fertilizantes minerais, sementes, agrotóxicos, concentrados, forrageiras e máquinas (HALBERG, 1999; FUMAGALLI et al., 2011; MEUL et al., 2012). A utilização de energias renováveis na atividade é expressa em relação ao consumo total de energia direta (MEUL et al., 2012). O uso de energia fóssil é a quantidade consumida pela propriedade de combustível (diesel, gasolina e outro) e fertilizantes químicos (HAAS; WETTERICH; KÖPKE, 2001; LLANOS; ASTIGARRAGA; PICASSO, 2018).

Os indicadores biodiversidade, qualidade da paisagem e bem-estar animal são principalmente qualitativos e, às vezes, subjetivos. A biodiversidade está relacionada à diversidade genética, espécies de plantas (anual, temporal e perene) (OUDSHOORN et al., 2012) e animais (BERTOCCHI; DEMARTINI; MARESCOTTI, 2016), produção agropecuária (MEUL et al., 2008), cercas vivas e campos marginais (HAAS; WETTERICH; KÖPKE, 2001; MÜLLER-LINDENLAUF; DEITERT; KÖPKE, 2010; OUAkli et al., 2018).

O método para avaliar o impacto na biodiversidade usado por Guerci et al. (2013) e Battini et al. (2016) foi baseado na caracterização de coeficientes de prejuízo ao ecossistema pelo diferente uso da terra e práticas agrícolas, o qual determina a mudança das espécies dentro da área ocupada pelas plantações e pastagens, e é expresso como fração de potencial de desaparecimento de espécies.



RELISE

229

A qualidade da paisagem pode ser avaliada pela estética da propriedade, como as pastagens, cerca viva, construções, jardim e bosques (HALBERG, 1999; HAAS; WETTERICH; KÖPKE, 2001; OUAkli et al., 2018). Esse indicador compreende, também, o manejo da fazenda como a rotação de cultura, dimensão do campo, manejo do resíduo orgânico, área ecológica e gestão para melhoramento do espaço e da área de pastagem (BERTOCCHI; DEMARTINI; MARESCOTTI, 2016).

Segundo Haas, Wetterich e Köpke (2001) e Müller-Lindenlauf, Deittert e Köpke (2010) um tema importante na análise ambiental é o bem-estar animal. Esse está ligado à avaliação das condições de alojamento e manejo dos animais (HAAS; WETTERICH; KÖPKE, 2001). Müller-Lindenlauf, Deittert e Köpke (2010) avaliaram esse indicador usando um índice relacionado ao acesso dos animais a pastagem, liberdade, ração contendo fibra, células somáticas no leite e amputação do chifre.

AS DIMENSÕES DA SUSTENTABILIDADE E SUAS RELAÇÕES

O desenvolvimento sustentável deve ser analisado considerando a interdisciplinaridade, a integração, a interdependência e a inter-relação dos fatores. Tais pontos devem ser avaliados dentro de uma mesma perspectiva e simultaneamente (BOYER et al., 2016). Ao avaliar o ambiente de forma isolada, poderá resultar na geração inadequada de renda e conseqüentemente ocorrerá problemas sociais.

Os indicadores de sustentabilidade analisados apresentam interligação entre si. Alguns podem ser utilizados para avaliar dimensões diferentes. Por exemplo, o bem-estar animal (HAAS; WETTERICH; KÖPKE, 2001; MÜLLER-LINDENLAUF; DEITTERT; KÖPKE, 2010) e a qualidade da paisagem (HALBERG, 1999; HAAS; WETTERICH; KÖPKE, 2001; BERTOCCHI; DEMARTINI; MARESCOTTI, 2016; OUAkli et al., 2018) podem ser



RELISE

230

indicadores tanto ambiental como social (VAN CALKER et al., 2007, 2008; MEUL et al., 2008; DOLMAN et al., 2014; GAVIGLIO et al., 2016; OUAkli et al., 2018).

Berre et al. (2014) analisaram a ecoeficiência das fazendas, associando os indicadores de análise do ciclo de vida ao método de análise envoltória de dados, considerando todos os impactos ambientais ou a pegada de carbono com os indicadores técnicos como produção de leite, suprimento de alimento, trabalho (horas), área da terra usada para produção animal, simultaneamente.

Os aspectos econômicos influenciam o pilar social por meio da geração de renda e consequente manutenção do homem no campo. Além disso, as práticas zootécnicas refletem no desempenho econômico, ambiental e social, ou seja, o manejo sanitário, reprodutivo, melhoramento genético e a nutrição animal, também o tipo de sistema adotado influenciam na poluição do ambiente, na viabilização econômica e determina a condição e qualidade do trabalho e sua remuneração.

Nesse sentido algumas pesquisas realizaram análise de correlação entre os indicadores para avaliar as relações entre eles (VAN PASSEL et al., 2007; THOMASSEN et al., 2009; GUERCI et al., 2013; GAUDINO et al., 2014; MU et al., 2017; GALLOWAY et al., 2018; LLANOS; ASTIGARRAGA; PICASSO, 2018; WANG et al., 2018). Essa análise é importante para determinar quais os indicadores que mais se relacionam e para propor medidas de controle e melhoria do sistema produtivo.

O estudo realizado por Thomassen et al. (2009) demonstrou que a produção de leite por hectare, a produção anual de leite por vaca, o tamanho da fazenda e os concentrados adquiridos por 100 kg de leite influenciaram nas relações entre indicadores ambientais e econômicos. A elevação na produção anual de leite por vaca, aumentou a produtividade do trabalho, como reduziu o



RELISE

231

uso de energia e o potencial de aquecimento global por kg de leite, mas aumentou a eutrofização e acidificação por hectare.

A intensidade de emissão de gases de efeito estufa foi negativamente correlacionada com a taxa de lotação, a produção de leite por hectare e a produção de leite por vaca. Houve correlações positivas entre os concentrados adquiridos para alimentação animal por kg de leite produzido e a intensidade de emissão de gases de efeito estufa (GALLOWAY et al., 2018).

Segundo Gaudino et al. (2014) a elevação da taxa de lotação (animais/hectare) resultou no menor consumo de energia, redução do balanço de nutriente, amônia e emissões de gases de efeito estufa por tonelada de leite em relação ao sistema menos intensivo de produção. Nos estudos de Thomassen et al. (2008) e O'Brien et al. (2012) a elevação da taxa de lotação proporcionou maiores valores de acidificação e eutrofização, porém Guerci et al. (2013) não encontraram tal relação.

O balanço de nitrogênio e fósforo e a eficiência do uso de nitrogênio são dependentes da taxa de lotação (HALBERG, 1999). A eficiência do uso de nitrogênio correlacionou negativamente com a eutrofização, assim esse indicador é um parâmetro chave para melhor controle da perda de nitrogênio para o ambiente (GUERCI et al., 2013) e reflete o sucesso da conversão dos insumos em produtos de origem animal (HALBERG, 1999). Segundo Guerci et al. (2013) o aumento na taxa de lotação e no uso de fertilizante proporcionaram redução no uso da terra. A eficiência do uso de nitrogênio foi correlacionada positivamente com a produção de leite por vaca e a produção de leite por hectare (GALLOWAY et al., 2018).

De acordo com Guerci et al. (2013) a eficiência alimentar afetou várias categorias de impacto, pois apresentou correlação negativa com o aquecimento global, acidificação e eutrofização. A melhoria na eficiência



RELISE

232

nutricional dos animais promoverá melhoria no desempenho ambiental da produção de leite (THOMASSEN et al., 2008, 2009).

Segundo no estudo de Llanos, Astigarraga e Picasso (2018), o uso moderado de concentrados e da taxa de lotação da pastagem simultaneamente melhorariam a renda líquida e ainda manteriam ou melhorariam a eficiência energética. Com essa estratégia pode-se alcançar ao mesmo tempo alta produtividade do leite, alta renda econômica líquida e baixo uso de energia fóssil.

O aumento da produção de leite por hectare foi associado a maior eficiência de uso de nitrogênio e menores emissões de gases de efeito estufa (GALLOWAY et al., 2018). A intensificação da produção de leite com aumento na entrada de concentrados, nutrientes e energia pode aumentar as emissões, com impacto no potencial de aquecimento global, eutrofização e acidificação (HAAS; WETTERICH; KÖPKE, 2001). Porém, segundo Battini et al. (2016) a intensificação reduz os impactos como a eutrofização, o uso de energia não renovável e a ocupação do solo. Portanto, de acordo com Galloway et al. (2018) há um ponto em que aumentar muito a produção por hectare não é ideal para o objetivo de reduzir os impactos ambientais, necessitando buscar o equilíbrio do sistema.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os pesquisadores vêm utilizando diferentes metodologias para estabelecer os indicadores. Isso se deve às peculiaridades de cada região, sistema produtivo, cultura, sociedade e aspectos nacionais e internacionais. As pesquisas analisadas, às vezes, consideram apenas uma, duas ou as três dimensões da sustentabilidade. Os aspectos ambientais foram os mais contemplados, enquanto os sociais foram menos utilizados, devido, possivelmente, à maior complexidade de análise.



RELISE

233

As dimensões da sustentabilidade são interdependentes entre si. Os aspectos econômicos interagem com os sociais, por gerar renda, por exemplo. O manejo zootécnico também interfere no desempenho econômico, ambiental e social. Assim, o tipo de sistema de produção e a gestão adotada na propriedade podem aumentar ou reduzir a poluição do ambiente, a viabilização econômica e determina a condição e a qualidade do trabalho e sua remuneração.

O desafio para as futuras pesquisas sobre o desenvolvimento de indicadores para avaliar a sustentabilidade é desenvolver uma visão sistêmica do sistema de produção, considerando as variáveis que mais interferem no desempenho da propriedade. Além de considerar o conceito multidimensional e dinâmico da sustentabilidade, o qual está em constante evolução e mudanças.

Portanto, um elemento chave para gestão de todos esses aspectos é o conhecimento da relação dos fatores biológicos, zootécnicos e financeiros que interferem na sustentabilidade do sistema de produção. Partindo dessa análise, pode ser possível identificar os pontos de estrangulamento, escolher sistemas e técnicas de produção apropriados a cada situação.

REFERÊNCIAS

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.



RELISE

234

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.

BERRE, D.; BLANCARD, S.; BOUSSEMART, J-P.; LELEU, H.; TILLARD, E. Finding the right compromise between productivity and environmental efficiency on high input tropical dairy farms: A case study. **Journal of Environmental Management**, v. 146, p. 235-244, 2014.

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.

CHAND, P.; SIROHI, S.; SIROHI, S.K. Development and application of an integrated sustainability index for small-holder dairy farms in Rajasthan, India. **Ecological Indicators**, v. 56, p. 23-30, 2015.

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.

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

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.

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 agro-environmental performance of dairy farms in northwest Italy based on



RELISE

235

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.

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, 2013.

HAAS, G.; WETTERICH, F.; KÖPKE, U. Comparing intensive, extensified and organic grassland farming in southern Germany by process life cycle assessment. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 83, p. 43-53, 2001.

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.

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

LLANOS, E.; ASTIGARRAGA, L.; PICASSO, V. Energy and economic efficiency in grazing dairy systems under alternative intensification strategies. **European Journal of Agronomy**, v. 92 p. 133-140, 2018.

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.



RELISE

236

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.

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.; DEITTERT, 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.

O'BRIEN, D.; SHALLOO, L.; PATTON, J.; BUCKLEY, F.; GRAINGER, C.; WALLACE, M. A life cycle assessment of seasonal grass-based and confinement dairy farms. **Agricultural Systems**, v. 107, p. 33-46, 2012.

OUAKLI, K.; BENIDIR, M.; IKHLEF, S.; IKHLEF, H. Typological analysis of the sustainability of dairy cattle farming in the Chelif valley (Algeria). **Agronomy Research**, v. 16, n. 1, p. 198-211, 2018.

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.

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.

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.



RELISE

237

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.; VAN CALKER, K.J.; SMITS, M.C.J.; IEPEMA, G.L.; BOER, I.J.M. Life cycle assessment of conventional and organic milk production in the Netherlands. **Agricultural Systems**, v. 96, p. 95-107, 2008.

VAN CALKER, K.J.; BERENTSEN, P.B.M.; BOER, I.J.M.; GIESEN, G.W.J.; HUIRNE, R.B.M. Modelling worker physical health and societal sustainability at farm level: An application to conventional and organic dairy farming. **Agricultural Systems**, v. 94, p. 205-219, 2007.

VAN CALKER, K.J.; BERENTSEN, P.B.M.; GIESEN, G.W.J.; HUIRNE, R.B.M. Maximising sustainability of Dutch dairy farming systems for different stakeholders: A modelling approach. **Ecological Economics**, v. 65, p. 407-419, 2008.

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. 3643-3652, 2009.

VAN PASSEL, S.; NEVENS, F.; MATHIJS, E.; VAN HUYLENBROECK, G. Measuring farm sustainability and explaining differences in sustainable efficiency. **Ecological Economics**, v. 62, p. 149-161, 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.

WCED. World Commission on Environment and Development. **Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future**. Geneva: United Nations, 1987.

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.