

## Relationship between cost and sustainability indicators in milk farms

Reception of originals: 11/10/2020  
Release for publication: 01/29/2022

### Mirian Fabiana da Silva

Doutora em Nutrição e Produção Animal pela Universidade de São Paulo

Instituição: Universidade de São Paulo

Endereço: Av. Duque de Caxias Norte, 225. Campus USP. Pirassununga/São Paulo. CEP: 13.635-900

E-mail: [mirian.zootecnista@gmail.com](mailto:mirian.zootecnista@gmail.com)

### Marcus Vinícius Castro Moreira

Mestre em Produção e Nutrição de Ruminantes pela Universidade de Federal de Viçosa

Instituição: Programa de Desenvolvimento da Pecuária Leiteira

Endereço: Av. Peter Henry Rolfs, s/n. Campus Universitário. Viçosa/Minas Gerais. CEP: 36570-900

E-mail: [marquimarlaria@yahoo.com.br](mailto:marquimarlaria@yahoo.com.br)

### Augusto Hauber Gameiro

Doutor em Economia Aplicada pela Universidade de São Paulo

Instituição: Universidade de São Paulo

Endereço: Av. Duque de Caxias Norte, 225. Campus USP. Pirassununga/São Paulo. CEP: 13.635-900

E-mail: [gameiro@usp.br](mailto:gameiro@usp.br)

### Abstract

This study analyzes the relationship between cost and sustainability indicators in milk farms. The data used came from 20 dairy farms located in the Zona da Mata region, Minas Gerais, Brazil. The farm information was collected through a questionnaire. The analysis period was from May 2018 to April 2019. The farms were evaluated using technical, economic, social and environmental indicators. The indicators were analyzed by descriptive and Pearson correlation analyzes. The total unit cost of milk (IE\_5;  $r = 0.46$ ) and the spent concentrated milk production for raw milk income (IE\_4;  $r = 0.72$ ) have positive correlations with the nitrogen balance (IA\_3). The total unit cost of milk directly influences the farm's profit by area (IE\_11;  $r = -0.49$ ). Profit by area (IE\_11) is associated with training and professional development (IS\_21) for farmers and employees. The result of this research points out that cost management improves the economic, technical, social and environmental indicators, with increased capacity and training of the team. Environmentally, cost management can reduce the nitrogen balance, by optimizing the use of nutrients on the farm. The cost management of the dairy farm is an essential condition for the activity to be sustainable.

**Key words:** Systemic approach. Production cost management. Nitrogen balance.

### 1. Introdução

A produção de leite é considerada uma das mais importantes do agronegócio brasileiro, por estar presente em todo território nacional, contribuindo economicamente e

socialmente para o desenvolvimento rural. A atividade leiteira tem proporcionado a geração de renda aos produtores, empregos diretos e indiretos, e o fornecimento de alimentos que reúnem qualidades nutritivas para todas as faixas etárias da população.

Ao longo do tempo a pecuária leiteira vem passando por transformações socioeconômicas e ambientais. Estas transformações têm influenciando na maneira de gerenciar a fazenda de forma sustentável, a fim de alcançar níveis de eficiência que a permita ser mais competitiva. Nesse contexto, a busca pela produção sustentável é um desafio para a pecuária leiteira brasileira, uma vez que para ser reconhecida como tal a produção deve apresentar resultados técnicos e econômicos viáveis, a fim de manter o produtor e a produção em funcionamento; ser responsável socialmente, ao ponto de garantir o bem-estar humano e animal; e ambientalmente adequada ao visar à conservação do ambiente. Por isso, a atividade leiteira deve ser avaliada periodicamente por meio do desempenho técnico, econômico, sociais, ambientais e da análise de custos.

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

A visão sistêmica possibilita compreender a inter-relação ou interdependência que existente entre os elementos e fatores, que formam um todo complexo e unificado, que é a produção de leite. Esta abordagem baseia-se na Teoria Geral de Sistemas, que consiste em analisar o sistema como um todo, e não somente as partes, pois o sistema também é formado de relações e não somente da soma de suas partes; o sistema como um todo determina como as partes se comportam (BERTALANFFY, 1968). A mudança em qualquer uma das partes do sistema gera modificações no todo (SPEDDING, 1979). O enfoque sistêmico fornece uma explicação e predição do comportamento do processo com um todo, ao mesmo tempo oferece meios objetivos para uma análise mais específica de um problema. Tais resultados são importantes para orientar a tomada de decisão para o desenvolvimento eficiente da produção.

Para a melhor compreensão da complexidade e da dinâmica do sistema de produção é necessário utilizar ferramentas gerenciais. Dentre essas ferramentas há os indicadores. Os

indicadores permitem avaliar o desempenho da fazenda, possibilitando embasamento para elaboração do planejamento, estabelecimento de metas, avaliação dos resultados, identificação das oportunidades e ainda auxiliam no monitoramento e na tomada de decisões estratégicas, em um cenário de elevada concorrência e incertezas.

Juntamente com a análise dos indicadores é fundamental a compreensão das relações entre eles por meio de correlações. As correlações podem indicar onde o produtor deve concentrar a atenção, para buscar maior eficiência de uso dos recursos. A compreensão das correlações é importante para determinar quais os indicadores que mais se relacionam e para propor medidas de controle e melhoria do sistema produtivo. Essas relações determinam o desempenho produtivo do sistema e interferem diretamente na manutenção e crescimento da fazenda leiteira de forma sustentável.

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; MEUL et al., 2014; LEBACQ; BARET; STILMANT, 2015; CHOBTANG et al., 2017; MU et al., 2017; SALOU; LE MOUËL; VAN DER WERF, 2017; GALLOWAY et al., 2018; LLANOS; ASTIGARRAGA; PICASSO, 2018; WANG et al., 2018; FLATEN et al., 2019).

Entretanto, a maioria desses estudos avaliaram as relações dos indicadores técnicos e ambientais. Thomassen et al. (2009), Lebacq, Baret e Stilmant (2015), Llanos, Astigarraga e Picasso (2018) e Flaten et al. (2019) consideraram também os econômicos. Somente Van Passel et al. (2007) analisaram os aspectos econômicos, sociais e ambientais, mas focaram na educação, tempo de trabalho e sucessão. Portanto, existe a necessidade de analisar as relações do custo e os indicadores de sustentabilidade.

Conhecer os custos é condição essencial para a atividade ser sustentável. Os custos são informações muito importantes para a gestão da propriedade na tomada de decisões com relação as despesas e volume de produção para manter a atividade em funcionamento. Gestão dos custos de produção é uma estratégia para tornar o produto competitivo e se manter competitivo no mercado, já que o preço de venda do produto é determinado pelo mercado. Portanto a gestão torna o crescimento da atividade viável, além de preparar a propriedade para os momentos de crise e/ou para novas oportunidades (LEITE; LOPES; CARDOSO, 2018; SILVA et al., 2018).

Na avaliação de sustentabilidade em fazendas leiteiras considerando o aspecto econômico, o indicador mais usado na literatura foi o custo, isso se deve à influência dos custos de produção na viabilidade da atividade leiteira (SILVA; GAMEIRO, 2021). Segundo



Para avaliar a sustentabilidade são usados alguns métodos, como os indicadores, índices, sistemas referência e modelos de avaliação. Os indicadores são parâmetros utilizados isoladamente ou combinados, sendo utilizados para acompanhar as ações em andamento e tomar medidas de controle para alcançar os objetivos propostos (THOMASSEN et al., 2009; OLDE et al., 2017).

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; 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 efeito. Além disso, esses fornecem bases sólidas para a tomada de decisões em todos os níveis do planejamento da propriedade (THOMASSEN et al., 2009).

Várias metodologias vêm sendo construídas, testadas e aplicadas para avaliar a sustentabilidade de propriedades leiteiras no mundo, muitas delas consideram apenas uma, duas ou as três dimensões da sustentabilidade para o desenvolvimento de indicadores. Os aspectos ambientais têm sido os mais contemplados, enquanto os sociais foram os menos avaliados, devido, possivelmente, à maior complexidade de análise. Os aspectos ambientais podem ser mais utilizados por muitas pessoas pensarem na sustentabilidade apenas na questão ambiental. O uso de diferentes metodologias deve-se às peculiaridades de cada região, sistema produtivo, cultura, sociedade e aspectos nacionais e internacionais.

De acordo com Silva e Gameiro (2021), os principais indicadores utilizados na literatura 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.

Silva (2020), em pesquisa com 347 profissionais brasileiros sobre a importância dos indicadores na avaliação da sustentabilidade da pecuária, verificou-se que os principais indicadores técnicos considerados muito importantes pelos profissionais foram produção de leite por área, índice reprodutivo, eficiência leiteira e vacas em lactação por área. Os indicadores econômicos foram lucro da atividade, custo total unitário do leite, custo total da atividade leiteira e custo total do leite por preço do leite. Os indicadores sociais foram qualidade do leite, qualidade de vida do produtor e funcionários, sucessão e índice de bem-estar animal. Os indicadores ambientais foram proteção dos cursos d'água ou área de preservação permanente, manejo do solo, qualidade da água utilizada para consumo humano e animal e na ordenha e descarte de leite de animais que receberam medicamentos.

O indicador custo foi apontado tanto pela revisão de literatura e quanto pelos profissionais como um dos indicadores importantes para avaliar a sustentabilidade da pecuária da leiteira.

### **3. Gestão de Custos**

A gestão de custos tem papel significativo no gerenciamento das propriedades rurais, pois auxilia no planejamento, acompanhamento, avaliação de desempenho da atividade para reduzir as perdas, evitar os desperdícios e identificar e corrigir as falhas (RUBERTO et al., 2013). A análise do custo fornece ao gestor indicativo para a escolha do sistema de produção a ser adotado na propriedade, e permitir a melhor alocação dos recursos visando um adequado retorno econômico. A gestão de custos é uma ferramenta necessária no controle gerencial, na avaliação econômica e na redução de perdas ambientais de produtos, assim otimizando o uso de insumos e recursos. A mensuração correta dos custos dos produtos é necessária para que se calcular a rentabilidade e a lucratividade da atividade.

O custo de produção é soma dos gastos em materiais e serviços utilizados diretamente e indiretamente na produção de bens ou serviços (MATSUNAGA et al., 1976; MARTINS, 2010). Os custos podem ser divididos em diretos e indiretos e reenumerações. Custos diretos estão ligados diretamente ao produto, exemplo: alimentação animal, mão de obra, combustível, fertilizantes, medicamentos, entre outros. Os custos indiretos não estão relacionados diretamente com a produção, como os impostos e taxas e materiais de escritório,

etc. A remuneração constitui a taxa de retorno dos investimentos em terra, capital e trabalho (MATSUNAGA et al., 1976).

Os cálculos do custo de produção podem ser realizados por duas metodologias, o custo operacional e o custo total da produção de leite. O custo total de produção de leite é dividido em fixos e variáveis. Os custos fixos são os que permanecem inalterados em termos físicos e de valor, não variam de acordo com a produção dentro de um intervalo de tempo. Os custos variáveis são aqueles que variam em proporção direta com a quantidade produzida. 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). 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.

Uma outra metodologia utilizada nos cálculos do custo de produção é o custo operacional. Os custos são separados em custo operacional efetivo, custo operacional total e custo total. O custo operacional efetivo (COE) abrange aos custos desembolsáveis para a manutenção da atividade. O custo operacional total (COT) envolve o custo operacional efetivo mais a depreciação e o pró-labore. O custo total (CT) é a soma do custo operacional total e os custos de oportunidade (MATSUNAGA et al., 1976). A depreciação é a perda de valor dos ativos em consequência de sua utilização ou obsolescência. A depreciação é um custo necessário para substituir os bens de capitais (SANTOS; MARION; SEGATTI, 2009). O custo de oportunidade é a remuneração dos fatores de produção (terra, instalações, máquinas e animais), alocado ao melhor uso alternativo. O critério utilizado é a taxa real de juros, por exemplo, a caderneta de poupança (RAINERI; ROJAS; GAMEIRO, 2015).

O entendimento da relação entre os custos de produção e a viabilidade técnica e econômica, os impactos ambientais e sociais na produção, é um importante pré-requisito para tomada de decisão 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; GALLOWAY et al., 2018).

A gestão de custo é fundamental para se ter uma propriedade sustentável. O indicador de custo foi encontrado em 21% das avaliações de sustentabilidade de fazendas leiteiras encontradas na literatura (SILVA; GAMEIRO, 2021). A avaliação dos custos de produção é uma ferramenta importante para a análise econômica e viabilidade da atividade leiteira, a fim de manter o funcionamento da produção e a fixação do homem no campo.

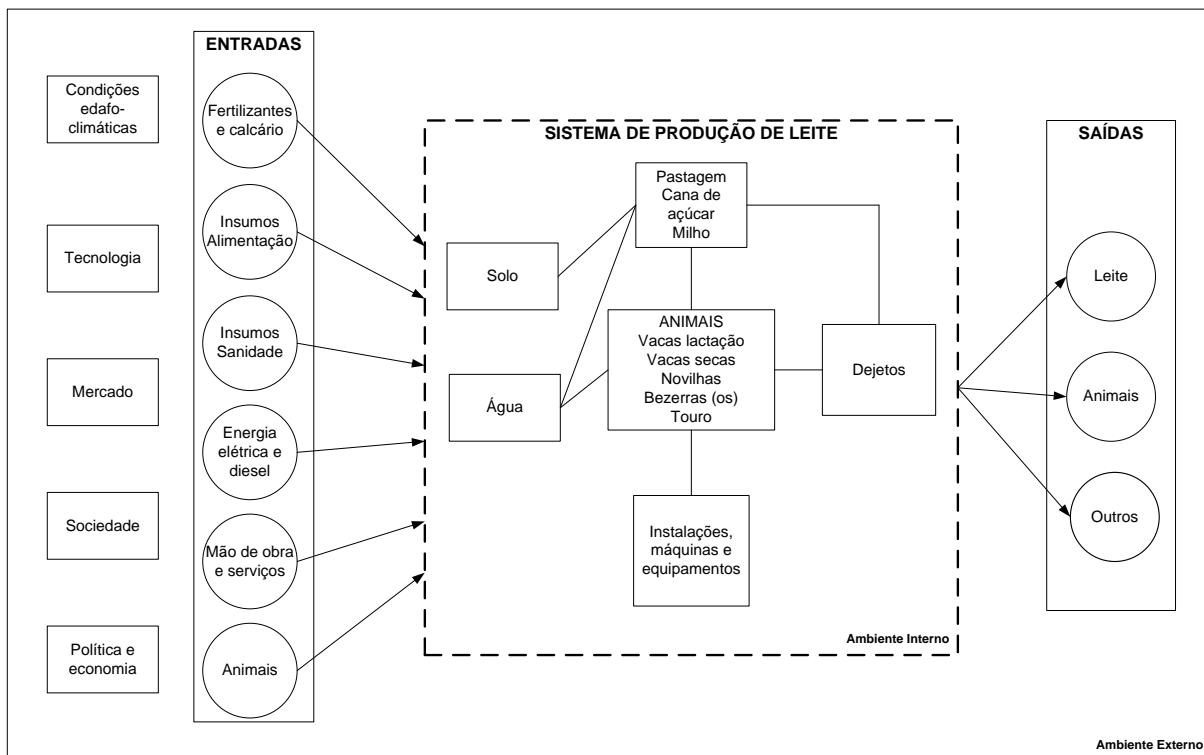
#### 4. Material e Métodos

A pesquisa caracteriza-se como descritiva, desenvolvida por meio de estudos de casos, com abordagem quantitativa e qualitativa. A pesquisa descritiva objetiva observar, registrar, conhecer, analisar e correlacionar os fatos e/ou as variáveis de determinada situação. O estudo de caso foi escolhido por ter como finalidade analisar e conhecer as características de um grupo de determinado local (MARCONI; LAKATOS, 2012).

A pesquisa foi realizada em 20 fazendas leiteiras localizadas na região da Zona da Mata, Minas Gerais, Brasil, que recebem assistência técnica e gerencial. A região fica em uma área de Mata Atlântica e clima tropical. O relevo predominante é morros, serras, montanhas e vales. A região apresenta duas estações distintas no ano, uma seca e fria nos meses de abril a setembro e outra, quente e chuvosa de outubro a março. A precipitação anual média é de 1.333 mm. A temperatura média mais fria é de 13 °C, e mais quente é de 27 °C (INMET, 2020).

As fazendas analisadas recebem assistência técnica e gerencial, por isto, os dados técnicos e econômicos das propriedades foram coletados mensalmente e lançados em programas computacionais específicos. As informações e os dados complementares, como caracterização e inventário, dados zootécnicos, ambientais e sociais, receitas e custos das fazendas foram coletados por meio de questionário, utilizando-se planilhas eletrônicas do Programa Microsoft Excel®. O período de análise foi de maio de 2018 a abril de 2019. Os valores financeiros foram corrigidos pelo Índice Geral de Preços – Disponibilidade Interna (IGP-DI) da Fundação Getúlio Vargas para abril de 2019.

A delimitação do sistema de produção foi “da porteira para dentro”. As entradas foram fertilizantes, alimentação, outros insumos, energia elétrica, combustíveis e compra de animais. Como saídas foram consideradas a produção de leite, animais, dejetos e forragens comercializados (Figura 1).



**Figura 1: Limite do sistema de produção de leite, entradas e saídas e os fatores que influenciam o desenvolvimento da produção.**

Os indicadores técnicos analisados foram:

IT\_1 - Taxa de lotação (UA/ha) é o número de unidade animal (UA) equivale a um animal de 450 kg - por área total utilizada para a pecuária leiteira;

IT\_2 - Vacas em lactação por área (vacas/ha) é a número médio de vacas em lactação durante o ano dividido pela área total utilizada para a pecuária;

IT\_3 - Produção de leite por área (kg de leite/ha/ano) é a produção anual de leite dividida pela área total utilizada para a pecuária leiteira;

IT\_4 - Produção de leite por mão de obra permanente (kg de leite/dh) é a produção média diária de leite dividida pelo número de funcionários permanentes em dias homem (dh), para manejo do rebanho durante o ano;

IT\_5 - Vacas em lactação (vacas/funcionário) é a quantidade de vacas em lactação por funcionários;

IT\_6 - Produção de leite por vaca em lactação (kg de leite/dia) é a produção média diária de leite dividida pelo número médio de vacas em lactação ao longo do ano;

IT\_7 - Produção de leite por total de vacas (kg de leite/dia) é a produção média diária de leite dividida pelo número médio do total de vacas (secas e em lactação) do rebanho ao longo do ano;

IT\_8 - Relação de vacas em lactação por total de vacas (%) é a relação do número de vacas em lactação pelo total de vacas do rebanho;

IT\_9 - Relação de vacas em lactação por rebanho (%) é a relação do número de vacas em lactação pelo total de animais no rebanho;

IT\_10 - Idade à primeira cobertura (meses) é a idade média das novilhas à primeira inseminação artificial ou monta natural;

IT\_11 - Peso à primeira cobertura (kg) é o peso médio das novilhas à primeira inseminação artificial ou monta natural;

IT\_12 - Idade ao primeiro parto (meses) é a idade média das novilhas ao primeiro parto;

IT\_13 - Escore de condição corporal das vacas por fase de lactação (Início do período de lactação) é a análise visual da cobertura muscular e de gordura da anca da vaca, deve ser feito para se encontrar o equilíbrio no manejo alimentar. A escala de pontuação é um sistema de 5 pontos, onde a classificação varia de 1 (muito magra) a 5 (muito gorda) (MISHRA; KUMARI; DUBEY, 2016; SOUSSI; BOURAOUI, 2019);

IT\_14 - Escore de condição corporal das vacas por fase de lactação (Meio do período de lactação) é a análise visual da cobertura muscular e de gordura da anca da vaca, deve ser feito para se encontrar o equilíbrio no manejo alimentar;

IT\_15 - Escore de condição corporal das vacas por fase de lactação (Final do período de lactação) é a análise visual da cobertura muscular e de gordura da anca da vaca, deve ser feito para se encontrar o equilíbrio no manejo alimentar.

Os indicadores econômicos analisados foram:

IE\_1 - Preço médio do leite (R\$/kg de leite) é o preço médio do leite no período em análise;

IE\_2 - Participação da renda bruta do leite em relação à renda bruta da fazenda (%) representa a porcentagem de receita que é proveniente da venda de leite, em relação ao total de receita da fazenda;

IE\_3 - Gasto com mão de obra contratada na fazenda leiteira pela renda bruta do leite (%) é a porcentagem que corresponde ao gasto com a mão de obra contratada ao longo do ano em relação à renda bruta do leite;

IE\_4 - Gasto com concentrado na fazenda leiteira pela renda bruta do leite (%) é a porcentagem que corresponde ao gasto com concentrado ao longo do ano em relação à renda bruta do leite;

IE\_5 - Custo total unitário do leite (R\$/kg de leite) é o custo total para produzir um kg de leite, segundo a metodologia de custo de produção desenvolvida por Matsunaga et al. (1976). Os custos correspondem à soma dos valores de todos os fatores de produção aplicados na produção de um produto. Os custos são divididos em custo operacional efetivo, custo operacional total e custo total. O custo operacional efetivo refere-se aos custos que implicam em desembolso do produtor para a manutenção da produção. O custo operacional total compreende o custo operacional efetivo mais a depreciação de máquinas, implementos, equipamentos e benfeitorias e o pró-labore. O custo total é a soma do custo operacional total mais os custos de oportunidade (MATSUNAGA et al., 1976);

IE\_6 - Custo total do leite por preço do leite (%) é a participação do custo total do leite em relação ao preço recebido;

IE\_7 - Margem bruta unitária (R\$/kg de leite) é a diferença entre preço unitário do leite e custo operacional efetivo unitário;

IE\_8 - Margem bruta por área (R\$/ha) é a margem bruta da fazenda leiteira dividida pela área utilizada para a fazenda leiteira;

IE\_9 - Margem líquida unitária (R\$/kg de leite) é a diferença entre o preço unitário do leite e o custo operacional total unitário;

IE\_10 - Lucro unitário (R\$/kg de leite) é a diferença entre o preço unitário do leite e o custo total unitário do leite;

IE\_11 - Lucro da fazenda por área (R\$/ha) é o lucro da fazenda leiteira dividido pela área utilizada para a produção leite;

IE\_12 - Estoque de capital por área (R\$/ha) é o valor de todos os bens envolvidos na produção de leite, como instalações, máquinas, animais e terras, dividido pela a área utilizada para a produção de leite;

IE\_13 - Estoque de capital por kg de leite (R\$/kg de leite/dia) é o capital investido na produção de leite em instalações, máquinas, animais e terras, dividido pela produção média diária de leite (kg);

IE\_14 - Taxa de retorno do capital com terra (% a.a.) é resultante da divisão da margem líquida da fazenda pelo capital investido em instalações, máquinas, animais e terras;

IE\_15 - Relação benefício custo é a renda bruta da fazenda dividida pelo custo total da fazenda;

IE\_16 - Lucratividade (%) é a margem líquida dividida pela renda bruta da fazenda leiteira.

Os indicadores sociais analisados foram:

IS\_1 - Qualidade do leite - Contagem de células somáticas (CSx1000/mL) é a análise do leite em relação às células somáticas por mL de leite;

IS\_2 - Qualidade do leite - Contagem bacteriana total (UFCx1000/mL) é a análise do leite em relação à unidade formadora de colônia por mL de leite;

IS\_3 - Qualidade do leite - Proteína (%) é a análise do leite em relação à proteína;

IS\_4 - Qualidade do leite - Gordura (%) é a análise do leite em relação à gordura;

IS\_5 - Bonificação no preço recebido pelo leite (%) é a porcentagem de bonificação sobre o valor recebido pelo leite;

IS\_6 - Bem-estar animal - Escore de condições corporal (escala de 1 a 5) é a análise visual da cobertura muscular e de gordura da anca da vaca, deve ser feito para se encontrar o equilíbrio no manejo alimentar. A escala e critérios de pontuação são um sistema de 5 pontos, onde a classificação varia de 1 (muito magra) a 5 (muito gorda) (MISHRA; KUMARI; DUBEY, 2016; SOUSSI; BOURAOUI, 2019);

IS\_7 - Bem-estar animal - Higiene dos animais (%) é a porcentagem de animais limpos no rebanho;

IS\_8 - Bem-estar animal - Mastite clínica (%) é a porcentagem de vacas com mastite clínica no rebanho;

IS\_9 - Emprego (funcionário/dia) é a demanda de mão de obra por dia na fazenda leiteira;

IS\_10 - Acidentes de trabalho (acidentes/funcionário/ano) é o número total de acidentes dividido pelo total de funcionários por ano (CHEN; HOLDEN, 2017; SIEBERT et al., 2018);

IS\_11 - Tempo perdido (%) é a relação de dias perdidos devido a lesões ou doenças relacionadas ao trabalho por ano pelo número total de dias úteis em um ano (CHEN; HOLDEN, 2017; SIEBERT et al., 2018);

IS\_12 - Tempo de trabalho (horas/funcionário/mês) é o tempo em horas dedicado às atividades desenvolvidas na fazenda por funcionário por mês (CHEN; HOLDEN, 2017; SIEBERT et al., 2018);

IS\_13 - Dias de descanso (dias de descanso/funcionário/mês) são os dias de folga dos funcionários no mês;

IS\_14 - Salário dos funcionários (R\$/funcionário/mês) é o valor (R\$) recebido pelos funcionários por mês;

IS\_15 - Salário da mão de obra familiar ou pró-labore (R\$/mês) é o valor (R\$) recebido pela família ou proprietário por mês;

IS\_16 - Qualidade de vida (média de 0 a 10) avalia com nota de 0 a 10 para os aspectos: saúde física e mental, alimentação e nutrição, qualidade da moradia, higiene e saneamento básico, e qualidade do acesso à fazenda, ao serviço de saúde e lazer (excelente (10), bom (7,5), regular (5), ruim (2,5) e inexistente (0));

IS\_17 - Educação (1 = ensino fundamental e médio; 2 = ensino superior): qual é nível de escolaridade do produtor? 1 para ensino fundamental e médio e 2 para ensino superior;

IS\_18 - Empreendedorismo (grau de capacidade de gerenciar e empreender do produtor - média de 0 a 10): o produtor possui visão empreendedora? sim (10) e não (0); o produtor realiza planejamento das atividades da fazenda? sim (10) e não (0); o produtor utiliza ferramentas informatizadas de gestão da fazenda? sim (10) e não (0); qual o nível de conhecimento do produtor sobre gestão da fazenda? excelente (10), bom (7,5), regular (5), ruim (2,5), inexistente (0); o produtor pretende continuar na atividade? sim (10) e não (0);

IS\_19 - Envolvimento social (1 = Não; 2 = Sim): o fazendeiro participa de associação, cooperativas e sindicato;

IS\_20 - Sucessão (1 = Não; 2 = Sim): o fazendeiro realiza treinamento do futuro gestor, para a continuidade da produção leiteira;

IS\_21 - Capacitação e desenvolvimento profissional (horas/funcionário/ano) é o número de horas de treinamentos profissionais e educacionais por funcionários durante o ano.

Os indicadores ambientais analisados foram:

IA\_1 - Uso de energia por kg de leite (Megajoule (MJ)/kg de leite) é a energia utilizada na fazenda leiteira, compreende o combustível (diesel, gasolina e outro) e a eletricidade, ao longo do ano dividido pela produção de leite anual;

IA\_2 - Potencial de aquecimento global (kg de equivalente dióxido de carbono/kg de leite) é determinado pelos três principais gases de efeito estufa, dióxido de carbono, metano e óxido nitroso. O cálculo das emissões por fermentação entérica, manejo de dejetos e aplicação de nitrogênio foi realizado a partir da metodologia de cálculo proposta pelo IPCC (2006) e EMBRAPA (2010a, 2010b). Os fatores de emissões dióxido de carbono utilizados foram: diesel e calcário segundo IPCC (2006); eletricidade (MCTIC, 2019); adubos nitrogênio, fósforo e potássio (MACEDO et al., 2008) e milho, soja e mineral (HAGEMANN et al., 2011). O indicador é expresso em kg de equivalentes de dióxido de carbono: 1 para dióxido de carbono, 25 para metano e 298 para óxido nitroso (IPCC, 2007);

IA\_3 - Balanço de nutriente - Nitrogênio (g de nitrogênio/kg de leite) é a diferença entre entradas (alimentos, fertilizantes e outros) e saídas (leite, animais e outros) de nitrogênio da fazenda ao longo do ano dividido pela produção anual de leite;

IA\_4 - Balanço de nutriente - Fósforo (g de fósforo/kg de leite) é a diferença entre entradas (alimentos, fertilizantes e outros) e saídas (leite, animais e outros) de fósforo da fazenda ao longo do ano dividido pela produção anual de leite;

IA\_5 - Balanço de nutriente - Potássio (g de potássio/kg de leite) é a diferença entre entradas (alimentos, fertilizantes e outros) e saídas (leite, animais e outros) de potássio da fazenda ao longo do ano dividido pela produção anual de leite;

IA\_6 - Ocupação da terra ( $m^2/kg$  de leite) é a área de terra ( $m^2$ ) utilizada para a produção de leite dividida pela produção de leite (kg);

IA\_7 - Fertilidade do solo - pH (pH) é o pH no solo de pastagem e de culturas;

IA\_8 - Fertilidade do solo - Fósforo ( $mg/dm^3$ ) é a quantidade de fósforo no solo de pastagem e de culturas;

IA\_9 - Fertilidade do solo - Potássio ( $mg/dm^3$ ) é a quantidade de potássio no solo de pastagem e de culturas;

IA\_10 - Erosão no solo (% da área da fazenda) é a relação da área com erosão (ha) com a área total (ha) da fazenda;

IA\_11 - Áreas degradadas (% da área da fazenda) é a relação da área degradada (ha) com a área total (ha) da fazenda;

IA\_12 - Manejo do solo (1 = não, 2 = sim) é o uso de plantio direto; curvas de níveis e adubação verde;

IA\_13 - Área de preservação permanente e reserva legal (% da área total da fazenda) é a porcentagem da área de reserva legal e área de preservação permanente (ha) em relação à área total (ha) da fazenda.

Os indicadores foram analisados por meio de análises descritivas e de correlação de Pearson. As análises descritivas usadas foram média, desvio padrão, mediana, mínimo e máximo, além da frequência. Para medir as relações entre os indicadores, realizou a análise dos coeficientes de correlação de Pearson, que é uma medida não-paramétrica de associação com base nas classificações dos valores dos dados. Os dados foram analisados com o auxílio da linguagem R, versão para *Windows* 3.5.3. Os coeficientes foram calculados usando o pacote '*Hmisc*'. Para elaborar o gráfico de rede utilizou-se os pacotes '*Igraph*' e '*Bipartite*'.

## 4. Resultados e Discussão

### 4.1. Perfil dos produtores e das fazendas

Os produtores das fazendas analisadas apresentaram média de 51 anos de idade, com um mínimo de 28 e máximo de 77 anos, sendo que 75% estão acima de 49 anos. Ao mesmo tempo em que se verifica o envelhecimento dos produtores, identifica-se a entrada de produtores jovens na produção de leite. Eles estão envolvidos com a fazenda leiteira em média há 22 anos, mas possui produtor com 3 anos e também com 55 anos de atuação. Dos 20 produtores, 65% tem acesso a internet na fazenda, o que facilita o acesso as novas tecnologias. 70% fazem o registro da carteira de trabalho dos funcionários, os demais fazem contratos temporários ou a mão de obra é familiar. Os funcionários e o produtor utilizam equipamentos de proteção individual (EPIs) em 60% das fazendas.

Os sistemas de produção usados nas fazendas são confinamento em 40% e semiconfinamento em 60% das fazendas. As raças dos animais são o Holandês em 30% e o Girolando em 70% das fazendas. A produção de leite diária é de 1.522 kg de leite em média, a menor de 106 kg e a maior de 6.703 kg. As fazendas analisadas possuem área usada para pecuária em média de 68 ha, a menor de 5 ha e a maior com 376 ha.

As condições de alojamento dos animais são consideradas adequadas em 85% das fazendas, as demais apresentam problema com lama na época das chuvas. O sombreamento com o uso de sombra natural e/ou sombra artificial com dimensionamento adequado e qualidade para os animais, é adequado em 90% das fazendas, mas encontram-se situações em que alguns lotes não têm acesso a sombra. O fornecimento de água (bebedouro - dimensionamento, limpeza e fluxo de água) para os animais é considerado adequado em 85% das fazendas, porém em algumas faltam melhorar a distribuição de bebedouros e a limpeza.

No manejo dos dejetos dos animais, 70% das fazendas utiliza esterqueira, uma fazenda usa, além de esterqueira, compostagem e biodigestor, e duas descartam sem tratamento. Os dejetos são usados para a adubação das lavouras e pastagem.

Após o uso, as embalagens dos produtos químicos de uso animal são queimados (60%), descartados por meio de programa de coleta seletiva (10%), devolução junto ao local da compra (10%), descartados sem cuidado (10%), enterrados (5%) e passam por separação dos frascos e seringas das agulhas que são descartadas como perfuro cortantes (10%). As embalagens de agrotóxicos são devolvidas junto ao local da compra por 80% dos produtores, 15% queimam e 5% descartam sem cuidado.

Todas as fazendas enterram os animais mortos e utilizam o leite de vacas em tratamento com antibióticos na alimentação das bezerras.

A maioria (90%) das fazendas leiteiras possui o Cadastro Ambiental Rural – CAR. O CAR e a área de reserva legal são exigências pela legislação ambiental brasileira (BRASIL, 2012).

Os indicadores técnicos das fazendas estão apresentados na Tabela 1. As fazendas leiteiras produziram leite em média 18,37 kg por vaca em lactação por dia e 9.856,32 kg por ha por ano. A produção de leite por área variou de 3.090,35 kg de leite/ha/ano a 27.073,00 kg de leite/ha/ano. Este resultado mostra a heterogeneidade das fazendas na intensificação do uso da sua área. A produção de leite por mão de obra permanente variou de 100,90 kg de leite/dh a 800,33 kg de leite/dh, isto é, devido a mecanização e automatização da fazenda, proporcionando maior produtividade (Tabela 1).

**Tabela 1: Indicadores técnicos das fazendas**

Indicador	Média	Desvio padrão	Mediana	Mínimo	Máximo
IT_1 - Taxa de lotação (UA/ha)	3,17	1,40	3,19	1,00	5,68
IT_2 - Vacas em lactação por área (vacas/ha)	1,42	0,62	1,35	0,54	2,75
IT_3 - Produção de leite por área (kg de leite/ha/ano)	9.856,32	6.000,74	8.063,23	3.090,35	27.073,00
IT_4 - Produção de leite por mão de obra permanente (kg de leite/dh)	313,14	148,27	297,83	100,90	800,33
IT_5 - Vacas em lactação (vacas/funcionário)	16,77	6,05	14,70	9,43	32,75
IT_6 - Produção de leite por vaca em lactação (kg de leite/dia)	18,37	3,99	18,29	10,70	26,97
IT_7 - Produção de leite por total de vacas (kg de leite/dia)	15,31	3,97	15,14	6,78	24,15
IT_8 - Relação de vacas em lactação por total de vacas (%)	82,65	7,19	85,87	63,30	90,09
IT_9 - Relação de vacas em lactação por rebanho (%)	45,21	8,83	43,06	35,03	68,70
IT_10 - Idade à primeira cobertura (meses)	18,96	5,57	16,25	11,90	30,00
IT_11 - Peso à primeira cobertura (kg)	341,40	19,77	350,00	280,00	360,00
IT_12 - Idade ao primeiro parto (meses)	29,04	5,03	28,25	23,00	39,00
IT_13 - Escore de condição corporal das vacas por fase de lactação (Início do período de lactação)	3,26	0,36	3,50	2,50	3,75
IT_14 - Escore de condição corporal das vacas por fase de lactação (Meio do período de lactação)	3,18	0,26	3,25	2,50	3,50
IT_15 - Escore de condição corporal das vacas por fase de lactação (Final do período de lactação)	3,21	0,27	3,13	2,75	3,75

A Tabela 2 mostra as estatísticas descritivas dos indicadores econômicos das fazendas. O indicador IE\_8 (margem bruta por área) variou de 459,39 a 43.774,28 R\$/ha.

Duas fazendas apresentaram lucro negativos, por isto possuindo zero de taxa de retorno do capital com terra por ano (IE\_14). As fazendas leiteiras são heterogêneas em relação ao capital investido na produção de leite em instalações, máquinas, animais e terras (IE\_12 e IE\_13). Uma fazenda não possui gasto com mão de obra contratada (IE\_3), o trabalho é realizado pela família.

**Tabela 2: Indicadores econômicos das fazendas**

Indicador	Média	Desvio padrão	Mediana	Mínimo	Máximo
IE_1 - Preço médio do leite (R\$/kg de leite)	1,53	0,11	1,51	1,38	1,78
IE_2 - Participação da renda bruta do leite em relação à renda bruta da fazenda (%)	94,85	5,11	95,97	80,20	100,00
IE_3 - Gasto com mão de obra contratada na fazenda leiteira pela renda bruta do leite (%)	10,09	5,69	8,54	0,00	24,21
IE_4 - Gasto com concentrado na fazenda leiteira pela renda bruta do leite (%)	31,77	5,48	31,98	20,74	45,43
IE_5 - Custo total unitário do leite (R\$/kg de leite)	1,31	0,17	1,31	1,07	1,73
IE_6 - Custo total do leite por preço do leite (%)	85,62	11,90	79,32	70,97	116,56
IE_7 - Margem bruta unitária (R\$/kg de leite)	0,49	0,18	0,55	0,15	0,72
IE_8 - Margem bruta por área (R\$/ha)	6.071,89	9.075,62	4.052,82	459,39	43.774,28
IE_9 - Margem líquida unitária (R\$/kg de leite)	0,31	0,19	0,38	-0,18	0,56
IE_10 - Lucro unitário (R\$/kg de leite)	0,19	0,19	0,27	-0,30	0,43
IE_11 - Lucro da fazenda por área (R\$/ha)	2.042,05	2.527,13	1.502,59	-940,22	10.210,48
IE_12 - Estoque de capital por área (R\$/ha)	33.625,35	13.729,25	30.740,38	16.382,97	73.758,67
IE_13 - Estoque de capital por kg de leite (R\$/kg de leite/dia)	1.456,22	540,27	1.511,18	669,05	2.657,98
IE_14 - Taxa de retorno do capital com terra (% a.a.)	9,57	6,89	8,47	0,00	26,12
IE_15 - Relação benefício custo	1,15	0,14	1,20	0,83	1,35
IE_16 - Lucratividade (%)	18,92	11,59	23,51	-12,16	33,71

Os indicadores sociais das fazendas podem ser verificados na Tabela 3. A qualidade do leite das fazendas apresentou uma variação ampla para a contagem de células somáticas (de 238,73 a 5.593,84 CSx1000/mL) e contagem bacteriana total (de 15,17 a 2.527,66 UFCx1000/mL).

Uma fazenda analisada não possui funcionários, o trabalho da fazenda é realizado pelas pessoas da família. Por isto o salário dos funcionários é o zero, como observado no

indicador IS\_14 na Tabela 3. O salário da mão de obra familiar ou pró-labore (IS\_15) foi em média de 2.031,08 R\$/mês, variando de 517,54 de 5.527,25 R\$/mês.

**Tabela 3: Indicadores sociais das fazendas**

Indicador	Média	Desvio padrão	Mediana	Mínimo	Máximo
IS_1 - Qualidade do leite - Contagem de células somáticas (CSx1000/mL)	771,41	1.163,65	468,50	238,73	5.593,84
IS_2 - Qualidade do leite - Contagem bacteriana total (UFCx1000/mL)	348,21	564,85	156,64	15,17	2.527,66
IS_3 - Qualidade do leite - Proteína (%)	3,25	0,15	3,22	3,00	3,53
IS_4 - Qualidade do leite - Gordura (%)	3,74	0,29	3,77	3,27	4,24
IS_5 - Bonificação no preço recebido pelo leite (%)	2,37	2,71	1,30	0,00	7,65
IS_6 - Bem-estar animal - Escore de condições corporal (escala de 1 a 5)	3,22	0,21	3,25	2,58	3,67
IS_7 - Bem-estar animal - Higiene dos animais (%)	73,43	24,27	84,73	15,38	100,00
IS_8 - Bem-estar animal - Mastite clínica (%)	3,43	1,58	3,33	1,14	6,39
IS_9 - Emprego (funcionário/dia)	4,08	2,56	3,54	1,05	9,73
IS_10 - Acidentes de trabalho (acidentes/funcionário/ano)	0,09	0,23	0,00	0,00	0,73
IS_11 - Tempo perdido (%)	1,02	1,44	0,00	0,00	4,48
IS_12 - Tempo de trabalho (horas/funcionário/mês)	198,69	12,40	201,33	173,33	211,33
IS_13 - Dias de descanso (dias de descanso/funcionário/mês)	3,08	1,55	2,75	1,50	6,25
IS_14 - Salário dos funcionários (R\$/funcionário/mês)	1.473,15	753,22	1.497,53	0,00	3.448,80
IS_15 - Salário da mão de obra familiar ou pró-labore (R\$/mês)	2.031,08	1.230,41	1.778,34	517,54	5.527,25
IS_16 - Qualidade de vida (média de 0 a 10)	8,44	0,74	8,50	7,00	9,75
IS_17 - Educação (1 = ensino fundamental e médio; 2 = ensino superior)	1,30	0,47	1,00	1,00	2,00
IS_18 - Empreendedorismo (grau de capacidade de gerenciar e empreender do produtor - média de 0 a 10)	8,58	1,99	9,50	1,50	10,00
IS_19 - Envolvimento social (1 = Não; 2 = Sim)	1,40	0,50	1,00	1,00	2,00
IS_20 - Sucessão (1 = Não; 2 = Sim)	1,40	0,50	1,00	1,00	2,00
IS_21 - Capacitação e desenvolvimento profissional (horas/funcionário/ano)	3,86	7,67	0,31	0,00	27,78

A Tabela 4 apresenta estatísticas descritivas dos indicadores ambientais das fazendas. O indicador IA\_6 (ocupação da terra) foi em média de 1,37 m<sup>2</sup>/kg de leite, variando de 0,37 a 3,24 m<sup>2</sup>/kg de leite. Esse indicador é o inverso da produção de leite por hectare, determina a demanda por área para produzir um quilograma de leite (THOMASSEN et al., 2009; GUERCI et al., 2013; DOLMAN et al., 2014; MEUL et al., 2014; MU et al., 2017; SALOU; LE MOUËL; VAN DER WERF, 2017; CHEN; HOLDEN, 2018; WANG et al., 2018).

A variação dos indicadores de fertilidade do solo foi particularmente ampla para a quantidade de fósforo e de potássio no solo de pastagem e de culturas das fazendas (Tabela 4).

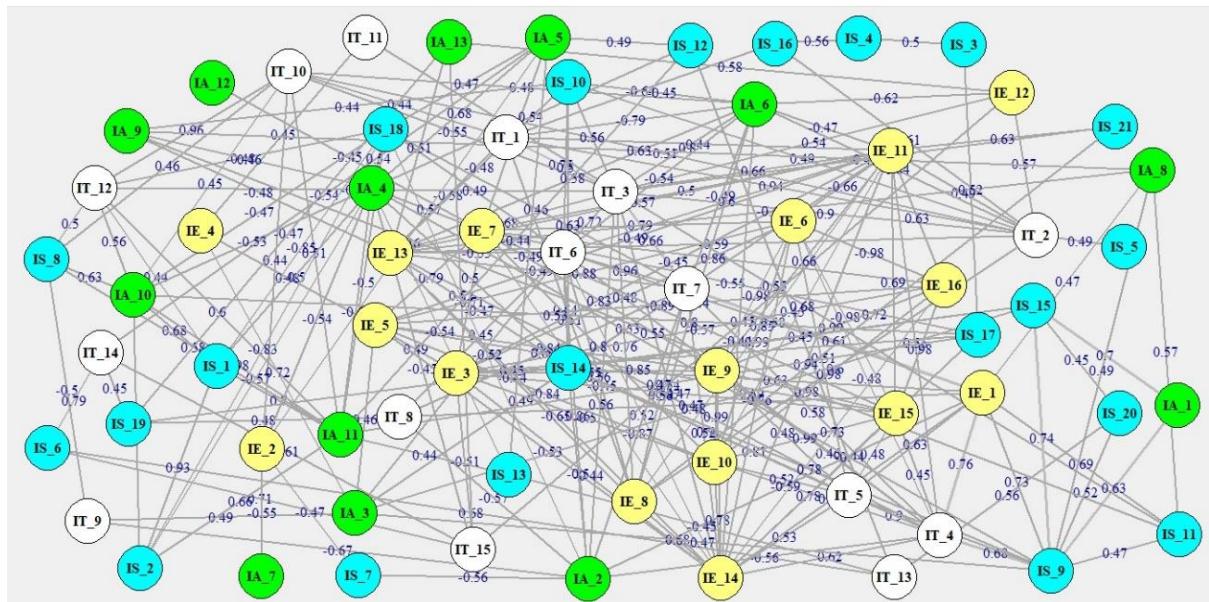
**Tabela 4: Indicadores ambientais das fazendas**

Indicador	Média	Desvio padrão	Mediana	Mínimo	Máximo
IA_1 - Uso de energia por kg de leite (Megajoule (MJ)/kg de leite)	0,50	0,22	0,44	0,24	1,07
IA_2 - Potencial de aquecimento global (kg de equivalente dióxido de carbono/kg de leite)	0,93	0,23	0,90	0,59	1,52
IA_3 - Balanço de nutriente - Nitrogênio (g de nitrogênio/kg de leite)	59,00	9,50	59,68	39,83	72,73
IA_4 - Balanço de nutriente - Fósforo (g de fósforo/kg de leite)	6,51	2,13	6,68	1,93	10,55
IA_5 - Balanço de nutriente - Potássio (g de potássio/kg de leite)	6,32	2,79	6,44	1,82	13,58
IA_6 - Ocupação da terra (m <sup>2</sup> /kg de leite)	1,37	0,77	1,24	0,37	3,24
IA_7 - Fertilidade do solo - pH (pH)	5,65	0,35	5,65	5,06	6,20
IA_8 - Fertilidade do solo - Fósforo (mg/dm <sup>3</sup> )	21,12	14,96	16,85	0,66	58,40
IA_9 - Fertilidade do solo - Potássio (mg/dm <sup>3</sup> )	89,20	33,89	88,90	27,00	155,00
IA_10 - Erosão no solo (% da área da fazenda)	0,22	0,50	0,00	0,00	1,67
IA_11 - Áreas degradadas (% da área da fazenda)	0,20	0,50	0,00	0,00	1,67
IA_12 - Manejo do solo (1 = não, 2 = sim)	1,55	0,51	2,00	1,00	2,00
IA_13 - Área de preservação permanente e reserva legal (% da área total da fazenda)	22,45	19,12	14,01	2,70	68,37

Conhecer e analisar o tipo de sistema e os fatores envolvidos na atividade são essenciais para compreender os custos e como eles inter-relacionam com o sistema como todo. Esta avaliação gera ações gerenciais como alocação dos recursos, adotar manejo e/ou realizar investimentos, para a melhoria no desempenho da produção com vistas a assegurar a sustentabilidade da atividade. Além disso, é um processo dinâmico, que busca alcançar os objetivos e metas, por meio da utilização dos recursos disponíveis.

## 5.2. Análise das relações dos indicadores

A Figura 2 apresenta as relações dos indicadores geradas pela análise de correlação de Pearson com  $p \leq 0,05$ . O resultado apresentado na Figura 2 reforça que para avaliar o desenvolvimento sustentável deve-se analisá-lo considerando a interdisciplinaridade, a integração, a interdependência e a inter-relação dos fatores. O desenvolvimento sustentável de um sistema de produção de leite pode ser definido como o resultado da combinação dos diferentes indicadores, que por meio do dinamismo entre os fatores, gerando efeitos sinérgicos ou *trade-offs*.



**Figura 2: Relações entre os indicadores técnicos, econômicos, sociais e ambientais, correlação de Pearson com  $p \leq 0,05$ .**

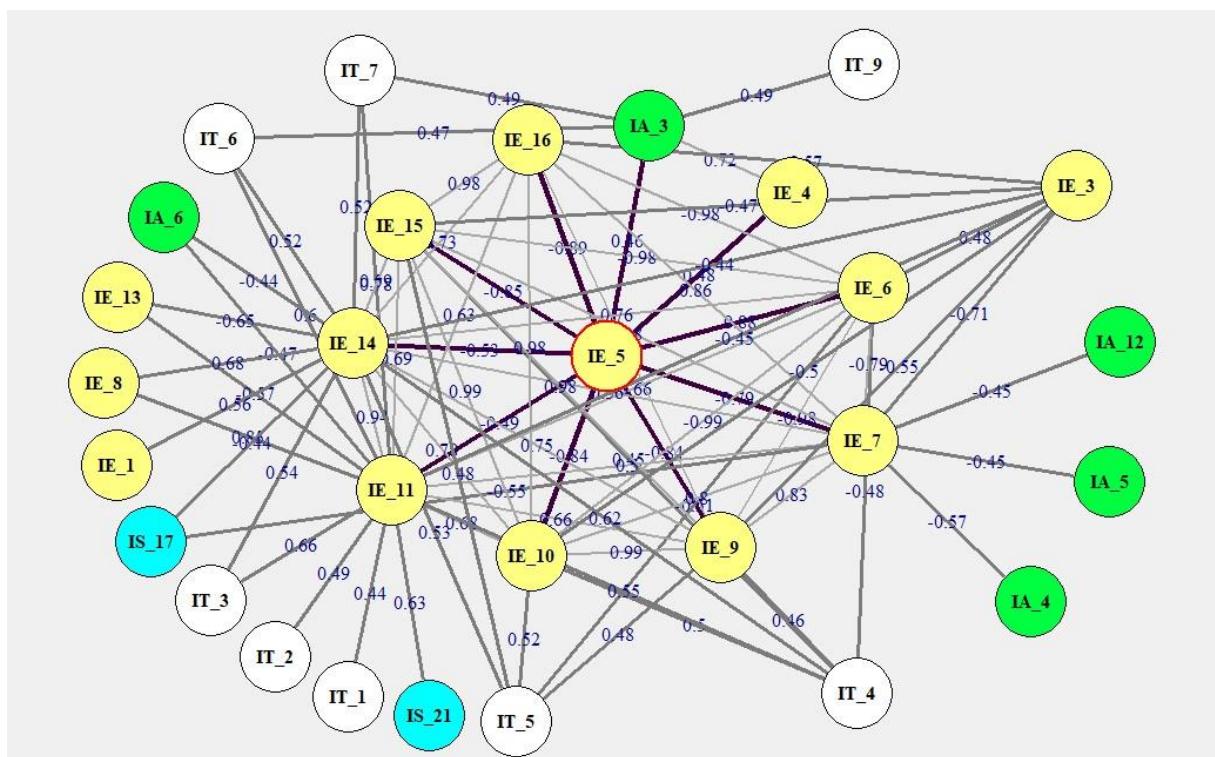
Legenda: IT\_1 - Taxa de lotação; IT\_2 - Vacas em lactação por área; IT\_3 - Produção de leite por área; IT\_4 - Produção de leite por mão de obra permanente; IT\_5 - Vacas em lactação por funcionário; IT\_6 - Produção de leite por vaca em lactação; IT\_7 - Produção de leite por total de vacas; IT\_8 - Relação de vacas em lactação por total de vacas; IT\_9 - Relação de vacas em lactação por rebanho; IT\_10 - Idade à primeira cobertura; IT\_11 - Peso à primeira cobertura; IT\_12 - Idade ao primeiro parto; IT\_13 - Escore de condição corporal das vacas por fase de lactação (Início do período de lactação); IT\_14 - Escore de condição corporal das vacas por fase de lactação (Meio do período de lactação);

IT\_15 - Escore de condição corporal das vacas por fase de lactação (Final do período de lactação); IE\_1 - Preço médio do leite; IE\_2 - Participação da renda bruta do leite em relação à renda bruta da fazenda; IE\_3 - Gasto com mão de obra contratada na fazenda leiteira pela renda bruta do leite; IE\_4 - Gasto com concentrado na fazenda leiteira pela renda bruta do leite; IE\_5 - Custo total unitário do leite; IE\_6 - Custo total do leite por preço do leite; IE\_7 - Margem bruta unitária; IE\_8 - Margem bruta por área; IE\_9 - Margem líquida unitária; IE\_10 - Lucro unitário; IE\_11 - Lucro da fazenda por área; IE\_12 - Estojo de capital por área; IE\_13 - Estojo de capital por kg de leite; IE\_14 - Taxa de retorno do capital com terra; IE\_15 - Relação benefício custo; IE\_16 - Lucratividade; IS\_1 - Qualidade do leite - Contagem de células somáticas; IS\_2 - Qualidade do leite - Contagem bacteriana total; IS\_3 - Qualidade do leite - Proteína; IS\_4 - Qualidade do leite - Gordura; IS\_5 - Bonificação no preço recebido pelo leite; IS\_6 - Bem-estar animal - Escore de condições corporal; IS\_7 - Bem-estar animal - Higiene dos animais; IS\_8 - Bem-estar animal - Mastite clínica; IS\_9 - Emprego; IS\_10 - Acidentes de trabalho; IS\_11 - Tempo perdido; IS\_12 - Tempo de trabalho; IS\_13 - Dias de descanso; IS\_14 - Salário dos funcionários; IS\_15 - Salário da mão de obra familiar ou pró-labore; IS\_16 - Qualidade de vida; IS\_17 - Educação; IS\_18 - Empreendedorismo; IS\_19 - Envolvimento social; IS\_20 - Sucessão; IS\_21 - Capacitação e desenvolvimento profissional (horas/funcionário/ano); IA\_1 - Uso de energia por kg de leite; IA\_2 - Potencial de aquecimento global; IA\_3 - Balanço de nutriente - Nitrogênio; IA\_4 - Balanço de nutriente - Fósforo; IA\_5 - Balanço de nutriente - Potássio; IA\_6 - Ocupação da terra; IA\_7 - Fertilidade do solo - pH; IA\_8 - Fertilidade do solo - Fósforo; IA\_9 - Fertilidade do solo - Potássio; IA\_10 - Erosão no solo; IA\_11 - Áreas degradadas; IA\_12 - Manejo do solo; IA\_13 - Área de preservação permanente e reserva legal.

Os indicadores de sustentabilidade analisados apresentam interligações entre si. As práticas zootécnicas influenciam no desempenho econômico, ambiental e social das fazendas. Os aspectos econômicos proporcionam geração de renda, que reflete no pilar social e consequente manutenção do homem no campo.

Para avaliar como as alterações em um indicador pode influenciar os outros indicadores, segue o exemplo do indicador IE\_5 (custo total unitário do leite (R\$/kg de leite)). Esse indicador foi escolhido por estar relacionado com o custo total para produzir um kg de leite e sua relevância para a avaliação da sustentabilidade da pecuária leiteira. O custo total é o custo operacional efetivo, mais depreciações, renumeração do produtor e do capital, segundo a metodologia de custo de produção desenvolvida por Matsunaga et al. (1976).

O custo total unitário do leite relaciona diretamente com correlações positivas com os indicadores gasto com concentrado na fazenda leiteira pela renda bruta do leite (IE\_4), custo total do leite por preço do leite (IE\_6) e balanço de nutriente – nitrogênio (IA\_3), e negativamente com os indicadores margem bruta unitária (IE\_7), margem líquida unitária (IE\_9), lucro unitário (IE\_10), lucro da fazenda por área (IE\_11), taxa de retorno do capital com terra (IE\_14), relação benefício custo (IE\_15) e lucratividade (IE\_16). Estes indicadores influenciam outros indicadores, como pode ser observado na Figura 3, que também relacionam entre si. Ao acrescentar mais indicadores à figura, o resultado será igual a Figura 2, demonstrando que eles estão interligados, inter-relacionados e interdependentes, formando um todo complexo.



**Figura 3: Relações dos indicadores técnicos, econômicos, sociais e ambientais com o indicador IE\_5 (custo total unitário do leite (R\$/kg de leite)), correlação de Pearson com  $p \leq 0,05$ .**

Legenda: IT\_1 - Taxa de lotação; IT\_2 - Vacas em lactação por área; IT\_3 - Produção de leite por área; IT\_4 - Produção de leite por mão de obra permanente; IT\_5 - Vacas em lactação por funcionário; IT\_6 - Produção de leite por vaca em lactação; IT\_7 - Produção de leite por total de vacas; IT\_9 - Relação de vacas em lactação por rebanho; IE\_1 - Preço médio do leite; IE\_3 - Gasto com mão de obra contratada na fazenda leiteira pela renda bruta do leite; IE\_4 - Gasto com concentrado na fazenda leiteira pela renda bruta do leite; IE\_5 - Custo total unitário do leite; IE\_6 - Custo total do leite por preço do leite; IE\_7 - Margem bruta unitária; IE\_8 - Margem bruta por área; IE\_9 - Margem líquida unitária; IE\_10 - Lucro unitário; IE\_11 - Lucro da fazenda por área; IE\_13 - Estoque de capital por kg de leite; IE\_14 - Taxa de retorno do capital com terra; IE\_15 - Relação benefício custo; IE\_16 - Lucratividade; IS\_17 - Educação; IS\_21 - Capacitação e desenvolvimento profissional;  
 IA\_3 - Balanço de nutriente – Nitrogênio; IA\_4 - Balanço de nutriente – Fósforo; IA\_5 - Balanço de nutriente – Potássio; IA\_6 - Ocupação da terra; IA\_12 - Manejo do solo.

De acordo com a Teoria Geral de Sistemas, a gestão do custo de produção por unidade de produto altera a atividade como um todo, devido às sinergias e *trade-offs* entre os

componentes do sistema. As ações para solucionar determinado problema devem ser adotadas sempre considerando e avaliando as relações dinâmicas dos componentes do sistema total.

O custo total unitário do leite influencia diretamente os indicadores econômicos como margem bruta unitária (IE\_7), margem líquida unitária (IE\_9), lucro unitário (IE\_10), lucro da fazenda por área (IE\_11), taxa de retorno do capital com terra (IE\_14), relação benefício custo (IE\_15) e lucratividade (IE\_16) da propriedade leiteira. O custo está relacionado com a produção e produtividade (IT\_3, IT\_4, IT\_5, IT\_6 e IT\_7) e taxa de lotação (IT\_1 e IT\_2). Em relação aos indicadores sociais, o custo é influenciado pela capacitação e desenvolvimento profissional (IS\_21). O custo relaciona diretamente com o indicador balanço de nitrogênio (IA\_3), devido a compra de alimentos e adubos para a produção.

O custo total unitário do leite (IE\_5;  $r = 0,46$ ), o gasto com concentrado na produção de leite pela renda bruta do leite (IE\_4;  $r = 0,72$ ), a produção de leite por vaca em lactação (IT\_6;  $r = 0,47$ ) e total de vacas (IT\_7;  $r = 0,49$ ) apresentam correlações positivas com o balanço de nitrogênio (IA\_3). Flaten et al. (2019) verificaram que o aumento do uso de concentrado aumenta o balanço. Essas relações apontam uma dependência de insumos externo para a alimentação (ração concentrada) dos animais e como consequência o aumento da produção causa aumento no balanço. O aumento do uso de concentrado está diretamente relacionado com o aumento do custo de produção.

Os nutrientes entram na fazenda nos alimentos e fertilizantes. Os animais tiram os nutrientes a partir do alimento para o metabolismo de produção de leite. Alguns nutrientes saem da fazenda no leite, mas muitos são excretados nos dejetos e continuam na fazenda. O uso dos dejetos retorna os nutrientes para o solo, onde estes podem ser reutilizados para a produção de mais alimentos. Na gestão de custos significa gastos com alimentação dos animais e fertilizantes e a renda com a venda de leite, animais e outros. E o manejo correto dos dejetos pode gerar renda e/ou redução de gastos na compra de fertilizantes.

Para melhorar o uso dos nutrientes deve-se adotar a zootecnia e a agricultura de precisão, melhorando o fluxo de nutrientes no sistema. A zootecnia de precisão busca adequar as dietas de acordo com as exigências nutricionais de cada categoria animal e estágio fisiológico (GONZÁLEZ; KYRIAZAKIS; TEDESCHI, 2018). A redução de proteína bruta da dieta e o balanceamento correto da energia podem aumentar a eficiência de uso do nitrogênio dos alimentos (HANIGAN; KNOWLTON, 2010; POWELL; ROTZ, 2015; BAHRAMI-YEKDANGI et al., 2016). A redução da ingestão dos minerais pode reduzir as suas excreções (HANIGAN; KNOWLTON, 2010; KEBREAB et al., 2010). E a agricultura de precisão busca reduzir os insumos agrícolas com aplicações específicas de nutrientes no

campo, direciona melhor os nutrientes às necessidades das plantas (BALAFOUTIS et al., 2017; HIGGINS; SCHELLBERG; BAILEY, 2019). A aplicação dos dejetos e fertilizantes no solo deve ser feita considerando as condições climáticas, a fertilidade do solo e a exigência de nutrientes das culturas.

Portanto, a utilização da zootecnia e a agricultura de precisão contribui para a otimização da compra de insumos, colaborando assim com a gestão dos custos. A gestão de custos auxilia na formulação de dietas eficientes para suprir as necessidades nutricionais e para redução de perdas de nutrientes para o ambiente com o melhor custo-benefício. A análise do custo de produção é um dos assuntos importantes, pois fornece ao produtor indicativo para a escolha dos insumos a ser utilizados para redução de perdas ambientais, além de permitir a melhor alocação e uso dos recursos visando um adequado retorno econômico e ambiental.

O custo total unitário do leite influencia diretamente o lucro da fazenda por área (IE\_11;  $r = -0,49$ ). O lucro por área (IE\_11) está associado a capacitação e desenvolvimento profissional (IS\_21) dos produtores e funcionários. Stup, Hyde e Holden (2006) encontraram uma relação positiva significativa entre o retorno sobre o patrimônio e o uso de treinamento contínuo.

A produtividade do trabalho (IT\_4) está correlacionada positivamente com a produção de leite por vaca em lactação (IT\_7;  $r = 0,58$ ), lucro da fazenda por área (IE\_11;  $r = 0,55$ ) taxa de retorno do capital com terra (IE\_14;  $r = 0,62$ ) e negativamente com o potencial de aquecimento global por kg de leite (IA\_2;  $r = -0,56$ ). Esse achado é confirmado pela literatura que mostra que a elevação na produção de leite por vaca aumentou a produtividade do trabalho, reduziu o potencial de aquecimento global (THOMASSEN et al., 2009). Segundo Yi e Ifft (2019), maior produtividade do trabalho e eficiência de custos (custo do trabalho contratado por unidade de leite vendido) estão associadas a um melhor desempenho financeiro das fazendas leiteiras.

A gestão de custo depende da capacitação e treinamento do produtor, para melhor gerir os fatores de produção. Com conhecimento o produtor e o técnico poderão otimizar a entrada e o manejo de nutrientes na propriedade para reduzir as perdas para o ambiente, consequentemente reduzindo o impacto ambiental e aumentando o lucro da fazenda. O gerenciamento dos custos e o conhecimento sistêmico contribuem para a redução dos gastos e perdas envolvidos do processo produtivo e consequentemente melhorias na sustentabilidade da produção.

Ao buscar melhorias na gestão dos custos influenciará em todo o sistema de produção, ou seja, nas técnicas de produção, nos gastos com insumos, nos resultados de rentabilidade e

lucratividade, na remuneração e na capacitação da mão-de-obra, nas perdas de nutrientes para o ambiente, que consequentemente pode tornar a atividade mais sustentável.

## 5. Conclusões

A avaliação e monitoramento da fazenda leiteira ao longo do tempo permitem avanço de forma efetiva, com mudanças para solucionar os problemas técnicos, econômicos, sociais e ambientais. Os indicadores são ferramentas importantes para a avaliação e monitoramento da fazenda leiteira.

O resultado desta pesquisa aponta que o gerenciamento dos custos melhora os indicadores econômicos, técnicos, social e ambiental, por meio do aumento da capacitação e treinamento da equipe. Ambientalmente, a gestão dos custos pode reduzir o balanço de nitrogênio, com a otimização do uso dos nutrientes na fazenda.

A produção leiteira deve ser compreendida a partir de uma perspectiva sistêmica e dinâmica, constituída por diversos fatores que interagem entre si. A mudança em um dos componentes gera modificações no todo, tendo efeitos sinérgicos ou *trade-offs*.

A avaliação das relações entre os indicadores e as dimensões da sustentabilidade é importante para o desenvolvimento sustentável. E a gestão de custo da pecuária leiteira é essencial para compreender os resultados obtidos na atividade e propiciar ações gerenciais para se ter uma produção de leite sustentável e responsável.

As propriedades analisadas possuem potencial para a produção de leite sustentável, pela utilização mais eficiente dos recursos que estão disponíveis, com o auxílio do gerenciamento dos custos de produção, por meio da visão sistêmica da atividade.

A gestão de custos é indispensável para o desenvolvimento sustentável da produção de leite, a fim de se obter melhores resultados técnicos, econômicos, social e ambiental e se manter atuando no mercado.

## 6. Referências

BAHRAMI-YEKDANGI, M.; GHORBANI, G. R.; KHORVASH, M.; KHAN, M. A.; GHAFFARI, M. H. Reducing crude protein and rumen degradable protein with a constant concentration of rumen undegradable protein in the diet of dairy cows: Production performance, nutrient digestibility, nitrogen efficiency, and blood metabolites. *Journal of Animal Science*, v. 94, n. 2, p. 718-725, 2016.

- BALAFOUTIS, A.; BECK, B.; FOUNTAS, S.; VANGEYTE, J.; VAN DER WAL, T.; SOTO, I.; GÓMEZ-BARBERO, M.; BARNES, A.; EORY, V. Precision agriculture technologies positively contributing to GHG emissions mitigation, farm productivity and economics. *Sustainability*, v. 9, n. 8, p. 1-28, 2017.
- BERTALANFFY, L. VON. *General system theory: Foundations, development, application*. New York: George Braziller, 1968.
- BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Revogando a Lei nº 4.771/1965. Código Florestal Brasileiro. *Diário Oficial [da] União*, Brasília, DF, 25 mar. 2012. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm). Acesso em: 16 jun. de 2018.
- CHEN, W.; HOLDEN, N. M. Social life cycle assessment of average Irish dairy farm. *International Journal of Life Cycle Assessment*, v. 22, p. 1459-1472, 2017.
- CHEN, W.; HOLDEN, N. M. Tiered life cycle sustainability assessment applied to a grazing dairy farm. *Journal of Cleaner Production*, v. 172, p. 1169-1179, 2018.
- CHOBTANG, J.; LEDGARD, S. F.; MCLAREN, S. J.; DONAGHY, D. J. Life cycle environmental impacts of high and low intensification pasture-based milk production systems: A case study of the Waikato region, New Zealand. *Journal of Cleaner Production*, v. 140, p. 664-674, 2017.
- COSTANZA, R.; PATTEN, B. C. Defining and predicting sustainability. *Ecological Economics*, v. 15, p. 193-196, 1995.
- 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.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Segundo Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa: Relatórios de Referência: Emissões de Metano por Fermentação Entérica e Manejo de Dejetos Animais*. Brasília, 2010a.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Segundo Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa: Relatórios de Referência: Emissões de Óxido Nitroso de Solos Agrícolas e de Manejo de Dejetos*. Brasília, 2010b.

FLATEN, O.; KOESLING, M.; HANSEN, S.; VEIDAL, A. Links between profitability, nitrogen surplus, greenhouse gas emissions, and energy intensity on organic and conventional dairy farms. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, v. 43, n. 9, p. 957-983, 2019.

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 aggregated results from indicators. *Journal of Environmental Management*, v. 140, p. 120-134, 2014.

GONZÁLEZ, L. A.; KYRIAZAKIS, I.; TEDESCHI, L. O. Review: Precision nutrition of ruminants: approaches, challenges and potential gains. *Animal*, v. 12, p. 246-261, 2018.

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.

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

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*. Washington: World Resources Institute, 1995.

HANIGAN, M. D.; KNOWLTON, K. F. Nutritional approaches to maximize N and P efficiency. In: Mid-South Ruminant Nutrition Conference, Texas, 2010. *Proceeding...* Arlington, Texas. 2010. p. 27-38.

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

HIGGINS, S.; SCHELLBERG, J.; BAILEY, J. S. Improving productivity and increasing the efficiency of soil nutrient management on grassland farms in the UK and Ireland using precision agriculture technology. *European Journal of Agronomy*, v. 106, p. 67-74, 2019.

INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. *Estações automáticas – gráficos (Temperatura e Precipitação)*. Disponível em: [http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede\\_estacoes\\_auto\\_graf](http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede_estacoes_auto_graf). Acesso em: 14 fev. 2020.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC. Climate change 2007: the physical science basis. In: SOLOMON, S., QIN, D., MANNING, M., MARQUIS, M., AVERYT, K., TIGNOR, M.M.B., et al. (Eds.), *Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, p. 996, 2007.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC. In: EGGLESTON, H.S., BUENDIA, L., MIWA, K., NGARA, T., TANABE, K. (Eds.), *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme*. IGES, Japan, 2006.

KEBREAB, E.; STRATHE, A.; FADEL, J.; MORAES, L.; FRANCE, J. Impact of dietary manipulation on nutrient flows and greenhouse gas emissions in cattle. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 39, p. 458-464, 2010.

LEBACQ, T.; BARET, P. V.; STILMANT, D. Role of input self-sufficiency in the economic and environmental sustainability of specialised dairy farms. *Animal*, v. 9, n. 3, p. 544-552, 2015.

LEITE JR., I. F.; LOPES, M. A.; CARDOSO, A. A. B. Rentabilidade e custo da atividade leiteira em Bocaiúva - MG. *Nucleus*, v. 15, n. 1, p. 103-116, 2018.

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.

MACEDO, I. C.; SEABRA, J. E. A.; SILVA, J. E. A. R. Greenhouse gases emissions in the production and use of ethanol from sugarcane in Brazil: the 2005/2006 averages and a prediction for 2020. *Biomass Bioenergy*, v. 32, p. 582-595, 2008.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. *Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas amostragens e técnicas de pesquisa, elaboração análise e interpretação de dados*. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2012.

MARTINS, E. *Contabilidade de custo*. 10. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

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

MCTIC - MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES. *Fator médio - Inventários corporativos*. Disponível em: [https://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/textogeral/emissao\\_corporativos.html](https://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/textogeral/emissao_corporativos.html). Acesso em: 19 dez. 2019.

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

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.

MISHRA, S.; KUMARI, K.; DUBEY, A. Body condition scoring of dairy cattle: A review. *Research & Reviews: Journal of Veterinary Sciences*, v. 2, n. 1, p. 58-65, 2016.

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.

OLDE, E. M.; MOLLER, H.; MARCHAND, F.; McDOWELL, R. W.; MACLEOD, C. J.; SAUTIER, M.; HALLOY, S.; BARBER, A.; BENGE, J.; BOCKSTALLER, C.; BOKKERS, E. A. M.; BOER, I. J. M.; LEGUN, K. A.; LE QUELLEC, I.; MERFIELD, C.;

- OUDSHOORN, F. W.; REID, J.; SCHADER, C.; SZYMANSKI, E.; SØRENSEN, C. A. G.; WHITEHEAD, J.; MANHIRE, J. When experts disagree: the need to rethink indicator selection for assessing sustainability of agriculture. *Environment, Development and Sustainability*, v. 19, p. 1327-1342, 2017.
- 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.
- POWELL, J. M.; ROTZ, C. A. Measures of nitrogen use efficiency and nitrogen loss from dairy production systems. *Journal of Environmental Quality*, v. 44, p. 336-344, 2015.
- PRETTY, J. Agricultural sustainability: concepts, principles and evidence. *Philosophical Transactions the Royal Society B*, v. 363, p. 447-465, 2008.
- RAINERI, C.; ROJAS, O. A. O.; GAMEIRO, A. H. Custos de produção na agropecuária: da teoria econômica à aplicação no campo. *Empreendedorismo, Gestão e Negócios*, v. 4, n. 4, p. 194-211, 2015.
- RUBERTO, I. V. G.; MARETH, T.; PAIM, E. S. E.; PIENIZ, L. P. Contribuição da programação linear na gestão de custos e na produtividade em uma propriedade rural. *Custos e @gronegócio on line*, v. 9, n. 1, p. 185-202, 2013.
- SALOU, T.; LE MOUËL, C.; VAN DER WERF, H. M. G. Environmental impacts of dairy system intensification: the functional unit matters! *Journal of Cleaner Production*, v. 140, p. 445-454, 2017.
- SANTOS, G. J.; MARION, J. C.; SEGATTI, S. *Administração de Custos na Agropecuária*. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2009.
- SICHE, R.; AGOSTINHO, F.; ORTEGA, E.; ROMEIRO, A. Índices versus indicadores: precisões conceituais na discussão da sustentabilidade de países. *Ambiente & Sociedade*, v. 10, n. 2, p. 137-148, 2007.
- SIEBERT, A.; BEZAMA, A.; O'KEEFFE, S.; THRÄN D. Social life cycle assessment indices and indicators to monitor the social implications of wood-based products. *Journal of Cleaner Production*, v. 172, p. 4074-4084, 2018.
- SILVA NETO, B. Agroecologia, ciência e emancipação humana. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 8, n. 1, p. 3-17, 2013.

SILVA, M. F. *Indicadores de sustentabilidade para a pecuária leiteira*. 2020. 201f. Tese (Doutorado em Ciências) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2020.

SILVA, M. F.; GAMEIRO, A. H. Indicadores de sustentabilidade para a produção de leite: uma revisão de literatura. *Revista Livre de Sustentabilidade e Empreendedorismo*, v. 6, n. 5, p. 208-237, 2021.

SILVA, M. F.; SILVA, A. C.; REZENDE, A. C.; PINTO, R. S. Avaliação zootécnica e econômica de propriedades leiteiras: foco na gestão de custos. *Custos e @gronegócio on line*, v. 14, Edição Especial, p. 182-212, 2018.

SOUSSI, W.; BOURAOUI, R. Relationship between body condition score, milk yield, reproduction, and biochemical parameters in dairy cows. In: *Lactation*. IntechOpen, 2019.

SPEDDING, C. R. W. *An introduction to agricultural systems*. England: Applied Science Publishers Ltda, 1979.

STUP, R. E.; HYDE, J.; HOLDEN, L. A. Relationships between selected human resource management practices and dairy farm performance. *Journal of Dairy Science*, v. 89, n.3, p. 1116-1120, 2006.

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.

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.

WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT - WCED. *Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future*. United Nations: Geneva, 1987.

YI, J.; IFFT, J. Labor-use efficiency and New York dairy farm financial performance, *Agricultural Finance Review*, v. 79, n. 5, p. 646-665, 2019.

## 7. Agradecimentos

Este estudo foi financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) (Código de Financiamento 001).