



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO (PRPG)
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

HAYLA DA SILVA FERNANDES

**ADOÇÃO DE TECNOLOGIA NA PECUÁRIA LEITEIRA E
CONSERVAÇÃO AMBIENTAL: ESTUDO DE CASO EM
PROPRIEDADES RURAIS DE SILVÂNIA, GOIÁS.**

GOIÂNIA

2020



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
GERÊNCIA DE CURSOS E PROGRAMAS INTERDISCIPLINARES

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO (TECA) PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES

E DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a [Lei 9.610/98](#), o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo das Teses e Dissertações disponibilizado na BDTD/UFG é de responsabilidade exclusiva do autor. Ao encaminhar o produto final, o autor(a) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

1. Identificação do material bibliográfico

Dissertação Tese

2. Nome completo do autor

Hayla da Silva Fernandes

3. Título do trabalho

ADOÇÃO DE TECNOLOGIA NA PECUÁRIA LEITEIRA E CONSERVAÇÃO AMBIENTAL: ESTUDO DE CASO EM PROPRIEDADES RURAIS DE SILVÂNIA, GOIÁS

4. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador)

Concorda com a liberação total do documento SIM NÃO¹

[1] Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante:

a) consulta ao(à) autor(a) e ao(à) orientador(a);

b) novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo da tese ou dissertação.

O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

Obs. Este termo deverá ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor.



Documento assinado eletronicamente por **Fausto Miziara, Coordenadora de Pós-Graduação**, em 03/05/2021, às 16:20, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **HAYLA DA SILVA FERNANDES, Discente**, em 05/05/2021, às 18:02, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **2042743** e o código CRC **78D70CE6**.

HAYLA DA SILVA FERNANDES

**ADOÇÃO DE TECNOLOGIA NA PECUÁRIA LEITEIRA E
CONSERVAÇÃO AMBIENTAL: ESTUDO DE CASO EM
PROPRIEDADES RURAIS DE SILVÂNIA, GOIÁS.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, da Pró-Reitoria de Pós-Graduação da Universidade Federal de Goiás como requisito para obtenção do título de mestre em Ciências Ambientais.

Área de Concentração: Estrutura e Dinâmica Ambiental
Linha de pesquisa: Pecuária e tecnologia

Orientador: Prof. Dr. Fausto Miziara

Coorientadora: Professora Dra. Rosane Garcia Collevatti

GOIÂNIA

2020

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Fernandes, Hayla
ADOÇÃO DE TECNOLOGIA NA PECUÁRIA LEITEIRA E
CONSERVAÇÃO AMBIENTAL [manuscrito] : ESTUDO DE CASO EM
PROPRIEDADES RURAIS DE SILVÂNIA, GOIÁS / Hayla Fernandes. -
2021.
CXVII, 117 f.: il.

Orientador: Profa. Dra. Fausto Mizziara; co-orientadora Dra.
Rosane Garcia Collevati.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Pró
reitoria de Pós-graduação (PRPG), Programa de Pós-Graduação em
Ciências Ambientais, Goiânia, 2021.

Bibliografia. Anexos. Apêndice.

Inclui mapas, tabelas, lista de figuras, lista de tabelas.

1. Cerrado. 2. Antropização. I. Mizziara, Fausto, orient. II. Título.

CDU 502/504



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

GERÊNCIA DE CURSOS E PROGRAMAS INTERDISCIPLINARES

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Ata nº **010** da sessão de Defesa de Dissertação de **Hayla da Silva Fernandes** que confere o título de Mestre(a) em Ciências Ambientais, na área de concentração em **Estrutura e Dinâmica Ambiental**.

Ao/s **vinte e dois dias do mês de dezembro de 2020**, a partir das **08:30h**, via Google Meet: <<https://meet.google.com/kqc-ccto-nqs>>, **cuja participação ocorreu através de videoconferência**, realizou-se a sessão pública de Defesa de Dissertação intitulada **“ADOÇÃO DE TECNOLOGIA NA PECUÁRIA LEITEIRA E CONSERVAÇÃO AMBIENTAL: ESTUDO DE CASO EM PROPRIEDADES RURAIS DE SILVÂNIA, GOIÁS”**. Os trabalhos foram instalados pelo Orientador, Professor Doutor **Fausto Miziara (FCS/UFG)**, com a participação dos demais membros da Banca Examinadora: Professora Doutora **Daniela de Melo e Silva - ICB/UFG**, membro titular interno; Professor Doutor **Victor Rezende Moreira Couto - EVZ/UFG**, membro titular externo. Durante a arguição os membros da banca **não fizeram** sugestão de alteração do título do trabalho. A Banca Examinadora reuniu-se em sessão secreta a fim de concluir o julgamento da Dissertação, tendo sido a candidata **aprovada** pelos seus membros. Proclamados os resultados pelo Professor Doutor **Fausto Miziara**, Presidente da Banca Examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, lavrou-se a presente ata que é assinada pelos Membros da Banca Examinadora, aos **vinte e dois dias do mês de dezembro de 2020**.

TÍTULO SUGERIDO PELA BANCA



Documento assinado eletronicamente por **HAYLA DA SILVA FERNANDES, Discente**, em 28/01/2022, às 16:19, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Daniela De Melo E Silva, Professor do Magistério Superior**, em 24/02/2022, às 21:18, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Victor Rezende Moreira Couto, Professor do Magistério Superior**, em 08/03/2022, às 20:37, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Fausto Miziara, Coordenadora de Pós-Graduação**, em 14/03/2022, às 11:17, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

A autenticidade deste documento pode ser conferida no site
https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?



[acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0](#), informando o código verificador **2650144** e o código CRC **35B9B641**.

Referência: Processo nº 23070.058125/2020-52

SEI nº 2650144

Ao meu pai Ilídio, que sempre me incentivou a ir além.

A minha mãe e meu irmão que são partes de mim.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Dr. Fausto Miziara, pela orientação e apoio na elaboração dessa dissertação. Agradeço ainda a paciência e confiança que eu conseguiria chegar aqui.

À professora e coorientadora Dra. Rosane Garcia Colevatti pelos desafios constantes e apoio especialmente na finalização deste trabalho.

À Juliana Silveira por todo o apoio na parte estatística. À toda equipe do PELD que disponibilizou prontamente todos os dados utilizados neste trabalho.

À Universidade Federal de Goiás (UFG) e ao Programa de pós graduação em Ciências Ambientais (CIAMB/PRPPG) e todo corpo docente, discente e administrativo.

RESUMO

A necessidade de produção de alimento deve se coadunar com a proteção ambiental, lembrando que além de ser responsável pela ocupação de áreas nativas também causa impactos importantes na paisagem. A necessidade de produzir alimentos para abastecer uma população mundial crescente também traz o desafio de aumentar a produtividade das propriedades diminuindo o impacto por unidade de alimento produzido. A pecuária é a principal responsável pela antropização de biomas no Brasil, e a atividade leiteira tem grande importância e está presente em partes importantes das propriedades rurais brasileiras, caracterizada por grande diversidade de perfil de produtores, produção majoritariamente a pasto e grande heterogeneidade no emprego de tecnologia. As respostas aos desafios apresentados, de modo geral, implicam em adoção de um padrão tecnológico que consiga articular maior produtividade e menor impacto ambiental. Assim, foi analisada a relação entre padrão tecnológico e impactos ambientais em propriedades leiteiras no Município do Silvânia, GO. Foi trabalhada o emprego de tecnologia nestas propriedades e a conservação da vegetação, com locais fornecidos pelo Programa de Pesquisa de Longa Duração (PELD). Na pesquisa foi verificado que as propriedades que utilizavam mais tecnologia na sua produção impactavam menos o ambiente, medido neste trabalho na forma de indicadores de conservação, além de serem mais produtivas, ou seja, diluindo o impacto por animal no litro de leite produzido. Portanto há um forte indicador de relação positiva entre adoção de tecnologia e menor impacto ambiental. Cabe ressaltar que as propriedades que utilizam a tecnologia inseminação artificial também apresentam maior produtividade (produção de leite em relação ao número de animais total) em comparação com fazendas que não utilizavam. Uma maior eficiência na utilização de recursos produtivos de modo geral também está positivamente associada com menor impacto ambiental.

Palavras chave: Cerrado, antropização.

ABSTRACT

The necessity to produce food should incorporate environmental protection, knowing that it's the main responsible for occupation of land and native areas also causes important impacts at the landscape. Produce food to supply a world growing population brings the challenge of increase productivity of properties decreasing the impact per unit of feed produced. Cattle raising is the main responsible for anthropization in Brazilian biomes, and especially dairy activity are very important and present in most of Brazilian properties, characterized by a big range of diversity producer profiles, majority by pasture systems and big heterogeneity in the technology employment. The answers to challenges presented, in general way, imply in a standard of technology adoption who can articulate a better productivity and less environmental impact. Thus, this research looked for measure the relationship between the technology standard and environmental impacts in dairy properties at Silvânia, Goiás. Were worked the technology employee on that and conservation rates of vegetation local provided by Long Term Research Program (PELD) to generate the present work. In this research was verified that properties who utilized more technology impacted less the environment, measured by conservation indicators, besides be more productive, diluting the impact per milk litter produced. Therefor there is a strong and positive relationship between adoption of technology and less environmental impact. It is worth mentioning that properties who use artificial insemination also presents more productivity (milk production in relation with total number of animal at the farm) in comparison with farms non users. A bigger efficiency at utilization of productive resources in general way also are associated with less environmental impact.

Keywords: Cerrado, anthropization.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1: Localização do município de Silvânia, Goiás 13
- Figura 2- Adaptado. Área de cerrado no território brasileiro onde em verde são as áreas florestais e savânicas e em amarelo área de pastagem. 16
- Figura 3: Emissão de gases de efeito estufa por quilograma de leite produzido versus produtividade por animal/ano 21
- Figura 4: Distribuição da vegetação natural (habitat) nas fazendas produtoras de leite no COFA-PELD projeto de longa duração paisagem. (A) Distribuição das fazendas com reserva natural. (B) Porcentagem de vegetação natural (habitat) nas fazendas. O tamanho do círculo é proporcional ao valor da porcentagem seguindo as legendas. 36
- Figura 5: Localização espacial das propriedades segundo registro CAR e devidas populações existentes segundo legenda. 37
- Figura 6: Distribuição espacial das 25 propriedades produtoras de leite no COFA-PELD projeto paisagem de longa duração. (A) Mapa do Brasil com área de estudo destacada. (B) Uso da terra no mapa COFA-PELD paisagem destacando as 25 propriedades. Uso da terra categorizado Segundo legenda. A reserve Floresta nacional está destacada no mapa. 43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Características dos sistemas de produção americanos de 1944 e 2007 28

Tabela 2: Caracterização de 25 propriedades produtoras de leite no COFA-PELD projeto de longa duração. Números de 1 a 25 correspondentes ao limite de cada fazenda na figura B1 Apêndice 3. IIC é o Índice Integral de Conectividade (para 100. 300. 500 ou 1000 metros em dispersão de distâncias e valor médio). 40

Tabela A1. Caracterização de 25 propriedades produtoras de leite no COFA-PELD projeto de longa duração. Números de 1 a 25 correspondentes ao limite de cada fazenda na figura B1 Apêndice B. IIC é o Índice Integral de Conectividade (para 100. 300. 500 e 1000 metros em dispersão de distancias e valor médio). 105

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 TECNIFICAÇÃO DE PECUÁRIA E O MEIO AMBIENTE	15
2.1 O Brasil como grande produtor de alimento	15
2.2 A produção de leite	18
2.4 Gases de efeito estufa advindos da produção animal	19
2.5 Uso de Fertilizantes	22
2.6 Uso de Pesticidas	25
2.7 Indicadores de adoção de tecnologia	26
3 METODOLOGIA	35
3.1 Local de estudo	35
3.2 Levantamento dos dados	38
3.3 Status de conservação das propriedades produtoras de leite	39
3.4 Análise estatística	41
4 RESULTADOS	43
5 DISCUSSÃO	49
6 CONCLUSÃO	51
REFERÊNCIAS	52
ANEXO I - ARTIGO	60
RESEARCH ARTICLE	60
Conflict of Interest Statement	72
Author Contributions	72
ANEXO II - QUESTIONÁRIO	99
ANEXO III – TABELAS	105
ANEXO IV - FIGURA	116

1 INTRODUÇÃO

A população mundial está em pleno crescimento até 2050 deve chegar a 9,5 bilhões de pessoas. Hoje 850 milhões de pessoas no mundo estão em estado de insegurança alimentar e a necessidade produção de proteína se faz presente. Segundo FAO (2015) o rebanho bovino mundial em 2012 contava com 1,5 bilhão de cabeças e a demanda por proteína de origem animal crescerá na ordem de 1,3% ao ano até 2050. O mundo todo produziu em 2012 cerca de 67 bilhões de quilogramas de carcaça bovina e 625 bilhões de quilogramas de leite. Essa produção precisa crescer na ordem de 40% até 2050. (FAOSTAT, 2014) (SAATH & FACHINELLO, 2018) (FAO, 2015).

No Brasil, as pastagens correspondem à mais significativa forma de uso da terra. Segundo o LAPIG (2019) a área total de pastagens é de 182 milhões de hectares. Grande parte dessa área de pastagem está significativamente degradada segundo LAPIG (2019) a área com algum indício de degradação corresponde a 99 milhões de hectares ou mais de 50% do total de pastagens.

A pecuária como um todo é responsável por 31% da emissão de gases de efeito estufa no Brasil, a produção de leite responde por 3% da emissão (MMA, 2017). Além da produção de metano propriamente dita, a pecuária impacta o ambiente de diversas outras maneiras que serão abordadas ao longo deste trabalho, mas vale citar: Potencial desmatamento para abertura de áreas de pastagem, degradação de solos, eutrofização da água, uso de combustíveis fósseis em toda a cadeia de produção, destruição de nascentes, etc.

Neste contexto, o Brasil tem se apoiado firmemente no agronegócio, sendo a pecuária um dos pilares econômicos do país. O PIB brasileiro em 2018, segundo IBGE foi de R\$ 6,8 trilhões de reais e o agronegócio contribuiu com cerca de 20% deste valor. Ainda o setor agropecuário no Brasil, segundo o IBGE, 2017 é responsável pela geração de 7 milhões de empregos e 15 milhões de pessoas ocupadas. (NEVES, 2012)

É importante ressaltar que mais de 90% do rebanho nacional são dedicados a produção de carne. Segundo IBGE, 2017 o Brasil conta com 172.7 milhões de cabeças bovinas sendo que desse total 11 milhões são rebanho produtor de leite, produzindo cerca de 30 bilhões de litros de leite comercializado anualmente em 1.1 milhão de estabelecimentos (90% disto são produtores familiares). Em Goiás são 72

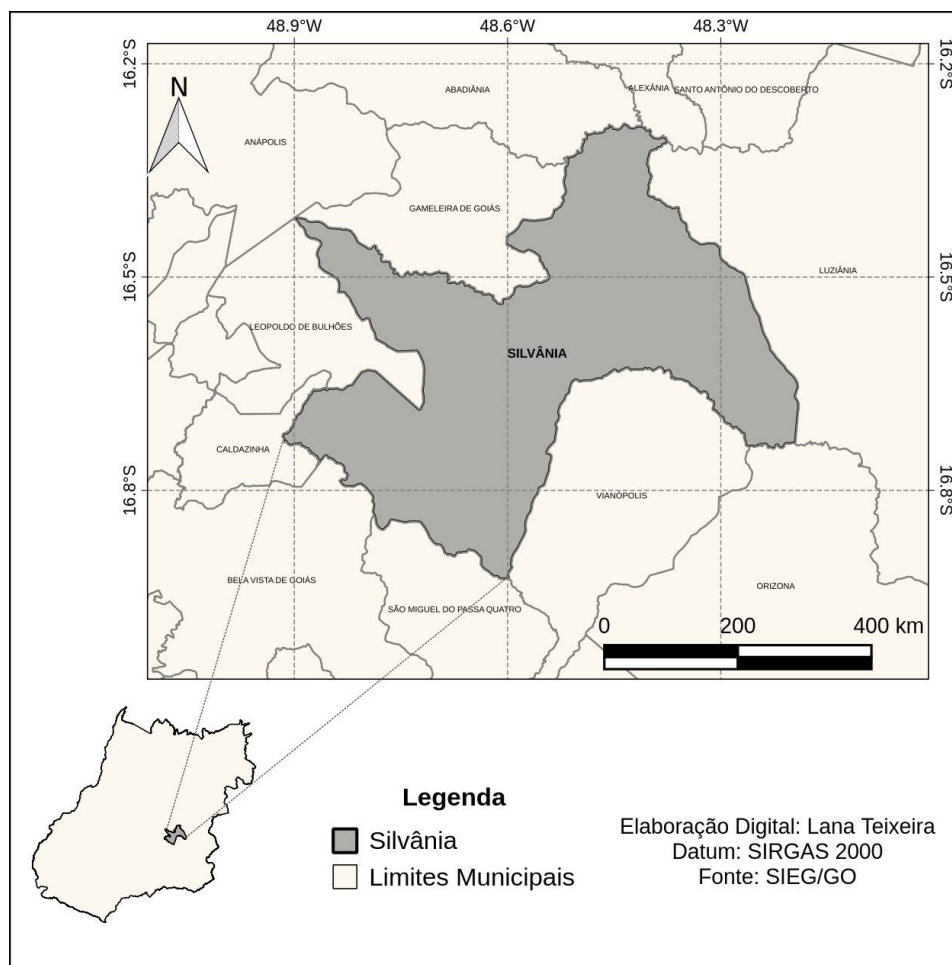
mil propriedades produtoras de leite com pouco mais de 1 milhão de vacas ordenhadas. (IBGE, 2017) dessa maneira a produção de leite no Brasil é uma das principais atividades agropecuárias e com grande importância social e econômica, pela geração de renda e pela possibilidade de exploração em terras pequenas.

Com as crescentes restrições ambientais contra o desmatamento o grande desafio para a produção animal a pasto no Brasil será a sua modernização, ou seja, o aumento da eficiência de produção que se dá em grande parte com adoção de tecnologias. A recuperação de pastagens degradadas tem sido apontada uma das alternativas principais para a expansão da produção sendo necessário dinamizar a geração de tecnologias de recuperação e manejo de pastagem e superar barreiras para a adoção dessas tecnologias pelos produtores rurais. (DIAS FILHO, 2011). Além disso, a adoção de tecnologias que intensifiquem ainda mais a atividade são de suma importância para o setor como: nutrição, estruturação física da fazenda, assistência técnica, melhoramento genético, técnicas de reprodução, etc.

Posto isso, discutir e elucidar como a adoção de tecnologias específicas na pecuária de leite se relaciona com a melhoria da produtividade e como está relacionada com o impacto ambiental das propriedades é de suma importância e urgente para o Brasil.

Para trabalhar esse tema foi escolhida a região do Programa de pesquisa ecológica de longa duração (PELD), que desenvolve pesquisas para avaliação da unidade de conservação e remanescentes florestais e de cerrado em seu entorno, e também os impactos antrópicos sobre a biodiversidade na microbacia do Rio Vermelho em Goiás, na região de Silvânia (Fig.1). Um dos instrumentos utilizados foi um questionário aplicado a 25 produtores na região de atuação do PELD no entorno da Floresta Nacional de Silvânia (FLONA) buscando entender como se dá a adoção de tecnologia na região e se esta tem relação positiva ou negativa com os dados ambientais já consolidados nas pesquisas do PELD, na mesma região. Como as propriedades em questão são majoritariamente produtoras de leite o foco da pesquisa será sobre a produção de leite.

Figura 1: Localização do município de Silvânia, Goiás.



Fonte: SIEG/GO

A pressão pela diminuição da degradação ambiental advinda da pecuária é importante, porém o setor também se mostra como importante lastro nacional financeiro e na produção de alimento. Assim a necessidade de intensificar a produção é uma realidade e uma urgência. Crescer em produtividade implica aumentar a produtividade e usar tecnologias disponíveis ao produtor. Dessa forma o presente trabalho visa elucidar as seguintes questões de pesquisa:

“Existe relação entre a adoção de tecnologia e indicadores ambientais?”

“Quais indicadores de uso de tecnologia estão mais relacionados positiva ou negativamente com indicadores ambientais?”.

O objetivo deste estudo é avaliar a relação entre a tecnificação das propriedades rurais produtoras de leite em Silvânia e o nível de conservação dentro das mesmas.

Com base nessas perguntas a dissertação foi desenvolvida assumindo a hipótese abaixo:

“A adoção de tecnologia e indicadores ambientais está positivamente relacionada, em fazendas produtoras de leite em Silvânia, Goiás.”

2 TECNIFICAÇÃO DE PECUÁRIA E O MEIO AMBIENTE

Em um quadro de crise econômica mundial, a demanda por alimentos de uma população que deverá chegar a 9,5 bilhões de pessoas até 2050 impõe às lideranças globais o desafio de aumentar a produção agrícola e pecuária de maneira sustentável (FAO, 2017). Para responder a essa demanda, a produção mundial de alimentos deverá crescer cerca de 70% (FAO, 2017). O consumo anual *per capita* de leite e derivados no Brasil está em 173 litros por ano, segundo EMBRAPA, 2019. Segundo FAO, 2015 a disponibilidade de leite *per capita* é de 109 litros por ano.

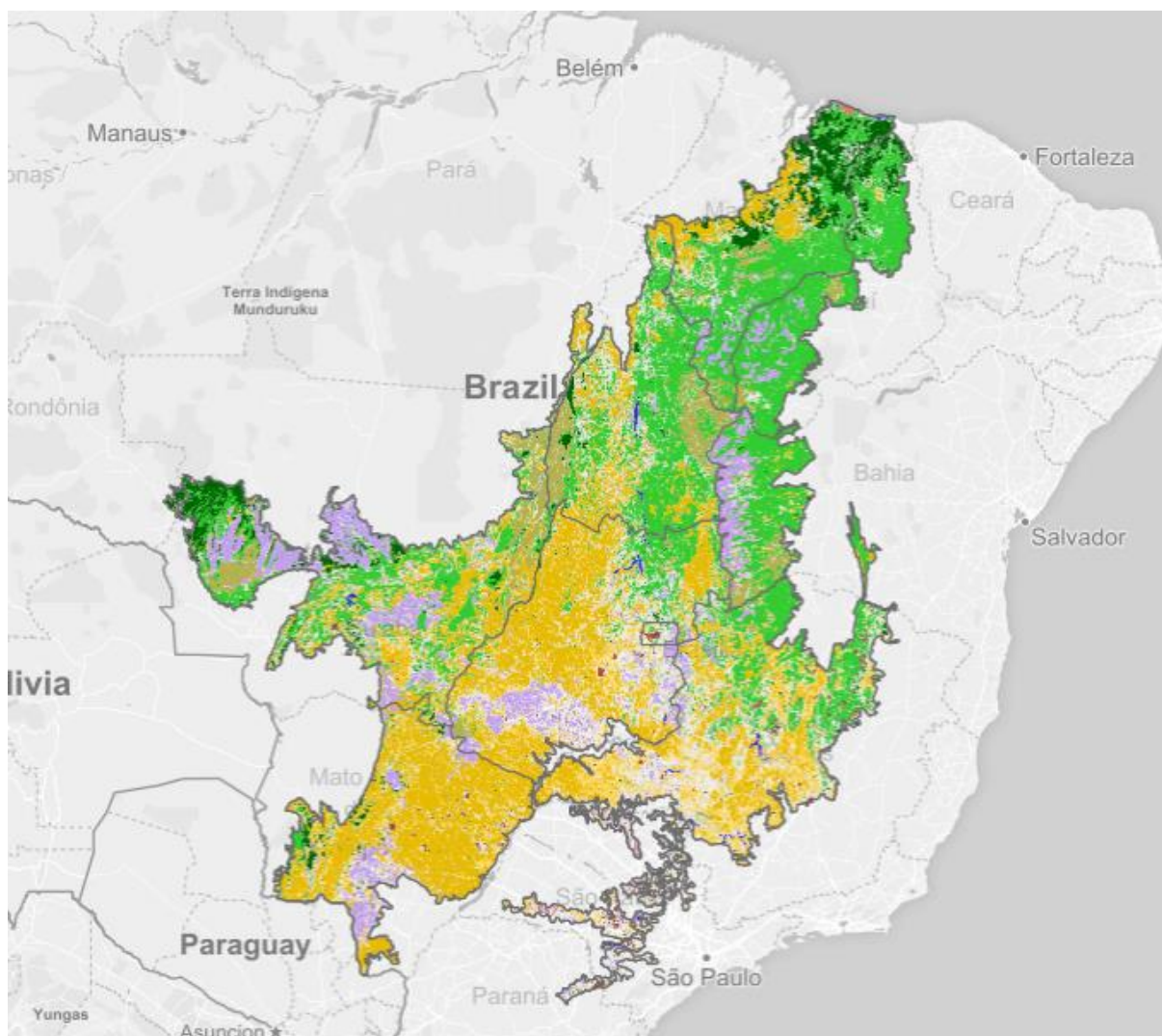
Nos últimos anos, a pecuária desenvolvida a pasto em áreas de fronteira agrícola do Brasil vem sofrendo diversas transformações, em decorrência da busca por maior eficiência (i.e., produzir mais em menor área). (DIAS FILHO, 2011). Diversas áreas do cerrado já não são mais áreas de fronteira agrícola, porém passaram por este processo há anos e ainda sofrem com a subutilização das áreas abertas, degradação e baixa tecnificação dos produtores.

As razões para a mudança de um modelo de produção com pouca tecnologia têm sido, entre outras, as crescentes pressões pela diminuição do desmatamento e a maior disponibilidade de tecnologia para o aumento da produtividade das pastagens intensivas de manejo da pastagem (DIAS FILHO, 2010).

2.1 O Brasil como grande produtor de alimento

A atividade pecuária é notadamente destacada no bioma Cerrado, *hotspot* de biodiversidade e onde estão cerca de 53 milhões de bovinos distribuídos em aproximadamente 59 milhões de hectares (ver figura 2) de pastagens o que corresponde a 29% da área total de Cerrado (LAPIG, 2017). Ainda é importante destacar que da área total mapeada como cerrado compreende cerca de 2 milhões de quilômetros quadrados, onde 797 mil km² são áreas consideradas antropizadas. (MMA, 2007).

Figura 2- Adaptado. Área de cerrado no território brasileiro onde em verde são as áreas florestais e savânicas e em amarelo área de pastagem.



Fonte: LAPIG, 2020

Dentre os fatores que incrementaram o crescimento da produtividade estão os investimentos duradouros em pesquisa agrícola que possibilitaram que o Brasil alcançasse tecnologias mais avançadas para a agricultura tropical. Essas pesquisas produziram melhores tecnologias de cultivo e pecuária e disponibilizaram aos produtores e à agroindústria, notadamente as tecnologias tropicais que tornaram possível a incorporação do cerrado brasileiro em uso produtivo.

O extensionismo rural no Brasil tem um papel preponderante, pois é responsável pela transferência e difusão de técnicas de trabalho e produção orienta o produtor em sua atividade e leva opções disponíveis para adoção de tecnologias e implementação correta das mesmas. (GONÇALVES, et al, 2014). Neste trabalho

verificamos que a presença de técnico teve um papel importante na produtividade do estabelecimento.

De acordo com Dias Filho, (2014), o uso adequado da tecnologia na pecuária foi responsável pelo que foi denominado de efeito “poupa-terra”. Estimativa de Valentim e Andrade (2009) para a Amazônia Legal indica que tais ganhos de produtividade da pecuária permitiram que, entre 1975 e 2006, fosse evitada a incorporação de 147,5 milhões de hectares dos biomas Amazônia e Cerrado para a formação de novas áreas de pastagens.

A literatura aponta que a base dessa modernização deverá ser o melhoramento das pastagens por meio da melhor utilização das áreas abertas, que atualmente se encontram improdutivas (abandonadas) ou com baixa produtividade (subutilizadas), reduzindo desmatamentos e tornando a atividade mais produtiva e sustentável (DIAS FILHO, 2010; DIAS FILHO, 2008; ANDRADE, 2006; DIAS FILHO, et al., 2008). Isto é, o aumento da produtividade e a preservação ambiental deverão ser o foco central dessa modernização, conciliando a crescente demanda mundial por proteína animal com a redução dos desmatamentos (DIAS FILHO, 2011).

Dessa forma, considerando que os índices zootécnicos dessas pastagens estão abaixo do seu real potencial produtivo, seria possível afirmar que, com a recuperação dessas áreas, a atual produção de carne e leite dessas regiões poderia elevar-se consideravelmente, sem a necessidade de derrubar uma só árvore. Para cada hectare de pastagem recuperada, pelo menos 2 ha de vegetação natural (floresta, cerrado, caatinga etc.) deixariam de ser desmatados. Ademais, esse aumento de produtividade permitiria que parte das áreas atualmente sob pastagens nessas regiões, fosse convertida para outros fins agrícolas, florestais ou de preservação (DIAS FILHO, 2011).

A tecnologia tem papel fundamental em viabilizar e acelerar esse processo. De diferentes maneiras se tenta mensurar o uso de tecnologias na pecuária no mundo, tanto na atividade leiteira quanto de corte. Indicadores de uso de tecnologia entram como peças fundamentais nessa discussão para elencar quais tecnologias têm maior peso e maior relação entre uso e resultados em produtividade.

2.2 A produção de leite

A atividade leiteira, objeto de estudo desta pesquisa, está entre as seis mais importantes da agropecuária brasileira, desempenhando função relevante no desenvolvimento econômico e social do País. Saímos de uma produção de 7 bilhões de litros por ano na década de 1970 para 35 bilhões em 2017 segundo a base histórica IBGE. O Brasil é o quinto maior produtor de leite do mundo e Minas Gerais, o principal estado produtor brasileiro, Goiás está em quarto lugar (IBGE, 2016).

Apesar da expressiva produção em volume, o Brasil não é uma referência em produtividade, que pode ser pelas características da estrutura de produção, em sua maior parte formada por pequenos produtores que tem pouco acesso à tecnologia (NASCIMENTO, et al. 2012)

De acordo com dados do IBGE de 2017, o rebanho leiteiro corresponde a cerca de 11,5 milhões de vacas em lactação, que produzem 30 bilhões de litros por ano, com média de 7,18 litros/vaca/dia ou 2.300 litros ao ano e de 70 litros diários por fazenda produtora. Em Goiás, foram ordenhadas 1.086.239 vacas resultando numa produção de 2.670.391 mil litros de leite (volume anual) com média de 101 litros por fazenda por dia e produtividade por vaca dentro da média nacional.

Como referência podemos citar a produtividade média por propriedades americanas que está em 2 mil litros/dia e neozelandesas que está em 3 mil litros/dia. (NARDI, et al, 2016). O país mais produtivo do mundo é a Coreia do Sul, com 10.000 litros por vaca por ano em seguida vem os Estados Unidos que contam com uma produção média de 9.000 litros por vaca por ano. A Argentina, México, Nova Zelândia, Austrália tem média de produção entre 3.000 e 6.000 litros por vaca por ano (CONAB, 2019) (EMBRAPA, 2019). O Brasil segue numa tendência mundial de diminuir o número de estabelecimentos produtores, aumentar o número de vacas em cada propriedade e ainda crescer em produtividade. (IBGE, 2017)

Em vista de todo esse cenário de baixa produtividade, mas grande potencial, um estudo da Embrapa de 2006 (TUPY, et al 2006) traz dados interessantes de tecnificação do produtor familiar com ganhos expressivos e melhora na eficiência da fazenda. A lista de itens que determinariam a tecnificação das propriedades rurais serviu de base para confecção do questionário aplicado a produtores neste trabalho. O conjunto de técnicas envolve: Manejo de pastagem, utilização de suplementação de volumoso e ureia no período seco, exames de tuberculose e brucelose, reposição

e preservação de matas ciliares, plantio de árvores para sombreamento. Além disto destaca-se a importância da gestão e controle zootécnico da fazenda com utilização de planilhas para controle reprodutivo, rotina de ordenha, identificação e apartação correta dos animais, melhora no padrão genético dos animais, dados climáticos e toda a parte financeira e planejamento que são fundamentais para a sustentabilidade da atividade e maior fixação das famílias no campo.

2.4 Gases de efeito estufa advindos da produção animal

A emissão de gases de efeito estufa (GEE) é tema central da problemática ambiental envolvendo produção de alimentos no mundo todo, apesar de outros indicadores como poluição de água, degradação de nascentes, diminuição de flora e fauna locais, mudanças na natureza do solo (acidificação, pedregosidade, fertilidade, etc.) também serem importantes na avaliação dos impactos causados pela produção agropecuária (VESCHI, et al 2010).

Os principais gases relacionados ao aquecimento global são: Dióxido de Carbono (CO_2), Metano (CH_4) e Óxido Nitroso (N_2O). Em relação ao potencial de aquecimento global, o CH_4 é importante no efeito estufa pois absorve 23 vezes mais radiação ultravioleta por molécula se comparado ao CO_2 . Já o N_2O absorve 295 vezes mais calor do que o CO_2 . (BERNDTH, 2010)

O cálculo de emissão de GEE é feito primeiramente em busca do fator denominado “Mudança Climática”, (do inglês *Climate Change*, ou CC) que a partir de um modelo matemático converte a emissão de três tipos de GEE: CO_2 , CH_4 e N_2O em equivalentes de CO_2 usando o modelo GWP_{100} . Além disso, toda a energia gasta no processo também é convertida em equivalentes de CO_2 como: energia primária, combustível, gás natural, consumo de energia, etc. (GERBER et al., 2013) como será visto mais adiante

As emissões de gases de efeito estufa (GEE) pelas diferentes espécies produtoras de proteína animal (suínos, frangos e bovinos basicamente) é estimada em 7,1 Giga-toneladas de equivalentes de CO_2 por ano, o que representa cerca de 14,5% de todas as emissões GEE causadas pela humanidade (GERBER et al., 2013). O rebanho mundial de bovinos é de 1,5 bilhões de cabeças correspondendo a 65% da emissão total por animais de produção ou 4,5 Giga-toneladas de CO_2 equivalentes por ano (FAO, 2015).

Os valores de emissão de GEE ainda são controversos, alguns estudos apontam de 2% a 4% da emissão total de GEE de origem antrópica. Segundo a FAO, 2015 a quantidade de CO₂ calculada na produção de leite é de 2.8 kg por quilo de leite (corrigido para proteína e gordura). Porém THOMA et al. 2013, relatam que nos Estados Unidos esse total é de 2.05 kg mas que estritamente na produção de leite onde se concentra a maior parte da emissão de GEE é possível atingir 0.45 kg segundo o mesmo estudo. Como será descrito neste trabalho existem variações entre sistemas de produção e emissão de equivalentes de CO₂, pois à medida que a produtividade aumenta por animal a quantidade de equivalentes de CO₂ se dilui, baixando significativamente. A Figura 2 ilustra este efeito.

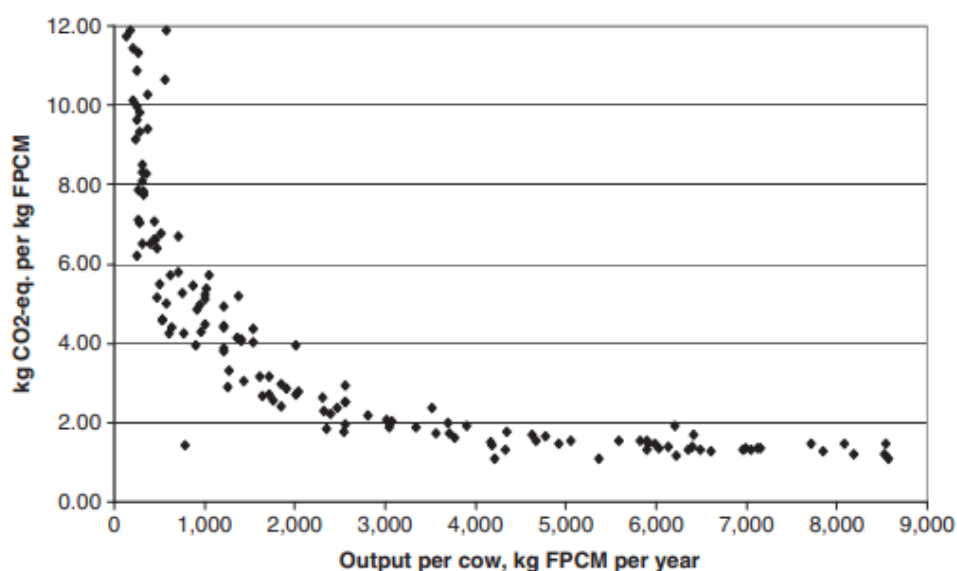
É preciso ainda dividir a produção de GEE ao longo da cadeia em duas grandes vertentes. A primeira: GEE advindos de fermentação entérica, responsável por 43% a 46% do total de emissão dos bovinos. A segunda por sua vez relacionados ao processo de produção de alimento para os animais, responsável por cerca de 34%. (FAO, 2015). Como será descrito neste trabalho, existem muitas tecnologias disponíveis para diminuir efetivamente a emissão de GEE, seja atuando propriamente na diminuição da emissão, seja aumentando a produtividade dos animais fazendo o efeito de diluição, porém infelizmente ainda não são facilmente acessíveis aos produtores, seja por falta de informação, preço, dificuldade de uso e consciência ambiental.

Especificamente sobre a emissão na produção de leite, Capper et al, (2007) mostram que de 1944 a 2007 nos Estados Unidos foi produzido 1 bilhão de litros de leite, porém em 2007 foram necessários menos recursos a saber: 21% dos animais, 23% dos alimentos, 35% do volume de água e apenas 10% da ocupação de terra. Além disso demonstrou-se no mesmo estudo que em 2007 houveram menos resíduos da atividade: 24% do esterco, 43% de CH₄, 56% do N₂O. Em resumo, a pegada de carbono de 2007 foi 37% da pegada de 1944. Demonstrando a importância ambiental da tecnificação na produção leiteira.

O estudo de Gerber et al, (2011) aponta que a toda a cadeia de produção e abastecimento de leite gerou 1.969 milhões de toneladas de equivalentes de CO₂ sendo 1.328 advindos do leite e 490 da carne produzida pelo descarte dos animais, sendo responsável por 4% da emissão total antropogênica onde 2,7% da emissão vem diretamente da produção leiteira. Este estudo ainda ressalta que países desenvolvidos produzem cerca de 1kg de equivalentes de CO₂ por litro de leite,

enquanto países subdesenvolvidos chegam a 7 kg de equivalentes de CO². Do total de gases emitidos, temos que aproximadamente 52% é metano, 27% óxido nítrico e 21% de dióxido de carbono, com variações entre países mais e menos produtivos. Os países com menor emissão por litro de leite foram os que notadamente investiram no desenvolvimento da atividade com emprego de tecnologia na nutrição, fertilização do solo, material genético, saúde animal e melhor uso da energia. (GERBER et al 2011). Na Figura 3 é possível verificar o efeito de diluição conforme os animais se tornam mais produtivos.

Figura 3: Emissão de gases de efeito estufa por quilograma de leite produzido versus produtividade por animal/ano



Fonte: GERBER, et al 2011

A emissão de GEE, pode ser significativamente reduzida com o emprego de tecnologias já disponíveis, mas que ainda não são amplamente adotadas pelos produtores, especialmente nos países em desenvolvimento ou emergentes, como é o caso do Brasil. A conversão alimentar nesse contexto (relação entre a quantidade de alimento consumido e transformado em produto como carne, leite ou ovos) é influenciada tanto pela genética do animal quanto por outros fatores como manejo da cultura, qualidade do alimento (variedade plantada, momento de colheita, manejo da plantação, conservação), manejo nutricional (divisão de grupos de animais similares em categorias, estratégias nutricionais), formulação da dieta para menor perda de

gases entéricos e uso de aditivos alimentares que podem promover melhora em vários pontos. (NARDI, et al 2016)

A adoção de tecnologias e melhora nas práticas dentro das propriedades pode levar a reduções significativas das emissões de GEE, porém passa obrigatoriamente pela necessidade de políticas públicas, incentivos ao uso, capacitação e conscientização da mão de obra, produtores e demais participantes das cadeias produtivas. (NARDI, et al 2016) (FAO, 2015).

Haggeman et al (2011) realizou um estudo comparando 38 países produtores de leite e suas emissões de GEE. Estes países são responsáveis por 70% da produção de leite bovino, portanto os dados são muito ilustrativos. Haggeman, et al (2011) relatou em estudo que sob diferentes modelos matemáticos o Brasil ocupa um lugar de destaque na produção de GEE quando se trata de produção de leite. Este estudo trabalhou com diferentes metodologias já que existem mais de 30 modelos matemáticos para se calcular a emissão. Na figura 5 é possível observar este comparativo em relação a outros países participantes (o Brasil é BR-25RS)

2.5 Uso de Fertilizantes

A utilização de fertilizantes minerais é necessária para manutenção dos níveis de nutrientes do solo, porém a utilização sem critérios traz um impacto ambiental preocupante. (SERRANO, et al, 2014). Fertilizantes sintéticos são predominantemente a base de Nitrogênio (N), Fósforo (P), e Potássio (K) e suas combinações (GERBER, et al., 2013). No Brasil, segundo IBGE (2016), 20% dos estabelecimentos rurais utiliza adubação química (cerca de 1 milhão de estabelecimentos) enquanto 12% utiliza adubação orgânica, 11% adubação mista entre química e orgânica e a grande maioria 58% não declara utilizar nenhum tipo de adubação em suas propriedades (2,9 milhões). Sabe-se que além do carreamento de compostos para lençóis freáticos, mudanças na composição do solo, a utilização de fertilizantes químicos pode prejudicar as populações de bactérias existentes no solo já que estas são dependentes de condições específicas do solo, especialmente pH (PAN, 2014)

O Nitrogênio é o íon utilizado em processos de adubação do solo mais estudado do ponto de vista bacteriológico. Este quando utilizado por longos períodos (5 anos

aproximadamente) causa importantes desequilíbrios em populações bacterianas no solo. (PAN, 2014).

A maior parte do Nitrogênio na terra está disponível como N_2 , em sua maior parte diluída no ar e parte diluída na água dos oceanos, estando apenas 0,002% presentes em tecidos e detritos orgânicos (HOWARTH, 2008). O crescimento da agricultura, especialmente pela aplicação de fertilizantes e aumento da produção de dejetos animais tem contribuído significativamente com o aumento das emissões de óxido nitroso (N_2O) e Óxido Nítrico (NO) na atmosfera, GEE. N_2O especialmente contribui para a diminuição do Ozônio estratosférico e é responsável sozinho por 6% da geração de GEE antropogênico. NO é um importante componente químico da atmosfera regulando o balanço oxidativo da troposfera. (BOUWMAN, 1998).

De acordo com Bouwman, (1998), a emissão de óxidos de nitrogênio advindos de solos tropicais pode ser muito maior do que de solos em áreas temperadas, dependendo menos da composição do fertilizante, como se dizia anteriormente, e mais das condições do solo e o tempo de tratamento. A liberação de óxidos de nitrogênio ocorre por dois processos químicos denominados nitrificação e desnitrificação. A desnitrificação biológica ocorre reduzindo Nitrato (NO_3^-) ou Nitrito (NO_2^-) em óxidos nitrosos gasosos ou N_2 essencialmente por bactérias anaeróbias. Tanto NO_2 quanto NO podem ser produzidos e consumidos por desnitrificação. A desnitrificação química é a redução de NO_2^- e NO_3^- por redutores químicos, enquanto a nitrificação é um processo biológico de oxidação de Amônio (NH_4^+) em NO_2^- ou NO_3^- em condições anaeróbicas.

Após a liberação pelo solo o NO é convertido rapidamente em dióxido de nitrogênio (NO_2), que é novamente absorvido por folhas, sequestrando assim uma importante quantidade de NO e NO_2 . Comparando diferentes culturas e suas emissões temos: em pastagens tropicais em terras argilosas vinda de cinzas vulcânicas a fração de N_2O perdido foi de 6,8% e NO 1,3%, porcentagens muito maiores do que pastagens em áreas temperadas que gira em torno de 1% e 0,5% respectivamente.

A amônia (NH_3) é objeto de estudo há muitos anos por que sua liberação vinda da agricultura pode trazer desequilíbrios ambientais importantes além de efeitos no ciclo do Nitrogênio local e globalmente (ZHANG, 2010). O crescimento da atividade agrícola em todo o mundo além do aumento da produção de carne teve grande

importância no crescimento da quantidade de NH_3 livre. (HOWARTH, 2008). Por ser o constituinte mais alcalino da atmosfera, tem um papel importante no balanceamento acidobásico atmosférico contrapondo as emissões de gases ácidos. Além de enriquecer o solo e água (eutrofização), acidificar a precipitação (através da oxidação de sulfato de amônio em ácidos nítrico e sulfúrico), a Amônia vem sendo vista como o maior fator de formação de partículas atmosféricas e aerossóis secundários se tornando um potencial adverso à vida humana e saúde do ecossistema. Após a aplicação de fertilizantes, ocorre a volatilização da NH_3 o que é um importante via de saída do Nitrogênio do solo resultando numa importante perda de Nitrogênio pelas plantas e pelo solo. Essa Amônia volatilizada representa uma fração importantíssima e em muitos lugares é considerada a segunda fonte mais importante de NH_3 . Em países desenvolvidos entre 10% e 20% das emissões vêm da aplicação de fertilizantes, enquanto em países em desenvolvimento este número está entre 10% e 50%. Na China por exemplo estima-se que 46% da emissão total de NH_3 é advinda da agricultura, representando 25,5% da emissão antropogênica (ZHANG, 2010).

A eutrofização é um dos principais problemas de qualidade da águas superficiais no mundo (SMITH & SCHINDLER, 2008), caracterizada pelo enriquecimento excessivo na água onde havendo condições de luminosidade, temperatura e pH adequados causa crescimento acelerado de *macrófitas* aquáticas e algas que podem gerar grandes perdas na qualidade da água e desequilíbrio biológico no meio aquático (BARRETO, 2013).

Segundo Barreto, 2013 dentre os fatores de maior importância se destacam o aumento das concentrações de Nitrogênio e Fósforo, assim como a velocidade da água, vazão, turbidez, profundidade e temperatura do fluxo de água. Estes nutrientes chegam até rios, córregos e superfícies aquáticas de forma geral, pois estão contidos nos dejetos animais ou em fertilizantes químicos (basicamente Nitrogênio e Fósforo) utilizados na produção de alimento para o gado. A alta concentração enriquece o meio e limita os nutrientes disponíveis para algas e vegetação aquática promovendo assim um crescimento de biomassa. Uma vez que essa biomassa se decompõe, há consumo de oxigênio gerando a morte de peixes e tantos outros organismos aquáticos (FAO, 2015). O aumento da chance de crescimento de bactérias como cianobactérias pode por sua vez tornar o consumo da água tóxico para humanos além de alterar sabor, odor e aspecto. (BARRETO, 2013).

Smith & Schindler (2008) levantam um ponto importante sobre o uso de fertilizantes que é a supersaturação do solo em relação aos nutrientes e sua relação com o aumento da contaminação de águas superficiais, onde em terras que são excessivamente adubadas o excedente de Fósforo e Nitrogênio “vazam” mais facilmente para os cursos d’água e este efeito pode continuar por anos após a diminuição ou interrupção do uso de fertilizantes ou adubação orgânica.

Além dos fertilizantes e dejetos animais, o carreamento de herbicidas, pesticidas, metais pesados, fármacos e hormônios também contribuem para alterações importantes em meios aquáticos não apenas pelo Fósforo, mas por outros componentes que desequilibram todo o ecossistema local. Estes são classificados como poluentes não nutrientes. (BARRETO, 2013 e SMITH & SCHINDLER, 2008).

Além de todo o impacto no ecossistema aquático o fenômeno da eutrofização está relacionado intimamente com danos à saúde humana, fazendo referência ao diagrama de causa e efeito do ciclo de produção de bens onde a água além de recurso para produção é também recurso para manutenção da saúde humana. Smith & Schindler (2008) mostram que doenças relacionadas à qualidade da água são a maior causa de mortes no mundo todo e há relação direta entre a eutrofização e risco de doenças já que dejetos de animais quando depositados em água contaminam-na com coliformes fecais e vírus diversos, além de outros efeitos como: a concentração de Fósforo na água está relacionada com maior replicação de vírus aquáticos e em águas eutrofizadas se observa maior crescimento de Copepod, crustáceo carreador de *Vibrio Cholerae*.

2.6 Uso de Pesticidas

Pesticidas ou agrotóxicos, são agentes físicos, químicos ou biológicos utilizados para alterar fauna ou flora indesejáveis. Podem ser utilizados desde a plantação para consumo animal, até diretamente nos animais ou ainda em produtos armazenados para consumo. Sua utilização começou a partir de 1920 no mundo, em 1960 no Brasil houve um crescimento massivo e em 1975 havia obrigatoriedade de uso condicionando inclusive obtenção de crédito rural. Embora sua utilização tenha contribuído consideravelmente para a segurança alimentar da população, também trouxe novos problemas com os quais devemos lidar como a longa vida destes produtos no solo e produtos de origem animal e seus danos à saúde humana já muito

bem descritos na literatura (MELLO & SILVEIRA, 2012). Os pesticidas são basicamente classificados como: herbicidas, fungicidas, inseticidas, minerais, óleos, desinfetantes, rodenticidas, reguladores de crescimento e outros (GERBER, et al. 2013; MELLO & SILVEIRA, 2012).

Pesticidas são utilizados no mundo todo e estima-se que de 3 a 5 milhões de pessoas no mundo são contaminadas em decorrência do uso desses compostos em lavouras (casos reportados), porém considerando os casos não reportados de intoxicação esse número pode chegar a 25 milhões apenas nos países em desenvolvimento se produz 70% do alimento mundial. O Brasil está em terceiro lugar mundial no uso desses compostos (PERES, 2007). Segundo o último censo agropecuário 33% dos estabelecimentos rurais declaram ter utilizado pesticidas em suas produções (IBGE, 2017). Em levantamento feito por Mello & Silveira, (2012) constatou-se que a presença de organofosforados e carbamatos na maioria dos produtos lácteos analisados, embora a maior parte das amostras estivessem dentro dos parâmetros europeus.

Os riscos para a saúde humana são bem descritos na literatura, tanto no consumo direto por meio de vegetais pulverizados como frutas por exemplo ou indireto por produtos de origem animal, quando provavelmente não se respeitou o período de carência regulamentar, sendo neurotoxicidade e genotoxicidade, os fatores de maior preocupação em relação a saúde pública. (MELLOS & SILVEIRA, 2012).

Além de risco para a saúde humana, o uso de pesticidas é causa importante de contaminação ambiental, especialmente da água superficial ou subterrânea, sendo fonte de grande preocupação. A contaminação de aquíferos ocorre basicamente pelo carreamento de poluentes, urbanos, agrícolas, industriais que suplantam a capacidade de atenuação das camadas do solo (RIBEIRO et al, 2007). A volatilização de pesticidas pode carrear moléculas para locais distantes também. (SANCHES et al, 2003)

A agropecuária pode ser uma importante geradora de contaminantes considerando o uso de pesticidas, fertilizantes, produção de dejetos, entre outros que são especialmente fatores de risco pelo seu mau uso.

2.7 Indicadores de adoção de tecnologia

“Existe relação entre a adoção de tecnologia e indicadores ambientais?”

A adoção ou rejeição de tecnologia tem sido estudada em diversos campos. Modelos têm sido criados e descritos na tentativa de entender melhor como as pessoas tomam decisões de usar ou não tecnologia em diversas aplicações.

Primeiramente vamos discorrer e organizar as tecnologias destacando as mais acessíveis e de mais fácil implementação aos produtores de leite, explicando um pouco de como cada uma atua. No capítulo da discussão de resultados veremos como de fato o uso de algumas tecnologias se relacionam ao dano ambiental na região estudada, com o perfil de produtores entrevistados. Dentre tantos recursos hoje disponíveis ao produtor reunimos as tecnologias e os fatores correlacionados em 8 grandes grupos como: assistência técnica, estrutura física da propriedade, reprodução, nutrição e manejo alimentar, gestão, sanidade e mão de obra. Alguns itens não se encaixam propriamente em nenhum dos grupos, mas serão descritos como adendos ao final.

O metano como discorrido acima é um importante gás de efeito estufa (GEE) e um indicador de eficiência na fermentação ruminal, podendo representar perdas de até 18% da energia bruta da dieta. Portanto a manipulação de dietas a fim de diminuir sua emissão é crucial para que a atividade pecuária seja menos impactante do ponto de vista ambiental. Dentre os carboidratos consumidos dividimos em carboidratos fibrosos, que são basicamente forragens ou como denominamos, volumoso e os não fibrosos. A alteração de tipo de volumoso (capim) e tipo e quantidade de carboidrato não fibroso da dieta assim como uso de aditivos são as principais ações que podem ser empregadas do ponto de vista nutricional. Segundo Johnson & Johnson (1995), estratégias para aumentar a qualidade da forragem fornecida, o uso de carboidratos não fibrosos e de aditivos como os ionóforos, leveduras e ácidos graxos poliinsaturados melhoram a digestibilidade da dieta e a eficiência do metabolismo energético, diminuindo a emissão de metano (RIVIERA, et al 2010).

Em estudo, Capper, et al (2009) demonstraram num comparativo entre a produção americana de leite de 1944 e 2007 que a introdução de tecnologia foi a chave para que a produção de leite se mantivesse em 1 bilhão de litros ao ano, porém com 37% da pegada de carbono de 1944. Na Figura 3 é possível observar o resultado em produtividade quando houve mudanças na dieta dos animais que passaram do pasto para alimentação no cocho, com alimentos mais ricos em energia ou não e utilização de inseminação artificial. Como consequência dessa intensificação houve

acréscimo importante na produção por vaca por ano que era em torno de 2.000 kg e passou à 9.000 kg.

Tabela 1: Características dos sistemas de produção americanos de 1944 e 2007

Variable	1944	2007
Breed	54% Jersey/Guernsey/Ayrshire (small) 46% Holstein/Brown Swiss (large)	90% Holstein
Milk yield per cow, kg/yr	2,074	9,193
Milk fat content, %	4.20 (small breed) 3.60 (large breed)	3.69
Milk protein content, %	3.50 (small breed) 3.20 (large breed)	3.05
Heifer:cow ratio	0.89	0.83
Heifer growth rate, kg/d	0.42 (small breed) 0.59 (large breed)	0.68
Age at first calving, mo	27.0	25.5
Breeding method	100% natural service	70% AI, 30% natural service
Bull:cow ratio	1:25	1:83
Principal forage sources	Pasture, hay	Corn silage, alfalfa silage
Diet type	Forage + concentrate	Total mixed rations

¹Further details of 1944 system characteristics are given in the Materials and Methods section; details of 2007 system inputs and characteristics are presented in Capper et al. (2008).

Os aditivos alimentares são importantes tecnologias e nesse contexto ferramenta poderosa que pode melhorar a conversão de forragens em proteína animal, e aumentar a eficiência da utilização dos nutrientes pela redução de perdas decorrentes de rotas fermentativas que levam a produção de metano e gás carbônico (TEDESCHI, et al. 2003, ELLIS, et al. 2012). A monensina é um dos mais disseminados e antigos aditivos utilizados na pecuária. É um ionóforo atuante sobre bactérias gram-positivas (produtoras de precursores de metano) (TEDESCHI, et al. 2003).

Em Goiás, segundo Faria & Oliveira, (2019), o uso de suplementação mineral ocorre em 96,8% dos estabelecimentos de produção pecuária, onde desses 87% fazem uso de sal mineral e 74,5% de ração concentrada, grãos, silagem, etc. Os suplementos minerais e concentrados podem ser aditivados ou não, todavia não há ainda um levantamento nacional sobre o número de produtores no Brasil e quais aditivos são utilizados.

A nível de escolaridade dos produtores nesse contexto é um importante indicador sobre esclarecimento do que há disponível e sua utilização nas fazendas. A saber esta tem crescido como mostra os Censos Agropecuários do IBGE em 2006 e 2017 em Goiás. Em 2006 os números de referência eram: 14,2% analfabetos, 51,5%

com ensino fundamental, 23,5% com ensino médio e 10,8% com ensino superior. Segundo os dados preliminares de 2016: O analfabetismo recuou para 8,2%, com ensino fundamental foi para 54,1%, ensino médio se manteve bem próximo com valores em 23,2% e com ensino superior houve um incremento para 14,4%. Segundo Faria & Oliveira (2019) esses números são importantíssimos, pois mostram um recuo de mais de 40% no analfabetismo rural declarado e isso é um efeito, entre outros fatores, da necessidade de maior qualificação para trabalhar com as tecnologias disponíveis.

Segundo Gonçalves et al. (2014) a assistência técnica ao produtor rural é um dos fatores mais decisivos para o aumento da produtividade. A extensão rural pode ser definida como a assistência dada ao produtor por técnicos com formação e atuação em diferentes áreas da propriedade seja na gestão, nutrição, reprodução, ou manejo, etc. buscando a sustentabilidade social, ambiental e financeira da atividade além da difusão e transferência de técnicas de trabalho, produção e comercialização. Diferentes fatores podem ser relacionados ao baixo desempenho das propriedades enquanto negócio, mas a falta de gestão ou ausência dela pode ocasionar entre outros problemas, descontrole na compra de insumos, descontrole no fluxo de caixa além do que a má gestão da propriedade afasta o produtor da possibilidade de investir melhor especialmente nos processos que aumentarão sua produtividade e qualidade do produto entregue. Gargalo decisivo especialmente na pecuária leiteira. (GONÇALVES et al., 2014)

Gonçalves et al. (2014) ainda relata que a assistência técnica tem um papel muito importante no acesso a informações pelo produtor que pode muitas vezes, sem grandes investimentos, ter sua realidade mudada. Em Goiás, segundo Faria & Oliveira (2019), o número de propriedades que contam com algum tipo de assistência técnica é de 21,9% do total de estabelecimentos rurais, no Brasil esta proporção está em 36,7%. Vale ressaltar que este levantamento levou em conta orientação técnica tanto agrícola quanto pecuária. A principal assistência é particular, ou seja, contratada pelo próprio produtor, perfazendo um total de 51% das propriedades rurais com assistência técnica de Goiás.

O acesso a crédito é um importante indicador a ser mencionado pois pode ser um fator muito ligado a capacidade de investimento e conseqüentemente de acesso a tecnologias. Em Goiás o número de produtores que tiveram acesso a crédito segundo IBGE, 2017 foi de 22.362 produtores, de um total de 152 mil entrevistados

que obtiveram crédito para investimento, custeio, comercialização e manutenção. Investimento correspondeu a 48,5% dos entrevistados.

A reprodução dentro da produção animal tem um papel fundamental quando se trata de melhora de produtividade e de indicadores de sustentabilidade, pois é a partir dela que um rebanho tem a possibilidade receber melhores condições ambientais e devolver maior produtividade ou desempenho. Segundo Carneiro *et al.* (2010) a eficiência reprodutiva é o fator que, isoladamente, mais impacta a produtividade e lucratividade de um rebanho leiteiro pois a estratégia reprodutiva de uma fazenda vai determinar quantos indivíduos e a qualidade genética destes. Além disso, se uma propriedade é mais eficiente em reprodução, conseqüentemente tem melhor taxa de reposição (viabilizando o descarte voluntário de animais).

Alguns fatores contribuem para o sucesso reprodutivo das fazendas: fertilização e perda de prenhez, manejo alimentar e manejo ambiental. A fertilização e perda de prenhez envolve tudo que diz respeito à condição da vaca após o parto ou seja, seu status sanitário e a condição para receber mais uma prenhez, o que só ocorre com vacas que estejam em boa condição corporal. Em relação ao manejo alimentar a condição necessária é que as fêmeas estejam em balanço energético positivo e com as necessidades básicas de nutrientes atendidas. Por fim o manejo ambiental é relacionado a condição de conforto que esses animais estão submetidos, desde a condição de água para beber, áreas de sombra e até banhos de resfriamento no caso de vacas de leite (CARNEIRO *et al.* 2010). Portanto a questão reprodutiva na pecuária trata-se basicamente da manutenção ou crescimento no número de animais e melhoramento direcionado da população.

Sobre o melhoramento genético, este é basicamente a mudança na composição genética de populações apoiados em dois grandes pilares: Seleção de indivíduos e sistemas de acasalamento visando aumento do desempenho dos animais (melhor potencial genético) e melhor adaptação ao meio. Por meio do uso de biotecnologias é possível acelerar este processo de melhoramento. As biotecnologias disponíveis na pecuária atualmente são: Inseminação Artificial, Transferência de embriões, Sexagem de embriões e espermatozoides, Criopreservação de sêmen e embriões, Fertilização *in vitro* e clonagem. (ALENCAR, 2004)

Segundo Alencar (2004), a inseminação artificial e congelamento de sêmen são as técnicas mais difundidas na reprodução bovina no mundo chegando a 100% em alguns países como Dinamarca. No Brasil segundo, Embrapa (2019) apenas 6% das

vacas no Brasil são inseminadas. Além do baixíssimo uso comparado a outros países, a técnica ainda perde eficiência com a interação de fatores ambientais como estresse térmico e nutrição deficiente, porém a inseminação pode trazer benefícios como: Identificação e seleção de touros superiores tanto de corte quanto de leite, promover o melhoramento genético das populações bovinas, viabilizar a utilização de duas ou mais raças para desenvolvimento de populações compostas e mais adaptadas, mais eficientes, etc. O melhoramento genético na produção de leite pode chegar a 1,5% ao ano. Outro ponto importante além da produtividade individual aumentada é a sexagem de espermatozoides que promove o nascimento a de mais fêmeas, fator crucial para fazendas leiteiras. (EMBRAPA, 2019)

Uma das grandes dificuldades para a implantação dessa tecnologia é o custo. Porém a detecção de cio e a conscientização dos produtores também são tidos como entraves importantes. A transferência de embriões, fertilização *in vitro* e clonagem são biotecnologias disponíveis e importantes, mas ainda de uso restrito no Brasil. (ALENCAR, 2004)

A gestão de propriedades rurais é um grande tema pertinente, pois engloba toda a viabilidade de uma atividade e o processo decisório no decorrer desta. Dentro da adoção de tecnologia, a gestão das propriedades é tema central também pois a decisão pela viabilidade econômica e operacional de uma determinada tecnologia é o que será determinante para a adoção ou não da mesma. Desde procedimentos operacionais como o momento de ordenha de uma vaca e quais produtos utilizar, até a decisão de compra de maquinário agrícola para produção de alimento para os animais, todas as decisões passam pelo gestor que estando munido de dados ou não precisa decidir (NAGAOKA et al. 2011)

De acordo com Nagaoka et al. (2011), muitas vezes esse processo é intuitivo e na maioria das vezes quando o processo é estruturado envolve os seguintes temas: Uso da área disponível, custos de maneira geral como mão de obra, aluguel de terras, insumos, análises destes custos, produtividade por área e por animal, etc. Em levantamento feito Kruger et al. (2009) destacaram que muitas vezes o desafio da gestão rural parte de princípios muito básicos como a divisão de gastos da propriedade e pessoais, até a carência de dados sobre o próprio negócio. Crepaldi, (2006) traz a seguinte listagem de finalidades da contabilidade rural: orientação de operações agrícolas e pecuárias, medição de desempenho econômico-financeiro da empresa, controle de transações financeiras, apoio a tomada de decisões no

planejamento de produção, planejamento de necessidade de crédito e fluxo de caixa, condução de despesas do produtor e sua família, permitir a comparação entre atividades (primordial em áreas com custo de terra elevado), entre outros.

Segundo estudo de Silva et al. (2004) as principais causas de descarte ou morte de animais em propriedades leiteiras é em primeiro lugar alterações na glândula mamária (basicamente mastite), em segundo lugar problemas reprodutivos, depois enfermidades de cascos, e por fim problemas no sistema digestivo. Os descartes neste mesmo estudo ainda se deram por idade avançada dos animais, necessidade de obtenção de capital para incremento de fluxo de caixa. Há, portanto, uma grande importância do tema sanidade em propriedades rurais já que está intimamente ligada à produtividade e sustentabilidade do negócio e portanto, à adoção de tecnologia, que pode melhorar este indicador.

A mastite é a principal enfermidade em prevalência dentro de fazendas leiteiras. Seu impacto além do custo com medicamentos e descarte de leite se dá pela queda significativa da produção e que após o tratamento não retorna aos mesmos patamares. Portanto evitar casos de mastite é crucial para a manutenção dos níveis de uma vaca. Dentre as medidas de prevenção estão: Desinfecção de tetos com solução de *pré* e *pós dipping*, terapia de vaca seca, higienização dos equipamentos de ordenha (OLIVEIRA, 2012).

Gonçalves, *et al* (2014) mostram num relato de caso a importância da Contagem de Células Somáticas (CCS), indicativo de mastite subclínica (quando acima de 200.000 por ml) e é causa de penalização ou não bonificação pelo laticínio já que diminui o rendimento de produtos lácteos (especialmente queijo) e diminui a vida de prateleira. Portanto saber se as fazendas contam com pagamento por qualidade do leite (que envolve além da composição, CCS e contagem bacteriana) é uma variável importante na identificação da tecnologia empregada.

Com a crescente modernização do campo, a mão de obra demandada pelas propriedades rurais no Brasil e no mundo sofreu uma grande mudança. Antes se necessitava de trabalhadores numerosos para trabalhos braçais especialmente de plantio e colheita e atualmente a demanda se dá por trabalhadores mais especializados (BALSADI, 2001). Antes a população rural brasileira que era de 44% em 1970, caiu para 15,6% em 2010 (MAIA, & BUAINAIN, 2015)

A mão de obra é um fator de grande importância nas propriedades rurais já que significa além de um custo significativo dentro da atividade, é também um

determinante para o sucesso dos procedimentos operacionais portanto para a performance da propriedade. Há de se destacar ainda a falta de mão de obra qualificada nos postos de trabalho no campo. (FERRAZZA, et al, 2015)

Ferrazza et al, (2015) em estudo, destacam alguns pontos dentro da importância da mão de obra como fator de produtividade em fazendas. Primeiramente se destaca a superioridade de produtividade da mão de obra familiar frente à contratada. Além disso, a produtividade pode ser aumentada com diversas ações como: Capacitação e especialização, adoção de procedimentos operacionais padrão, adoção de incentivos de desempenho, gestão empresarial e aumento da escala de produção. Destaca-se ainda no mesmo estudo que a adoção de tecnologias pode contribuir significativamente para o aumento da produtividade.

No Brasil, quanto mais se aumenta a escala, menor é a utilização de mão de obra familiar, o que não ocorre na mesma proporção nos Estados Unidos em que a mão de obra familiar é proporcionalmente alta mesmo com grandes produções. (FERRAZZA, et al, 2015)

O sistema mais comumente utilizado no Brasil e em Goiás para produção pecuária é a pasto. No país as áreas de pastagens se encontram muito degradadas ou em más condições em 30% (46 milhões de hectares) do total de áreas de pastagens do país (IBGE, 2017). Segundo Dias Filho, (2011) as grandes causas de degradação das pastagens são falta de adubação, ataque de insetos e plantas daninhas e sobre pastejo. Os tipos de sistemas de alimentação serão tratados mais a frente no tópico “sistema de produção” onde a nutrição é sempre o ponto de partida.

A infraestrutura de fazendas de leite é determinante para a produtividade do estabelecimento, já que escolhido o sistema de produção é necessário construir uma estrutura que suporte a atividade. Dentre as possíveis construções observadas em propriedades rurais o confinamento de animais merece maior atenção já que é o fator que contribui com a maior diferença de produtividade nas fazendas e também pelo imobilizado financeiro que também é de grande peso. Assim, o confinamento surgiu por uma série de necessidades como: Suporte de animais geneticamente superiores, necessidade de intensificação na alimentação dos animais substituindo dietas baseadas em forragem por grãos e fornecimento de alimentos fibrosos no cocho, além de conferir maior bem estar animal especialmente na atividade leiteira. (MOTA, et al 2017)

Na atividade leiteira a infraestrutura também está diretamente ligada a produtividade, já que esta é diretamente ligada a longevidade e conforto dos animais. (PERISSINOTO, et al, 2009). O confinamento de vacas leiteiras é basicamente um barracão construído em estrutura metálica que conta com uma área para alimentação na lateral ou central e uma área de cama que pode ser delimitada por contenções metálicas ou área livre, onde a ventilação é feita por ventiladores específicos para esta estrutura visando o menor estresse dos animais, especialmente estresse térmico. (MOTA, et al 2017). No presente estudo os elementos de infraestrutura que foram identificados são: instalação e tipo de confinamento e tipo de construção para sala de ordenha.

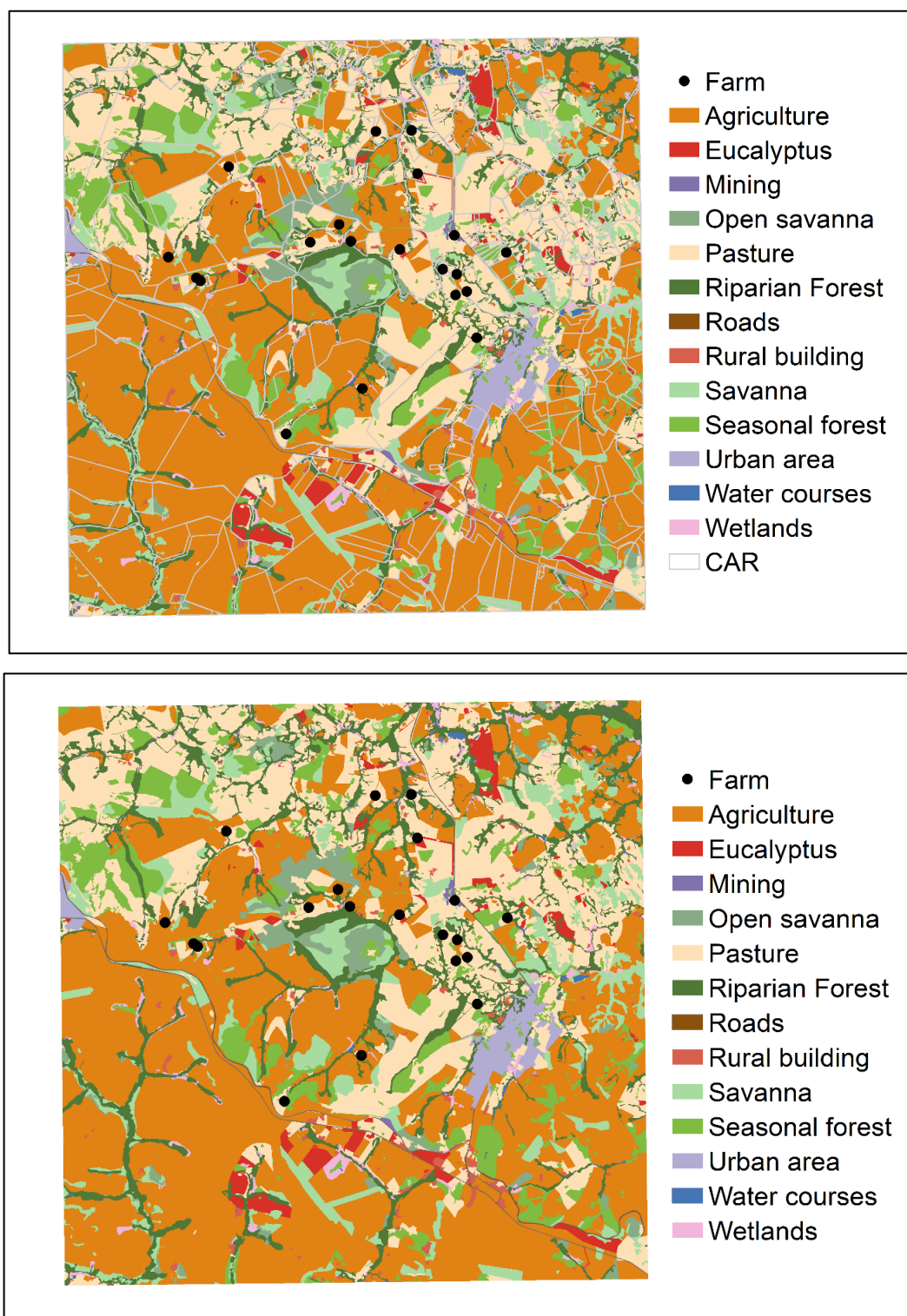
3 METODOLOGIA

3.1 Local de estudo

Este trabalho teve como objeto de estudo as propriedades voltadas para a produção de leite na região do entorno da Floresta Nacional de Silvânia (FLONA) no município de Silvânia, localizado na porção leste do estado de Goiás. O estudo foi feito em fazendas nesta região, pois a pecuária leiteira é uma das principais atividades econômicas, se não a principal do município. Outra razão da escolha é que a região também abriga áreas de estudo pelo Programa de Estudos de Longa Duração (PELD) desenvolvendo trabalhos de pesquisa em conservação, que forneceu os dados necessários nesta área.

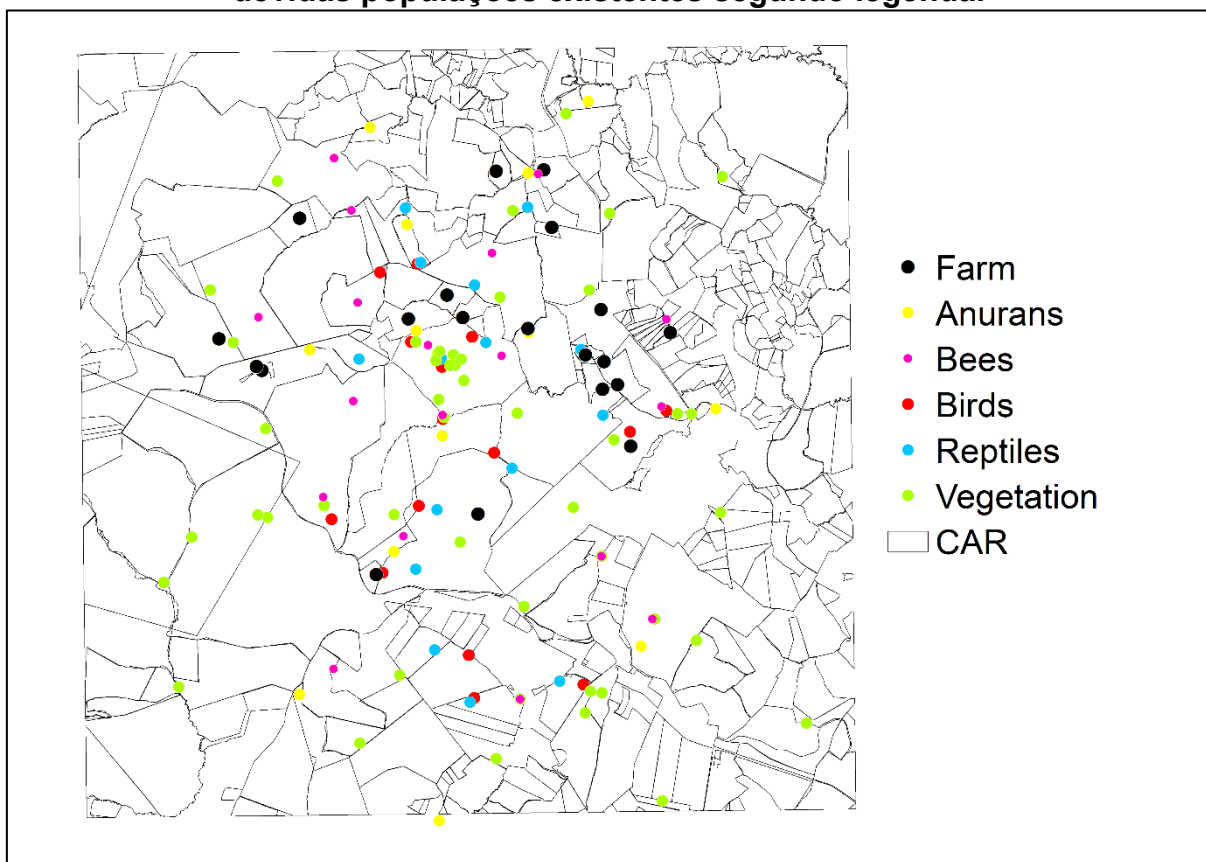
O município de Silvânia possui área de 2.345,94 km² e 19.089 habitantes, destes 12.699 vivem na área urbana e 6.420 na área rural. Suas bases históricas estão na exploração do ouro no século XVIII, estudos apontam que as primeiras jazidas foram descobertas em 1774, porém esgotadas em 50 anos. Em seguida a exploração do ouro foi substituída pela agricultura, já que sua topografia, solo e clima eram favoráveis a essa atividade. Atualmente, segundo o sistema nacional de cadastro rural, de 2018 Silvânia conta com 283.000 hectares, distribuídos em 3227 imóveis rurais, sendo 17% dessa área total contém até 10 hectares, 23% entre 10 e 25 hectares, 20% de 25 a 50 hectares, 30% entre 50 e 250 hectares e o restante em propriedades maiores de 250 até 5.000 ha. Portanto a área de pesquisa retrata uma realidade similar à de regiões leiteiras brasileiras, com porções de terras muito fragmentadas e majoritariamente composta por propriedades pequenas, onde o leite é uma boa alternativa de exploração. Segundo o IBGE (2010) o município conta com 1.820 estabelecimentos agropecuários onde o leite é a principal fonte de renda rural, contudo a pecuária de corte, soja e outras culturas têm uma grande importância no município. Cerca de 80% dos estabelecimentos rurais contam com pastagens em boas condições, onde 8,1% representam pastagens degradadas. No município de Silvânia, 74,8% dos estabelecimentos rurais apresentam Reserva Legal (RL) e Área de Preservação permanente (APP)- (ver Figura 6).

Figura 4: Distribuição da vegetação natural (habitat) nas fazendas produtoras de leite no COFA-PELD projeto de longa duração paisagem. (A) Distribuição das fazendas com reserva natural. (B) Porcentagem de vegetação natural (habitat) nas fazendas. O tamanho do círculo é proporcional ao valor da porcentagem seguindo as legendas.



Fonte: PELD

Figura 5: Localização espacial das propriedades segundo registro CAR e devidas populações existentes segundo legenda.



Fonte: PELD

O projeto COFA-PELD paisagem forneceu para esse trabalho as imagens em alta resolução usando digitalização visual e classificação manual de imagens do Google Earth gratuito disponibilizado por OpenLayer plugin com Sistema de Informação Geográfica Quantum GIS 2.8 (QGID equipe desenvolvedora 2017). O mapa final corresponde a 5 metros de resolução espacial, compreendendo 11 diferentes áreas classificadas (Fig 6): 1) Cursos d'água 2) Savana e savana aberta 3) Florestas sazonais 4) Pantanosas 5) Pastagens 6) Agricultura (soja ou milho) 7) Construções rurais 8) Mineração 9) Área urbana 10) Estrada ou trilho de trem e 11) Silvicultura.

Na figura B1 (Apêndice 3) e tabela A1 (Apêndice 2) é possível verificar todas as fazendas de leite identificadas, mapeadas e fornecidas pelo COFA-PELD paisagem. Os limites das fazendas (25 no total, Fig. B1 Apêndice 3) foram obtidos pelo SICAR brasileiro, base de dados das propriedades rurais (<http://www.car.gov.br/publico/imoveis/index>) ou foram manualmente digitalizadas no

Google Earth images, usando os limites do Sistema de Informação Geográfica ArcGIS v.9.3 (Esri®), com classificação guiada por especialista.

3.2 Levantamento dos dados

Para realização deste trabalho foram estudadas 25 propriedades rurais, perfazendo um total de 2.554 hectares de propriedades, com diferentes atividades, mas todas com atividade pecuária de produção de leite. Os questionários foram aplicados *in loco* e tiveram os seguintes propósitos: Caracterização e categorização das propriedades de acordo com o tamanho do estabelecimento; Caracterização socioambiental das propriedades; Investigação dentro da atividade principal da fazenda (leite ou corte) sobre o sistema escolhido e como se dava a exploração desse sistema com o emprego de determinadas tecnologias com razoável nível de detalhamento; Investigação de razões possíveis da não utilização de determinados recursos em perguntas de múltipla escolha ou abertas que foram agrupadas conforme o assunto (ver questionário no Apêndice 1).

Na pecuária leiteira diversos indicadores de adoção de tecnologia têm sido levantados em diversas partes do mundo. Em levantamento feito na Nova Zelândia, conhecida por ser produtora de leite a pasto e baixo uso de tecnologia, usou-se os seguintes indicadores: Análise de solo, suplementação mineral, novas espécies de pastagens, CIDRS. (FLET, et al. 2004). Em levantamento feito no Brasil em Santa Catarina, mais sob um viés de qualidade do leite elencou-se os seguintes indicadores: Tipo de ordenha, estrutura e local de ordenha, utilização de pré e pós *dipping*, uso de terapia de vaca seca, higiene de equipamentos, suplementação com concentrado conforme produção e tipo de concentrado. (WERNCKE et al. 2019).

Neste estudo o desenho do questionário (ver Apêndice 1) visou o levantamento do maior número de indicadores que pudessem caracterizar as propriedades e ao mesmo tempo mapear quais tecnologias são utilizadas. Como o processo de modernização é multidimensional e envolve um amplo número de tecnologias utiliza-se análise fatorial para identificar os fatores que estão condicionando a modernização das propriedades avaliadas e estimar o Índice tecnológico da pecuária bovina (ITPEC) (SANTOS et al. 2017).

Foram obtidas variáveis relacionadas ao nível de tecnificação em fazendas de leite ou práticas de manejo utilizando entrevistas face a face com produtores (25

fazendas). Foram medidas 5 grupos de características de tecnificação na produção leiteira (Apêndice 2 Tabela A1): 1) Produtividade, medida pela produção diária de leite 2) Manejo alimentar, medido pelo fornecimento de forragem primária, manejo e reforma de pasto, tempo de suplementação, critério para suplementação, aditivos utilizados 3) Manejo de ordenha, medido por método de ordenha, frequência e estrutura da fazenda para ordenha 4) Controle sanitário, medido por limpeza de teto antes da ordenha e teste de CMT (*Califórnia Mastitis Test*) e 5) Genética e melhoramento, medido pelo método de melhoramento para aumentar produtividade, seleção de método de melhoramento e diagnóstico de prenhez.

Além da tecnificação, foram obtidas variáveis para caracterização de fazendas produtoras de leite na área de estudo. Obteve-se a área da fazenda, área de reserva legal e variáveis relativas a todo manejo da atividade 1) Padrão genético predominante na composição do gado; 2) Restauração da pastagem nos últimos 10 anos; 3) Presença de tanque de resfriamento; 4) Pagamento baseado em qualidade do leite; 5) Diagnóstico de gestação

3.3 Status de conservação das propriedades produtoras de leite

O projeto PELD forneceu todos os dados ambientais aqui apresentados. A equipe utilizou os limites das propriedades (ver Figura 6), onde se identificaram trechos de vegetação natural para cada fazenda e foi calculado a área total de vegetação natural (habitat) e porcentagem de habitat na área total da propriedade. Dois índices a saber porcentagem da área de habitat e Índice de Conectividade Integral (IIC, PASCUAL-HORTAL AND SAURA, 2006), foram utilizadas como representantes do status de conservação de cada propriedade. O IIC, implementado no *software Conefor* (SAURA & TOMÉ, 2009) é baseado no conceito de teoria gráfica e avaliação de habitat (HORTAL e SAURA, 2006). IIC compreende de 0 (sem conectividade entre trechos da paisagem) até 1 (toda a paisagem está ocupada por habitat). Para análise, foi utilizada *Conefor Version* implementada em versão R 3.6.1 (*R Core Team 2019*).

A equipe calculou o IIC considerando cada fazenda como uma paisagem diferente. Usou-se ArGis ambiental para calcular a área da propriedade e o total de habitat baseada nos limites obtidos pela base do Sicar ou manualmente digitalizada (ver acima). Foi considerado como habitat todas as categorias de vegetação natural:

Savana aberta, savana, mata ciliar e florestas sazonais e pântanos. Por conta do IIC ser um índice de conectividade, a distância espacial ao redor dos trechos para calcular a conectividade é baseada na dispersão das espécies. Aqui, foi utilizada quatro valores hipotéticos de distância de dispersão de espécies (100, 300, 500 e 1000 metros), considerando espécies com diferentes capacidades de distância de dispersão, ou seja baixo, médio e alto. Desse modo a maioria das propriedades estudadas eram pequenas, com valores de IIC para todas as distancias avaliadas foram similares (tabela 4). Portanto, utilizou-se a média dos valores de ICC entre as três distancias espaciais como variável.

Tabela 2: Caracterização de 25 propriedades produtoras de leite no COFA-PELD projeto de longa duração. Números de 1 a 25 correspondentes ao limite de cada fazenda na figura B1 Apêndice 3. IIC é o Índice Integral de Conectividade (para 100. 300. 500 ou 1000 metros em dispersão de distâncias e valor médio).

Propriedade	Área prop. (ha)	Vegetação natural (ha)	% Vegetação natural	IIC 100	IIC 300	IIC 500	IIC 1000	IIC médio	Área de reserva legal (ha)	% Reserva legal	Produção de leite diária (l)
1	143.472	66.793	46.555	0.214	0.214	0.214	0.214	0.21	35.400	0.20	250.0
2	49.917	7.603	15.231	0.023	0.023	0.023	0.023	0.02	12.900	0.20	1425.0
3	31.433	3.669	11.672	0.015	0.015	0.015	0.015	0.01	1.200	0.20	200.0
4	9.838	1.809	18.384	0.026	0.026	0.026	0.026	0.02	1.920	0.20	220.0
5	73.781	23.053	31.245	0.097	0.097	0.097	0.097	0.09	1.960	0.20	115.0
6	237.038	96.282	40.619	0.160	0.162	0.162	0.162	0.16	49.000	0.80	300.0
7	70.570	3.823	5.417	0.002	0.002	0.002	0.002	0.00	not declared	not declared	90.0
8	68.440	12.853	18.780	0.027	0.029	0.029	0.029	0.02	14.000	0.19	1000.0
9	16.756	3.831	22.863	0.018	0.034	0.035	0.035	0.03	3.360	0.20	35.0
10	32.812	6.816	20.773	0.037	0.037	0.037	0.037	0.03	7.200	0.18	940.0
11	218.188	28.924	13.257	0.015	0.016	0.016	0.016	0.01	43.200	0.20	600.0
12	15.958	3.934	24.654	0.065	0.065	0.065	0.065	0.06	3.360	0.20	300.0

13	48.718	15.172	31.143	0.0	0.0	0.0	0.0	0.07	7.680	0.20	480.0
				75	76	76	76	6			
14	26.321	4.630	17.589	0.0	0.0	0.0	0.0	0.02	4.800	0.20	40.0
				26	29	29	29	8			
15	33.075	8.283	25.043	0.0	0.0	0.0	0.0	0.03	6.720	0.20	100.0
				34	40	40	40	9			
16	61.928	24.746	39.959	0.1	0.1	0.1	0.1	0.11	12.000	0.20	8.0
				08	12	12	12	1			
17	38.263	5.267	13.765	0.0	0.0	0.0	0.0	0.01	7.680	0.20	40.0
				14	14	15	15	4			
18	5.264	2.145	40.758	0.1	0.1	0.1	0.1	0.12	7.680	0.20	400.0
				29	29	29	29	9			
19	102.48	27.103	26.446	0.0	0.0	0.0	0.0	0.06	22.800	0.20	3200.0
	1			65	65	65	65	5			
20	391.03	108.084	27.640	0.0	0.0	0.0	0.0	0.05	96.000	0.40	150.0
	5			53	57	57	58	6			
21	7.103	2.799	39.401	0.1	0.1	0.1	0.1	0.15	1.500	0.20	16.0
				55	55	55	55	5			
22	10.814	3.885	35.924	0.1	0.1	0.1	0.1	0.11	2.000	0.20	30.0
				16	16	16	16	6			
23	710.94	231.450	32.555	0.0	0.0	0.0	0.0	0.08	133.000	0.33	1200.0
	3			83	84	84	84	4			
24	34.377	3.078	8.954	0.0	0.0	0.0	0.0	0.01	6.800	0.20	700.0
				09	11	11	11	1			
25	23.982	2.982	12.435	0.0	0.0	0.0	0.0	0.01	3.800	0.20	20.0
				15	15	15	15	5			
Mé- di- a	98.500	27.960	24.842	0.0	0.0	0.0	0.0	0.06	20.248		474.4
				63	65	65	65	5			
Mí- ni- mo	5.264	1.809	5.417	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	1.200		8.0
				02	02	02	02	2			
Má- xi- mo	710.94	231.450	46.555	0.2	0.2	0.2	0.2	0.21	133.000		3200.0
	3			14	14	14	14	4			
DP	155.77	51.185	11.448	0.0	0.0	0.0	0.0	0.05	32.308		695.2
	5			57	56	56	56	6			
Medi- ana	38.263	6.816	24.654	0.0	0.0	0.0	0.0	0.03	7.440		220.0
				37	40	40	40	9			

3.4 Análise estatística

Como este trabalho se insere em uma pesquisa maior alguns dos procedimentos aqui relatados foram realizados por outros membros da equipe. A professora Rosane Collevatti e a bolsista de Pós Doutorado Juliana Silveira dos Santos realizaram a análise estatística aqui apresentada.

Para analisar os efeitos da tecnificação na conservação em propriedades rurais primeiramente foi verificada a multicolinearidade entre todas as variáveis utilizando o fator de variação de inflação generalizada (GVIF, FOX MONETT, 1992) disponível no

pacote car (FOX & WEIBERG, 2019). Gvif é equivalente a Vif para categorizar variáveis e corresponde a inflação no tamanho da elipse de confiança ou elipsoide para os coeficientes de variáveis preditivas em comparação ao que poderia ser obtido pela ortogonal, não dado-correlacionada (FOX & MONETTE, 1992). Foi executado um modelo por grupo de variáveis (Tabela 1) utilizando o passo a passo de aproximação ou seja, eliminando os modelos com Gvif >5.0.

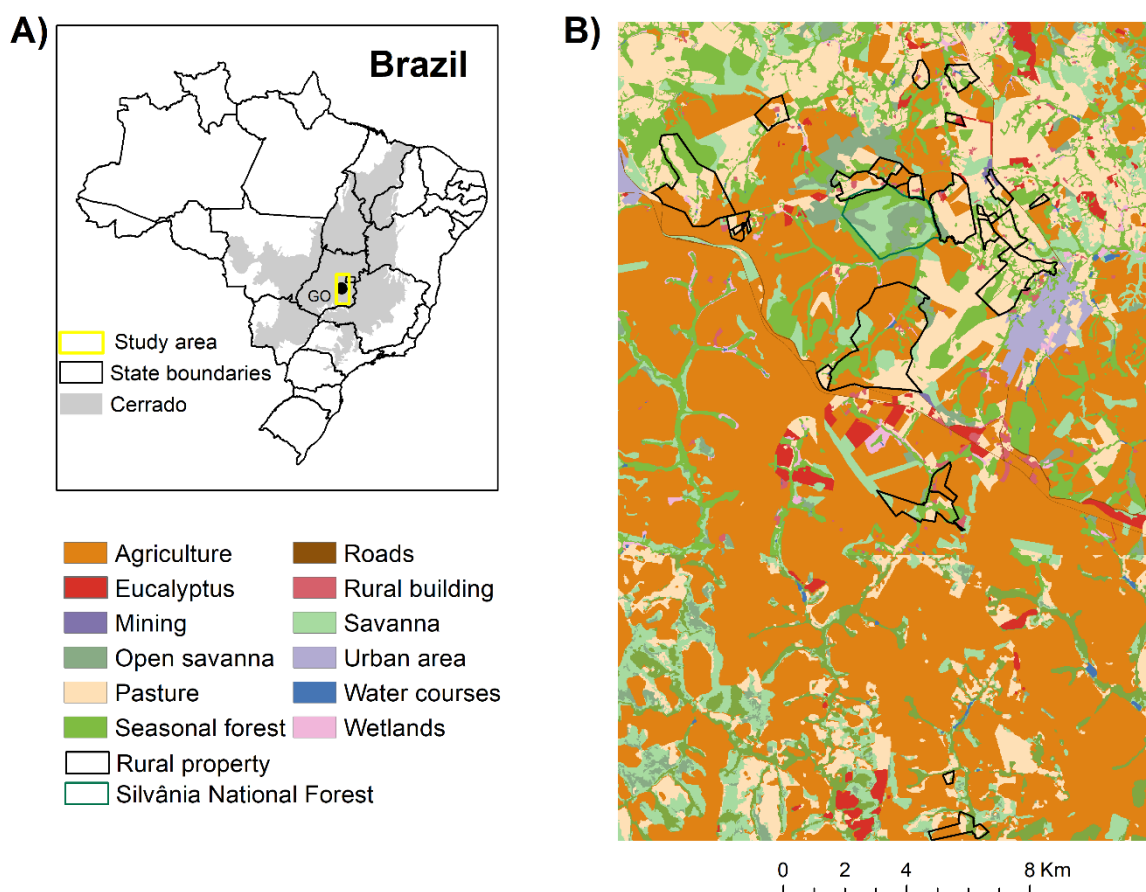
Quando se analisou o efeito da tecnificação no status de conservação das propriedades foi escolhido o Modelo Generalizado Linear (GLM) por grupos de variáveis de tecnificação (Tabela 1), utilizando variáveis com Gvif<5.0. As análises foram realizadas com a versão R3.6.1 (*R Core team* 2019). As variáveis categóricas foram definidas como “fatores”. Para selecionar as melhores variáveis explicando a porcentagem do habitat ou IIC, se utilizou a função *drop1* por grupo. Realizou-se então um modelo final incluindo todos os significativos ($P \leq 0.005$) e com variáveis marginalmente significativas ($p < 0.10$) de cada grupo e produção diária de leite (variável contínua). Para isso se analisou novamente a colinearidade entre eles utilizando Gvif para remover variáveis com Gvif>5.0.

Finalmente, performou-se a associação de teste utilizando cross-table entre as variáveis significativas de tecnificação e características do manejo do leite em fazendas produtoras. Foi testada a significância da associação entre pares de variáveis usando o coeficiente Kendall de concordância (Kendal tau-b) para verificar a concordância ou atribuir consenso entre as variáveis. As análises correrem utilizando Minitab®18.

4 RESULTADOS

O tamanho médio das propriedades foi de 98.5 hectares (SD 155.77ha) havendo propriedades desde 5.26 ha até 710.94 ha (Tabela A1 Apêndice 2) sendo que 7 propriedades tinham até 30 hectares, 7 de 30 a 60 hectares, 2 de 60 a 90 hectares e 7 acima de 90 hectares.

Figura 6: Distribuição espacial das 25 propriedades produtoras de leite no COFA-PELD projeto paisagem de longa duração. (A) Mapa do Brasil com área de estudo destacada. (B) Uso da terra no mapa COFA-PELD paisagem destacando as 25 propriedades. Uso da terra categorizado segundo legenda. A reserva Floresta nacional está destacada no mapa.



Do total de entrevistados apenas uma propriedade dispunha de destino para dejetos, porém 100% delas declarou ter área de reserva na propriedade assim como áreas de preservação permanente requeridas por lei (deve-se destinar 20% da área total da propriedade para reserva legal podendo ser dentro ou fora da mesma propriedade e compreendeu de 1,2 ha até 133 ha (média de 20,25 há, SD=32,31 há, Tabela 3). A área total de ha (Tabela 3) compreendeu de 1,81ha até 231.45 ha (média

de 27,96, SD 51.19 ha) composta por 5.42 para 46,55% da área total da fazenda (média de 24,84%, SD = 11.45%). Além disso outras propriedades tiveram uma porcentagem menor de vegetação natural do que a declarada no questionário, mas de uma maneira geral a área de 20% é respeitada dentro da propriedade rural (Fig 8). A média IIC compreendeu de 0.0023 a 0.2141 (Tabela 3) e a média geral das fazendas foi bem baixa, 0.0646 (SD= 0.0561), mostrando que a relação entre habitats remanescentes e a paisagem é muito baixa.

Em relação a alimentação, a maioria dos produtores optou por utilizar pastagem em sistema de livre-pastejo e semiconfinamento, utilizou fertilizantes e reformou as pastagens nos últimos dez anos além de proverem alimentação suplementar (ração) em estações mais secas do ano (Tabela A2- Apêndice 2). Assim a maioria declarou utilizar o critério produtividade como decisor da quantidade de ração a ser fornecida ao gado. Ordenhadeiras balde ao pé foram as mais utilizados pelos produtores, que em sua maioria também declararam ordenhar em 2 momentos do dia (Tabela A2- Apêndice 2). A estrutura do local de ordenha predominante foi com fosso ou em área com piso cimentado e coberta, com tanque de resfriamento próprio para recepção e conservação do leite até a coleta. A maioria dos produtores declarou que recebe pagamento por qualidade do leite entregue à indústria. A maioria utiliza algum tipo de sanitização prévia dos tetos no momento da ordenha (*pre-dipping*) além de não fazer teste de CMT (*California Mastitis Test*) mensalmente (Tabela A2- Apêndice 2). A maioria dos produtores declarou utilizar touro como método de reprodução na fazenda e o diagnóstico de gestação majoritariamente foi por palpação retal. As raças mais comumente utilizadas foram Holandesa e Cruzadas (sem raça definida). Sobre assistência técnica nas fazendas o resultado foi: Apenas 10 propriedades responderam afirmativamente que contavam com assistência técnica mensal. Nestas o número de funcionários médio ficou em 1,3 por propriedade. A média de vacas em lactação nas fazendas que contavam com assistência técnica foi de 43, enquanto as que não contavam 15 vacas em lactação.

A média de idade dos produtores foi de 57 anos, sendo que 6 tinham até 50 anos, 12 entre 50 e 65 e 5 acima de 65 anos.

Em relação a escolaridade, 50% dos produtores tinham ensino superior completo e os outros se dividiam da seguinte forma: 14% ensino médio completo, 14% ensino médio incompleto, 9% ensino fundamental completo e 13% ensino fundamental incompleto. Entre os produtores com nível superior completo observou-

se que a média de empregados era de 2,5 empregados por propriedades, enquanto os produtores com nível fundamental completo e incompleto foi de 0,2 funcionários por propriedade (apenas uma propriedade contava com 1 empregado entre os 5 nesta categoria). Entre os produtores com formação superior completa a média de tamanho das propriedades ficou em 255 hectares, enquanto os produtores com nível fundamental completo e incompleto ficou em 22 hectares.

Sobre a participação em entidades de classe, 15 produtores relataram participar de alguma associação, cooperativa ou sindicato.

Entre os produtores com nível de escolaridade superior completo que exploravam a pecuária de leite o número médio de vacas em lactação (unidades de produção) foi de 44 vacas por fazenda e a média de produção dessas vacas girou em torno de 18,8 litros/dia. 50% destes produtores relatou fazer adubação constante na pastagem e praticamente todos, com exceção de um relatou fazer suplementação de volumoso com silagem de milho. O número de ordenhas foi de 2 vezes ao dia em 23 propriedades, enquanto apenas um fazia uma vez e outro fazia 3 vezes ao dia. Destes 60% declaravam ter estrutura de fosso de ordenha, assim como havia separação de vacas de pré-parto.

Usando Gvif, se excluiu a dieta de forragem primária (GVIF= 8.974) para manejo alimentar (Tabela A2- apêndice 2), e o método de ordenha (GVIF= 5.093) para manejo de ordenha (Tabela A2- apêndice 2) por conta da colinearidade. Para controle sanitário e genética foram mantidas todas as variáveis. A modelagem percentual do habitat total por grupo achou que as variáveis de alimentação, manejo alimentar e controle sanitário não explicaram o status de conservação das fazendas. Produção diária por animal também não foi significativa em relação ao status de conservação das propriedades ($p= 0.751$, Tabela A3- Apêndice 2). Método de seleção genética ($p= 0.046$) explica significativamente a variação de habitat entre as fazendas produtoras de leite (Tabela A4 e Tabela A3 – Apêndice 2). Fazendas de leite que utilizavam Inseminação artificial (Figura 11) tiveram uma maior porcentagem de vegetação natural. Cruzamentos direcionados para aumento de produtividade melhoraram apenas marginalmente ($p= 0.059$) a produção diária mas não explicam a variação de porcentagem de habitat ($p= 0.789$) quando se analisa o modelo como um todo (Tabela A4 – Apêndice 2).

Conectividade (ou ICC) não foi explicada pelas variáveis alimentação ou manejo de ordenha ou controle sanitário (todas com $p>0.05$; Tabela A4 – Apêndice

2). Ainda a produção diária sozinha não foi capaz de explicar a variação em ICC entre as propriedades ($p= 0.604$; Tabela A4 – Apêndice 2). A seleção genética explicou o ICC, embora marginalmente com significância ($p=0.073$, Tabela A4 – Apêndice 2). Fazendas que utilizavam inseminação artificial tenderam a mostrar um maior IIC (Fig. 11). Quando analisadas no método completo, tanto a seleção genética quanto produção diária foram não significativas (Tabela A4 e A5 – Apêndice 2).

Foi encontrada relação significativa entre seleção genética e dieta primária ($p=0.001$, Tabela A5 Apêndice 2). Todos os produtores que utilizavam pastagem como alimentação primária (10) também utilizavam como seleção genética a monta natural com touro, já produtores que utilizavam inseminação artificial usavam semiconfinamento (6) ou confinamento (2). O método de ordenha das vacas ($p<0.001$) e a frequência de ordenha ($p= 0.002$) também foram associadas para método de seleção genética (Tabela A5 Apêndice 2). Produtores que utilizavam touro para reprodução faziam principalmente ordenha manual (6) ou utilizavam ordenha balde ao pé (9) enquanto produtores que utilizavam inseminação artificial em sua maioria contavam com ordenha mecânica de sistema fechado. Produtores que ordenhavam apenas uma vez ao dia utilizaram monta natural como método de reprodução (9) e os que ordenhavam duas vezes ao dia inseminação artificial (8). Finalmente, produtores que utilizavam touro para reprodução usaram em parte água (6) ou *pré-dipping* (6) como sanitizante de tetos pré ordenha ($p= 0.014$, Tabela A5 Apêndice 2) e produtores que utilizaram inseminação artificial utilizavam *pre-dipping* (8). Ainda, produção diária de leite foi significativamente alta ($t= 2.73$, $p= 0.026$, Figura 12) em produtores que utilizavam inseminação artificial (média de produção 9002 litros por dia, DP= 933.01) em relação aos produtores que utilizavam touro como método de reprodução (média de produção= 166.0 DP= 165.0)

Figura 7: Proporção de vegetação natural em fazendas leiteiras no PELD-COFA projeto paisagem de longa duração. (A) Distribuição da proporção de vegetação natural em fazendas com e sem SICAR (CAR). Tamanho circular é proporcional ao valor de porcentagem, seguindo a legenda. (B) Relação entre a porcentagem de vegetação natural e tamanho de propriedades leiteiras (módulo fiscal). As caixas representam a mediana (barra escura), e a linha vertical acima e abaixo das caixas representa os mínimos e máximos encontrados.

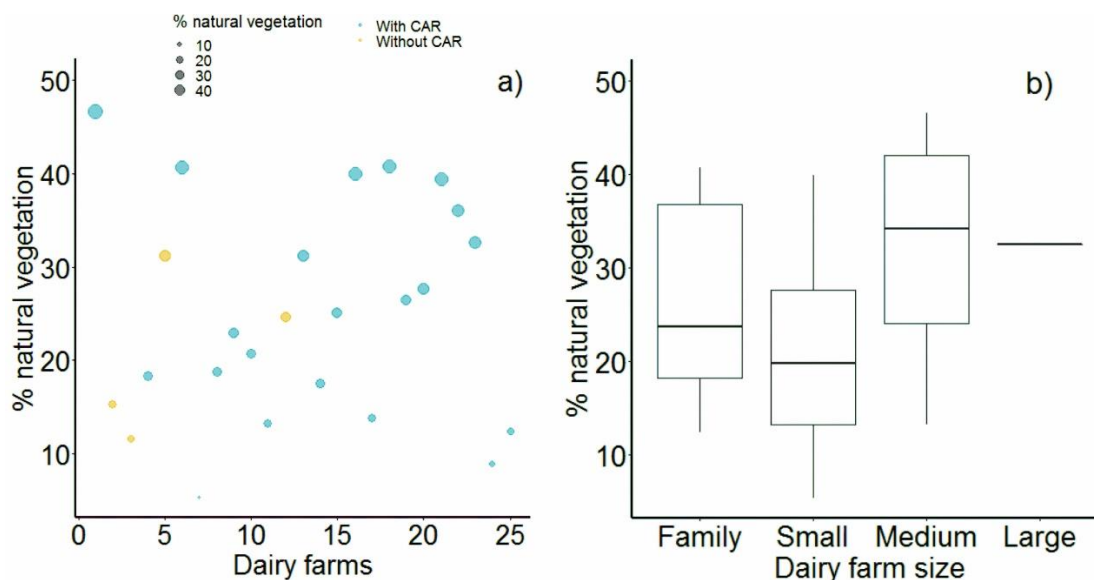


Figura 8: Índice integral de conectividade (IIC) em 25 fazendas no COFA-PELD projeto de paisagem de longa duração. O quadrado e a barra central mostram a média IIC calculada para 3 distancias: 300m, 500m e 1000m em cada propriedade. A barra mais baixa representa o valor mínimo e a mais alta o valor máximo de IIC nessas três distancias.

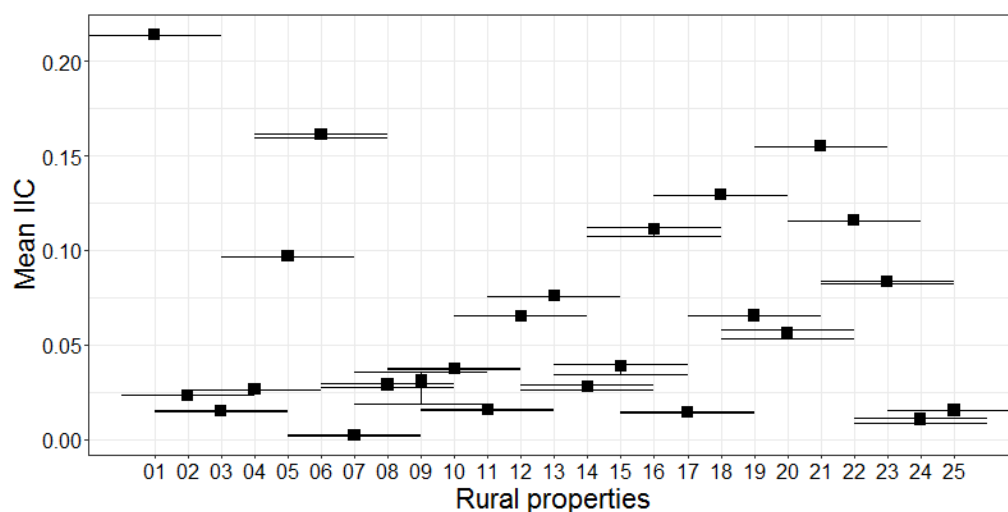


Figura 9: Relação entre o status de conservação, declive e variável de tecnificação relacionada a genética e melhoramento em 25 fazendas no COFA-PELD, projeto paisagem de longa duração (A) Porcentagem de vegetação natural e seleção genética (B) Declive e método de seleção genética. 1, Monta natural com touro selecionado; 2, Inseminação artificial. A divisórias representam a mediana (linha preta), as linhas verticais acima e abaixo das caixas representam os valores mínimos e máximos.

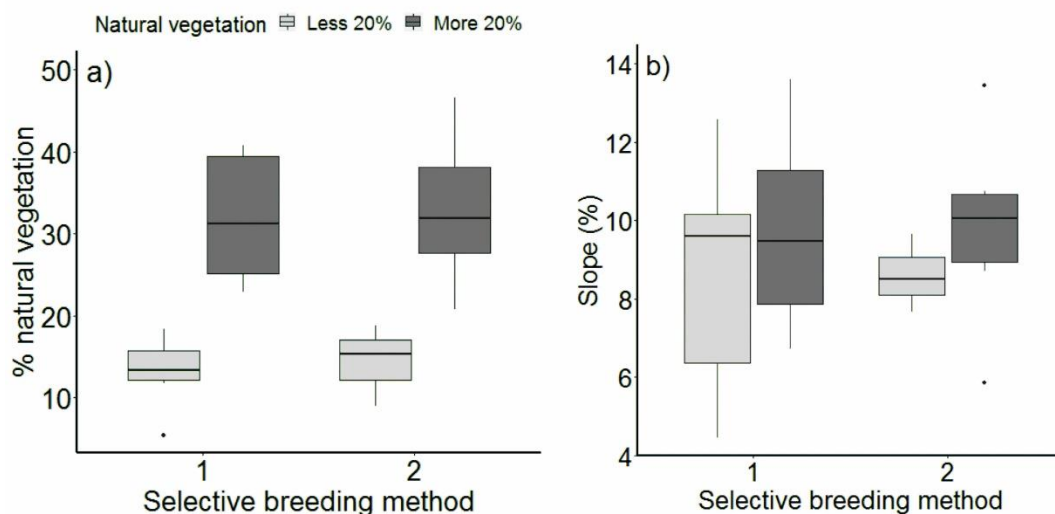
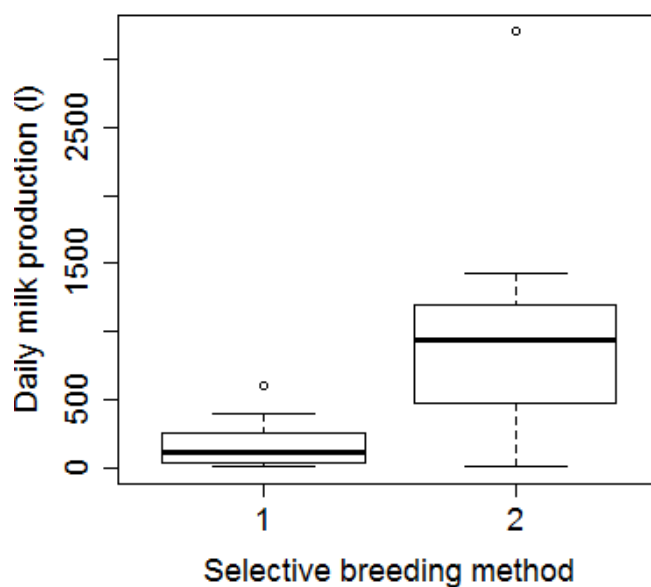


Figura 10: Relação entre método de melhoramento genético e produção de leite diária em 25 fazendas produtoras de leite no COFA-PELD projeto paisagem de longa duração. 1, Monta natural com touro selecionado; 2, Inseminação artificial. A divisória da Caixa representa a mediana e as linhas verticais acima e abaixo representam os mínimos e máximos encontrados.



5 DISCUSSÃO

Os resultados encontrados mostram que o nível de tecnificação e conservação da vegetação remanescente em fazendas produtoras de leite possuem relação positiva. A tecnologia como inseminação artificial adotada por produtores da área de pesquisa demonstrou relação com a tendência a conservar uma maior porcentagem de vegetação natural em suas fazendas no COFA-PELD paisagem. O uso de inseminação artificial ainda é muito baixo no Brasil, apesar de ser crescente seu uso em relação ao número de vacas no Brasil. Segundo a ASBIA, 2015 de 2009 a 2014 o uso de inseminação artificial cresceu em 34%, porém apenas 11,9% do gado de leite brasileiro é inseminado, demonstrando a grande diversidade e atraso tecnológico de sistemas de produção no país, comparando com países desenvolvidos (STEIFELD, et al, 2006), pois no Brasil a maioria dos produtores ainda utilizam sistemas extensivos e tradicionais de produção empregando baixo nível de tecnificação (BALCÃO et al. 2017).

Propriedades produtoras de leite no Brasil utilizam o pastejo extensivo como fonte básica de alimentação o que não permite alta produtividade (DIAS FILHO, 2014). Assim a conservação de vegetação natural é significativamente ameaçada devido a constante necessidade de novas áreas de pastejo (LATAWIEC, et al, 2014) (SOARES-FILHO et al, 2018). No cerrado PEREIRA, 2018 aponta que 39% da pastagem encontra-se degradada. Em consonância com os dados de Dias Filho, (2014) o COFA-PELD paisagem aponta que a maioria das fazendas de leite utiliza sistema extensivo, seja livre pastejo ou semiconfinamento, o que inclui piqueteamento da propriedade. Isto é bem representativo da situação brasileira em relação a produção de leite. Em estudo Santos & Bittar, (2015) identificaram por entrevista que em 179 fazendas a predominância no Brasil é de pastejo com suplementação (66%), seguido por sistemas de confinamento (25%) e pastejo sem nenhum tipo de suplementação (8%). A predominância desse tipo de sistema de alimentação pode contribuir com a baixa porcentagem de conservação de vegetação natural além de fazer uma relação entre a vegetação natural em fazendas e a demanda por pastagem em fazendas.

Neste estudo 60% das fazendas produtoras de leite tiveram uma porcentagem maior de área de conservação do que exigido por lei que é 20%. Já 32% tiveram áreas de menor porcentagem (ver Figura 8 e ver Tabela 3), porém não houve relação entre o tamanho da propriedade e percentual de área de conservação (regressão linear $p =$

0.328). Não houve relação entre o tamanho da fazenda e conectividade de habitat medida por IIC (regressão linear $p = 0.0463$), podemos concluir neste caso que fazendas grandes ou pequenas tendem a preservar a mesma proporção de vegetação natural.

A alimentação pode ainda afetar a emissão de gases de efeito estufa (GEE) devido ao tipo de forragem e conversão alimentar do animal, eficiência nutricional (GEROSA & SKOET, 2012) e indiretamente devido a expansão por novas áreas de pastejo levam a desflorestamento (STEIFELD, et al 2006), (LEIS, et al, 2015) (BATISTA, et al, 2019). É possível que os produtores entrevistados tenham aberto áreas de pastagem extensiva no passado, antes da adoção de tecnologia de ponta como inseminação artificial, ordenhadeiras e confinamento (LAMBIN & MEYFROIDT, 2011) (LATAWIEC, et al, 2014 e 2017). No COFA-PELD paisagem o método de melhoramento genético não está relacionado com o tamanho da fazenda ($t = -0.82$, $p = 0.430$) significando que tanto pequenos quanto grandes produtores têm a mesma referência em tecnologia, independentemente do tamanho da propriedade.

O aumento na produtividade pode não apenas melhorar a lucratividade da atividade, mas a área de conservação (STRASSBURG, et al, 2014). De fato, os resultados deste trabalho apontaram que quando há maior uso de tecnologia e busca por eficiência na produção pode haver benefícios econômicos. A inseminação artificial está diretamente ligada a produtividade no PELD-COFA paisagem. Fazendas que utilizam inseminação artificial tendem a ter uma alta produção de leite (ver Figura 12) o que pode melhorar o retorno econômico. Os benefícios de adotar mais tecnologia podem ser notados em outros importantes indicadores de produtividade, onde identificamos que fazendas que utilizam inseminação artificial (média = 48.6 e DP = 30.5) tem maior número de vacas produtoras ($t = 3.25$, $p = 0.012$) em comparação com fazendas que utilizavam touro (média = 14.9, DP = 7.4). Eles ainda tenderam a usar mais o sistema de confinamento e semiconfinamento, o que implica numa menor utilização da terra por pastagem aumentando a conservação da vegetação natural (ver Tabela 6)

6 CONCLUSÃO

Esta pesquisa foi realizada em área de bacia leiteira que reproduz muitas das características típicas da pecuária leiteira brasileira, a saber grande diversidade de perfil de produtores, com presença de grandes produtores e agricultores familiares, elevada utilização de pastagens como principal fonte de alimentação do rebanho e elevada heterogeneidade na utilização de tecnologias. Em função dessa diversidade de situações consideramos um espaço amostral importante para buscar identificar a relação entre a adoção de tecnologias e os impactos ambientais.

Fazendas produtoras de leite geram impactos ambientais seja na forma de emissão de gases de efeito estufa, seja na produção de esterco e outros subprodutos, porém existe a expectativa que este efeito possa ser significativamente mitigado conforme se aumenta o emprego de tecnologia visando aumentar a produtividade dos animais. Este é um tema importante de estudo, pois eventualmente o emprego de tecnologias modernas podem ter impactos sobre o meio ambiente que ainda não foram identificados. No caso específico a principal preocupação foi com a pressão da atividade sobre o uso da terra, uma vez que a pecuária é a principal forma de antropização no Brasil.

A pesquisa identificou que propriedades produtoras de leite que empregam tecnologias como inseminação artificial tiveram melhor conservação ambiental e melhor produtividade. Consideramos esse dado importante pois essa tecnologia está fortemente relacionada com um conjunto de tecnologias que poderíamos chamar de “modernas”. Portanto é um forte indicador de relação positiva entre adoção de tecnologia e menor impacto ambiental. Porém cabe destacar que esse resultado estimula estudos que avancem nesse tema buscando, por exemplo, os impactos nos recursos hídricos. Cabe ressaltar que as propriedades que utilizam a tecnologia inseminação artificial também apresentam mais vacas em lactação em comparação com fazendas que não utilizavam. Uma maior eficiência na utilização de recursos produtivos – e uma vaca que não esteja em lactação é um recurso que não está sendo bem utilizado – de modo geral também está positivamente associado com menor impacto ambiental.

REFERÊNCIAS

- ABIEC 2019. Associação brasileira de indústrias exportadoras de carne. **Exportações fecham com recorde**. Boletim mensal. Disponível em: <http://www.abiec.com.br/download/exportacoes%20fecham%20com%20recorde.pdf>. 2019. Acesso em outubro 2019.
- ALCÂNTARA, N.; **Revisão dos índices reflete a eficiência da pecuária**. In: Anuário da pecuária brasileira. São Paulo: Instituto FNP Consultoria & Comércio, p. 49-50, 2012.
- ALENCAR, M. M.; **Biotécnicas da reprodução como ferramentas para o melhoramento**. ZOOTEC2004, Brasília, DF, p. 2-6, 2004.
- ASBIA 2015. Associação Brasileira de Inseminação Artificial. **Index anual**. 2015.
- BALCÃO Lucas F., LONGO Cibele, COSTA João H. C., ULLER-GOMEZ Cintia, FILHO Luiz C. P. Machado, HOTZEL Maria J. **Characterisation of smallholding dairy farms in southern Brazil**. *Animal Production Science* **57**, 735-745, 2016.
- BALSADI, Otavio Valentim. **Mudanças no meio rural e desafios para o desenvolvimento sustentável**. São Paulo em Perspectiva, v. 15, n. 1, p. 155-165, 2001.
- BARRETO, L. V.; BARROS, F. M.; BONOMO, P.; ROCHA F. A.; AMORIM, J. S.; **Eutrofização em rios brasileiros**. Centro científico conhecer. Goiânia, Goiás, Brasil. V. 09 n.16, p.2165. 2013. Disponível em: <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2013a/biologicas/EUTROFIZACAO.pdf>. Acesso em 01/09/2019
- BARROS, G.S.C.; ZEN, S.; BACCHI, M.R.P. et al. **Economia da pecuária de corte na região norte do Brasil**. Piracicaba: Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada, 2002. 75p
- BATISTA E.; SOARES-FILHO B.; BARBOSA F.; MERRY F. DAVIS J.; HOFF R. V.; RAJÃO R.; **Large-scale pasture restoration may not be the best option to reduce greenhouse gas emissions in Brazil**. *Environ. Res. Lett.* 14 (2019) 125009
- BERNDT, A.; **Impacto da pecuária de corte brasileira sobre os gases de efeito estufa**. VII simpósio de produção de gado de corte. P.122-148. 2010. Instituto de Zootecnia/Apta – Nova Odessa, São Paulo. 2010.
- BOUWMAN, A. F. **Nitrogen oxides and tropical agriculture**. *Nature*, 392(6679), 866–867.doi:10.1038/31809. 1998. Disponível em: sci-hub.tw/10.1038/31809. Acesso em 31/08/2019.

CAPPER J. L.; CADY R. A.; BAUMAN D. E.; **The environment impact of dairy production: 1944 compared with 2007**. Journal of Animal Science. 2009 87: 2160-2167. doi: 10.2527/jas.2009-1781.

CARNEIRO, M. A.; BERGAMASHI, M.; MACHADO R.; BARBOSA, R. T.; **Eficiência reprodutiva vacas leiteiras**. Circular técnica 64. Embrapa, São Carlos, SP, 2010. ISSN: 1981-2086. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/880245/1/Circular642.pdf>. Acesso em: 10/10/2019.

CONAB. **Indicadores da Agropecuária**, setembro de 2019. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/precos/revista-indicadores-da-agropecuaria>. Acesso em outubro de 2019.

CONAB. **Indicadores da Agropecuária: Quadro de Suprimentos**. Disponível em <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1470&t=2>. 2014. Acesso em 30/09/2017.

COSTA, F.P.; REHMAN, T. **Exploring the link between farmers' objectives and the phenomenon of pasture degradation in the beef production systems of Central Brazil**. Agricultural Systems, v.61, p.135-146, 1999.

CREPALDI, S. A.; **Contabilidade rural: Uma abordagem decisoria**. 2. Ed.: São Paulo, Atlas. p. 81-110. 2006.

DA-SILVA, F.C.T. **Pecuária e formação do mercado interno no Brasil-colônia**. Estudos Sociedade e Agricultura, v. 8, p. 119- 156, 1997.

DE OLIVEIRA, J. M. B. et al. **Risk factor related to bovine mastitis in the micro-region of garanhuns, Pernambuco, Brazil**. Pesquisa Veterinária Brasileira, v. 32, n. 5, p. 391-395, 2012.

DIAS FILHO, M. B.; **Estratégias de recuperação de pastagens na Amazônia**. Brasília, 2014. Em: Anais do primeiro simpósio de pecuária integrada p. 09. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1003365/1/cpamt2014pedreirasimpi.pdf#page=9>. Acesso em 21/09/2017

DIAS-FILHO, M.B. **Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação**. 4.ed.rev. atual. e ampl. Belém: Ed. do Autor, 2011. 216p.

DIAS-FILHO, M.B. **Sistemas silvipastoris na recuperação de pastagens degradadas**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2006. 30p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 258). Disponível em: <http://bit.ly/h26Fbx>. Acesso em: 18 agosto de 2017.

DIAS-FILHO, M.B.; ANDRADE, C.M.S. **Pastagens no trópico úmido**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2006. 30p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 241). Disponível em: <http://bit.ly/foLu6D>. Acesso em: 15/09/2017.

DIAS-FILHO, M.B.; **Os desafios da produção animal em pastagens na fronteira agrícola brasileira**, 2011. (Revista brasileira de zootecnia). Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Moacyr_Dias-Filho/publication/261025809_Os_desafios_da_producao_animal_em_pastagens_na_frenteira_agricola_brasileira_Challenges_of_animal_production_in_pastures_in_the_Brazilian_agricultural_frontier/links/00b49533055801f73a000000.pdf. Acesso em 10/09/2017.

DILLON, W. R.; GOLDSTEIN, M.; **Multivariate Analysis: methods and applications**. New York, John Wiley & Sons, p. 587, 1984.

FAO, 2015. **Environmental Performance os large ruminant supply chain, guide for assessment**. Draft for public review. 2015. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-av152e.pdf>. Acesso em 01/09/2019.

FAOSTAT, 2014. Food and Agricultural Organisation of the United Nations (FAO), Rome.

FARIA A. S.; OLIVEIRA G. O.; **Análise territorial do setor agropecuário goiano – Censo Agropecuário de 2017**. ENANPUR, Natal 2019. ISSN: 1984-8781. Disponível em: <http://anpur.org.br/xviiienanpur/anaisadmin/capapdf.php?reqid=313> Acesso em 27/09/2019

FERNANDES; P.C.C.; GRISE, M.M.; ALVES, L.W.R. et al. **Diagnóstico e modelagem da integração lavoura-pecuária na região de Paragominas**, PA. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2008. 33p.

FERRAZZA, R. A. et al. **Índices de desempenho zootécnico e econômico de sistemas de produção de leite com diferentes tipos de mão de obra**. Ciência Animal Brasileira, v. 16, n. 2, p. 193-204, abril-jun. 2015.

FERREIRA, Célia R. R. P. T et al. **Informações econômicas**, São Paulo, vol. 29 n. 2 fevereiro 1999.

FLAT, Ross et al. **The technology acceptance model of use technology in New Zeland dairy farming**. Agricultural systems, 80, 2004 (199-211)

GEROSA, Stefano; SKOET, Jakob. **Milk availability: trends in production and demand and medium-term outlook**. 2012.

GONÇALVES, A. C. S; JUNIOR, L. C. R.; FONSECA M. I. NADRUZ, B. M.; BURGUER, K. P.; ROSSI, G. A. M.; **Assistência técnica e extensão rural: sua**

importância para a melhoria da produção leiteira. Relato de caso. Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal (v.8, n.3) p. 47-61. Jul-set 2014.

HAGGEMAN M.; HEMME T.; NDAMBI A.; ALQAISI O.; SULTANA N.; **Animal feed Science and technology** 166-167, 2011. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377840111001210>. Acesso em 11/06/2020.

HOLCOMB, John B. et al. **Transfusion of plasma, platelets, and red blood cells in a 1: 1: 1 vs a 1: 1: 2 ratio and mortality in patients with severe trauma: the PROPPR randomized clinical trial.** Jama, v. 313, n. 5, p. 471-482, 2015.

HOWARTH, R. W. 2008. **Coastal nitrogen pollution: A review of sources and trends globally and regionally.** Harmful Algae, 8(1), 14–20. doi:10.1016/j.hal. Agosto, 2008. Disponível em: sci-hub.tw/10.1016/j.hal.2008.08.015

IBGE, 2017. **Estatística da Produção Pecuária, dezembro de 2019.** Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/templates/censo_agro/resultadosagro/estabelecimentos.html. Acesso em 17/09/2017.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia E Estatística. **SIDRA.** 2013. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em 17/09/2017.

INPE. PRODES. São José dos Campos: [s.n], 2013. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/prodes/index.php>. Acesso em 17/09/2017.

KRUGER S. D.; MAZZIONI, S.; BOETTCHER S. F.; **A importância da contabilidade para gestão de propriedades rurais.** XVI Congresso Brasileiro de Custos. Fortaleza, Ceará. Brasil, 03-06 novembro de 2009. Disponível em: <https://anaiscbc.emnuvens.com.br/anais/article/view/944/944>. Acesso em 10/10/2019.

LAMBIN E. F.; MEYFROIDT P.; 2011. **Global land use change, economic globalization, and the looming land scarcity.** Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A. 108, 3465–3472.

LANNA D. P. D. & ALMEIRA R.; **A terminação de bovinos em confinamento.** Revista Visão Agrícola, n.3, p. 55-58, jan-jun 2005.

LATAWIEC A.; STRASSBURG B.; VALENTIM, J.; RAMOS F.; ALVES-PINTO, H.; **Intensification of cattle ranching production systems: Socioeconomic and environmental synergies and risks in Brazil.** Animal, 8(8), 1255-1263. 2014.

LATAWIEC A.; STRASSBURG B.; VALENTIM, J.; RAMOS F.; ALVES-PINTO, H.; **Intensification of cattle ranching production systems: Socioeconomic and environmental synergies and risks in Brazil.** Animal, 8(8), 1255-1263. Improving land

management in Brazil: A perspective from producers. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 240 (2017) 276–286

LÉIS C. M.; CHERUBINI E.; RUVIARO C. F.; SILVA V. P.; LAMPERT V. N.; SPIES A.; SOARES S. R.; **Carbon footprint of milk production in Brazil: A comparative case study**. *Int J Life Cycle Assess* (2015) 20:46–60.

LOPES, M.A.; MAGALHAES, G.P. **Análise da rentabilidade da terminação de bovinos de corte em condições de confinamento**: um estudo de caso. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, Belo Horizonte, v. 57, n. 3, p. 374-379, Junho 2005. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-09352005000300016&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 01 Sept. 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-09352005000300016>.

M. A. S.; JÚNIOR, J. B. L.; SANTANA, A. C.; HOMMA, A. K. O.; ANDRADE, S. J. T.; SILVA A. G. M.; **Caracterização do nível tecnológico da pecuária bovina na Amazônia Brasileira**. *Revista Ciência Agrária*, V. 60, n. 1, p. 103-111, jan-mar. 2017. Disponível em: <http://btcc.ufra.edu.br/index.php/ajaes/article/view/2693/915>> Acesso em 27/09/2019.

MAIA, Alexandre Gori; BUAINAIN, Antonio Marcio. **O novo mapa da população rural brasileira**. *Confins. Revue franco-brésilienne de géographie/Revista franco-brasileira de geografia*, n. 25, 2015.

MAPA - Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Governo Federal. **Tabelas Valor bruto da Produção Agropecuária e Valor Bruto da Produção agropecuária principais produtos**. 2019.

MELLO, I. N. K.; SILVEIRA W. F.; **Resíduos de agrotóxicos em produtos de origem animal**. *Acta Veterinária Brasília*, v.6 n.2, p.94-104. 2012.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil**. 4ª edição. 2017. Disponível em: <http://educaclima.mma.gov.br/wp-content/uploads/2019/08/Estimativas-Anuais-4-2017.pdf>

MMA 2. Ministério do Meio Ambiente. **Mapa de cobertura vegetal dos biomas brasileiros**. 2007.

MONTAGNER, D. B.; **Serie demandas tecnológicas dos sistemas de produção de bovinos de corte no Brasil**. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1066391/1/Demandastecnologicasdosistemasforrageiras.pdf> Acesso em 02/10/2017.

MOTA, V. C. et al. **Confinamento para bovinos leiteiros: Histórico e características**. *Pubvet* v.11, n.5, p: 433-442, maio, 2017.

NAGAOTA, M. P. T.; ENSSLIN, L.; ENSSLIN S. M.; NAGAOKA, A. K.; **Gestão de propriedades rurais**: Um processo estruturado de revisão de literatura e análise sistêmica. Revista Brasileira Agrociência. Pelotas, Rio Grande do Sul. V. 17, n 4-4, p. 410- 419, out-dez, 2011.

NARDI, A.C et al. **Impactos Ambientais da Pecuária de Leite da Agricultura Familiar**. Revista Competitividade e Sustentabilidade, v. 3, n. 2, p. 49-66.

NASCIMENTO, A. C. C.; LIMA, J. E.; BRAGA, M. J.; NASCIMENTO, M.; GOMES, A. P.; **Eficiência técnica da atividade leiteira em Minas Gerais**: uma aplicação de regressão quantílica. Revista brasileira de zootecnia (on line), v.41, n. 3, p. 783-789, 2012. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/262623850_Technical_efficiency_of_milk_production_in_Minas_Gerais_An_application_of_quantile_regression. Acesso em 31/03/2019.

NEVES, M. **Estratégias para a Carne Bovina no Brasil**. São Paulo: Ed. Atlas. 2012

OAIGEN, Ricardo Pedroso et al. **Competitividade interna na bovinocultura de corte no Estado do Rio Grande do Sul**. Ciência Rural, v. 41, n. 6, p. 1102-1107, 2011.

OLIVEIRA, André Soares de et al. **Identificação e quantificação de indicadores-referência de sistemas de produção de leite**. R. Bras. Zootec., v.36, n.2, p.507-516, 2007.

OLIVEIRA, Terezinha Bezerra Albino et al. **Technical indices and profitability of the dairy industry**. Scientia Agricola, v. 58, n. 4, p. 687-692, 2001.

PEREIRA, J. M.; REZENDE, C. de P.; RUIZ, M. A. M. **Pastagem no ecossistema mata atlântica**: atualidades e perspectivas. Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, v. 39, n. 2005, p. 36-51, 2005.

PEREIRA, Osvaldo José Ribeiro et al. **Assessing pasture degradation in the brazilian cerrado based on the analysis of modis ndvi time-series**. Remote Sensing, v. 10, n. 11, p. 1761, 2018.

PERISSINOTO, M.; et al. **Conforto térmico de bovinos leiteiros confinados em clima subtropical e mediterrâneo pela análise de parâmetros fisiológicos utilizando a teoria dos conjuntos fuzzy**. Revista Ciência Rural, v.39, n. 5, p.1492-1498. Santa Maria, Rio Grande do Sul. Agosto, 2009.

RESENDE FILHO, Moisés de Andrade; BRAGA, Marcelo José; RODRIGUES, Rodrigo Vilela. **Sistemas de terminação em confinamento**: perspectivas para dinamização da cadeia produtiva da carne bovina em Minas Gerais. Revista Brasileira de Economia, v. 55, n. 1, p. 107-131, 2001.

RIBEIRO, L. M. et al. **Contaminação de águas subterrâneas por pesticidas: Avaliações preliminares.** Química Nova, vol. 30. N.3, p.688-694, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/%0D/qn/v30n3/30.pdf>. Acesso em outubro/2019.

SAATH, Kleverton Clovis de Oliveira; FACHINELLO, Arlei Luiz. **Crescimento da demanda mundial de alimentos e restrições do fator terra no Brasil.** Rev. Econ. Sociol. Rural, Brasília, v. 56, n. 2, p. 195-212, June 2018. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-20032018000200195&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 01 Oct. 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/1234-56781806-94790560201>SANTOS,

SANCHES, S. M.; SILVA, C. H. T. P.; CAMPOS, S. X.; VIEIRA, E. M.; **Pesticidas e seus respectivos riscos associados à contaminação da água.** Pesticidas: Revista Ecotoxicologia e Meio Ambiente, Curitiba, v.13, p. 53-58. Jan/dez. 2003.

SANTOS, Glauber dos and BITTAR, Carla Maris Machado. **A survey of dairy calf management practices in some producing regions in Brazil.** R. Bras. Zootec. [online]. 2015, vol.44, n.10 [cited 2020-05-21], pp.361-370

SERRANO, J. et al. **Fertilizers application: technology, energy efficiency and environment.** Revista de Ciências Agrárias (Portugal), v. 37, n. 3, p. 270-279, 2014.

SILVA, L. A. F. et al. **Causas de Descarte de fêmeas bovinas leiteiras adultas.** Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal, v.5, n.1, p.9-17, ISSN: 15199940. 2004.

SMITH, Val H.; SCHINDLER, David W. **Eutrophication science: where do we go from here?** Trends in ecology & evolution, v. 24, n. 4, p. 201-207, 2009.

STEIFELD, H; WASSENER T.; JUTZI S.; **Livestock production systems in developing countries: status, drivers, trends.** Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz., 25 (2006), pp. 505-516

STRASSBURG B. B. N.; LATAWIEC A. E.; BARONI L.; ASSAD E.; PORFIRIO V.; VALENTIM J.; 2014 a. **When enough should be enough: improving the use of current agricultural lands could meet production demands and spare natural habitats in Brazil?** Global Environ. Change 28, 84–97.

TAHERDOOST, Hamed. A review of technology acceptance and adoption models and theories. **Procedia manufacturing**, v. 22, p. 960-967, 2018.

TEDESCHI, L.O.; FOX D.G.; TYLUTKI, T.P. **Potential environmental benefits of ionophores in ruminant diets.** Journal Environmental Quality, v.32, n.7, p.1591-1602, 2003.

THOMA, Greg et al. **Greenhouse gas emissions from milk production and consumption in the United States: A cradle-to-grave life cycle assessment circa 2008.** International Dairy Journal, v. 31, p. S3-S14, 2013.

TUPY, O.; PRIMAVESI O.; CAMARGO A.C.; **Avaliação dos impactos econômicos, sociais e ambientais de tecnologias da Embrapa Pecuária Sudoeste.** Documento 57. São Carlos, SP. ISSN 1518-4757. Dezembro, 2006.

VALVERDE, O. **Geografia da pecuária no Brasil.** Finisterra, Lisboa, v. 2, n. 4, p. 244-21, 1967.

VERA, R.R.; HOYOS, P.; MOYA, M.C. **Pasture renovation practices of farmers in the neotropical savannahs.** Land Degradation & Development, v.9, p.47-56, 1998.

VESCHI, J. L. A.; BARROS, L. L. S.; RAMOS, E. M. **Impacto ambiental da pecuária.** Embrapa. 2010 cap. 6. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/875506/impacto-ambiental-da-pecuaria>. Acesso em 27/08/2019.

WERNCKE, Daíse et al. **Qualidade do leite e perfil das propriedades leiteiras no sul de Santa Catarina: abordagem multivariada.** Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v. 68, n. 2, p. 506-516, 2016.

ZHANG, Yisheng et al. **Estimating the volatilization of ammonia from synthetic nitrogenous fertilizers used in China.** Journal of environmental management, v. 92, n. 3, p. 480-493, 2011.

ANEXO I - ARTIGO

RESEARCH ARTICLE

Technification in dairy farms may reconcile habitat conservation in a Brazilian savanna region

Fausto Miziara¹, Juliana Silveira dos Santos^{2,3}, Hayla da Silva Fernandes¹, Renato Cezar Miranda⁴, Rosane Garcia Collevatti^{2*}

¹*Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais, Universidade Federal de Goiás, 74690-900, Goiânia, Goiás, Brazil. faustomiziara@gmail.com*

²*Laboratório de Genética & Biodiversidade, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Goiás, 74690-900, Goiânia, Goiás, Brazil. rosanegc68@hotmail.com*

³*Departamento de Ecologia, Laboratorio de Ecologia Espacial e Conservação (LEEC), Universidade Estadual de São Paulo State University, UNESP, Rio Claro, São Paulo, Brazil. juliana.silveiradossantos@gmail.com*

⁴*Floresta Nacional de Silvânia, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), Silvânia, Goiás, Brazil. renatocezarmiranda@gmail.com*

* **Author for correspondence:** Rosane Garcia Collevatti, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Goiás, 74001-970, Goiânia, GO, Brazil. E-mail: rosanegc68@hotmail.com. Phone: +55 62 3521-1729

Short Title: Conservation in dairy farms

Abstract

The assessment of the relationships between farm management systems and nature conservation may help designing more efficient strategies to uphold economic benefits and biodiversity conservation. Here we test the hypothesis that dairy farms with higher levels of technification have higher amounts of natural vegetation and functional connectivity. We obtained variables related to the level of technification in feed and milking management, sanitary control, and genetics and breeding systems, and proportion of natural vegetation remnants and connectivity. We found that farmers using higher level of technification, such as artificial insemination in cattle breeding tended to conserve higher proportion of natural vegetation. The adoption of artificial insemination is associated with other technification systems and higher milk productivity. Our results points to a positive effect of technification in conservation of natural vegetation, suggesting that economic incentives and programs aimed at increasing technification in cattle breeding may increase dairy production and conservation within the study area.

Keywords: Agricultural landscapes; Conefor; functional connectivity; long-term ecological research; spatial-temporal heterogeneity

Introduction

The trade-off between food production and biodiversity conservation is one of the major challenges for policymakers in the Anthropocene (Johnson et al., 2017). The expansion of agriculture and the use of unsustainable practices are the main threats to terrestrial natural habitats (Laurance et al., 2014) and to biodiversity conservation in tropical and temperate regions (Newbold et al., 2015). The global agricultural land area was 4.9 billion hectares (Gha) in 2016, 38% of the global land surface (FAO, 2019). Two thirds (3.3 Gha) of the agricultural land was used as pastures for livestock.

Pastures are the main anthropic disturbs world-wide and expanded more rapidly than cropland. While agriculture expanded from 265 ha to 1,471 million ha from 1700 to 1990, pastures expanded from 524 ha to 3,451 million ha in the same period (Goldewijk, 2001), and to 3,340 million ha by 2005 (Hurt et al., 2011). This expansion is mainly due to the increasing pressure to produce animal protein, mainly from cattle. World cattle livestock population was estimated in 1.5 billion in 2012, that produced 67 billion kg of beef carcass and 625 billion kg of milk (LEAP, 2015). The expected increase in animal protein demands of 1.3% per year until 2050 may lead to a 40% increase in cattle population (Alexandratos and Bruinsma, 2012; LEAP, 2015; Saath and Fachinello, 2018).

In Brazil, pastures for cattle livestock increased in the last 33 years from ~ 118 million ha \pm 3.41% to ~ 178 million ha \pm 2.53% (Parente et al., 2019), an increase of nearly 60 million ha, leading to rapid deforestation of Brazilian ecosystems. Presently, most of the pasture area is degraded (60%) or with reduced carrying capacity (Nogueira et al., 2013). The increase of pasture productivity is of utmost importance to restrain the ongoing expansion in Brazil (Cohn et al., 2014; Latawiec et al., 2014; Strassburg et al., 2014), using both more technology in cattle raising and pasture restoration. For instance, the restoration of degraded pastures in 2006 would have prevented the occupation of 147.5 million ha new areas in Amazonia and Cerrado biomes (Strassburg et al., 2014; Valentim and Andrade, 2009).

Besides deforestation, livestock farming may cause high environment impacts such as soil degradation (Clegg, 2006; De Goede et al., 2003; Kolbek and Alves, 2008; Kurz et al., 2006), water eutrophication (Burt et al., 2012), water scarcity due to intense use, and water spring deterioration (Conroy et al., 2016). In addition, livestock raising requires the use of fossil fuel in all productive chain, leading to high emissions and

pollution (De Boer et al., 2011). Cattle livestock is responsible for 50 to 70% of greenhouse gas emission in Brazil (Bustamante et al., 2012). Methane is the main greenhouse gas in cattle raising and is responsible for 15% of global warming, representing ~ 14.5% (7.1 Gt CO₂ per year) of all anthropic emissions (Gerber et al., 2013). Greenhouse gas emission has a high variation among farms and production system, while methane emission is an important measure of rumen fermentation efficiency in cattle and can be highly decreased by the adoption of specific sustainable technologies. Techniques to reduce livestock greenhouse gas emissions may also increase livestock productivity and resilience. Husbandry (animal breeding, feed supplements, improved pastures), management system (stocking rates, improved pasture, biological control), numbers of livestock, manure management, and conservation and increase of natural vegetation in farms are the main approaches to mitigating livestock greenhouse gas emissions (Broom et al., 2013; Herrero et al., 2013; Rudel et al., 2015).

The Cerrado biome in the Central-West Brazil is one of the major cattle raising region with 44% of the Brazilian cattle population, and 60 million ha of pasture, the most dominant anthropic land use class (Scaramuzza et al., 2017). From 2002 to 2013 the pasture area in the Cerrado increased 11% and contributed to consolidate the anthropization of 50% of the biome (Sano et al., 2019), considered one of the world hotspots of biodiversity (Myers et al., 2000).

The expansion of cattle raising in the Brazilian Cerrado was characterized by low levels of technification, and was usually associated to the primary land occupation (De Sy et al., 2015). As a consequence, degraded pastures currently represent 39% of the Cerrado pastures (Pereira et al., 2018). Identifying the levels of technification in livestock farming is a challenge in Brazil, due to the wide variety of systems and technologies employed (De Oliveira Silva et al., 2018). This diversity is mainly in feeding (Oliveira and Millen, 2014) and management practices (Costa et al., 2013). The relationship of technification level in dairy farms and the conservation of natural vegetation is still overlooked in Brazil, especially in the Cerrado. Despite its huge biodiversity, the lack of information on how technification affects conservation limits sound conservation planning for this biome. The low productivity of pastures is a major driver of deforestation in Brazil, leading to overall environmental and socio-economic impacts (Latrubesse et al., 2019). However, although the adoption of technologies that improve production efficiency may also decrease impacts in natural resources and

minimizing greenhouse gas emission, rebound effect may lead to a loss of initial resource saving through time, due to the increase in total resource use driven by socio-psychological adaptation (Gillingham et al., 2016; but see Paul et al., 2019). Even though, technification in pasture management in Brazilian Amazonia, for instance, increased livestock and milk productivity, and reduce environmental impacts such as soil degradation (zu Ermgassen et al., 2018). Because increasing efficiency of livestock farming can reduce pasture expansion and deforestation (Steinfeld et al., 2006a), understanding how technification levels in farms can reduce deforestation is of utmost importance for Cerrado conservation and decrease of greenhouse gas emission.

Here we address the relationship between the level of technification and conservation in dairy farms. We specifically test the hypothesis that dairy farms with higher levels of technification have higher amount of natural vegetation and connectivity. For this, we applied questionnaires to characterize dairy production and farm management system, and to obtain variables related to the level of technification in feed and milking management, sanitary control, and genetics and breeding systems. Using the Brazilian SICAR (Brazilian System of Rural Environment) database of rural properties, we obtained farm boundaries and mapped the area of natural vegetation remnants and estimated the functional connectivity among these remnants to predict the effects of technification on natural vegetation conservation.

Materials and Methods

Study area

The study was carried out in a Brazilian intensive-farming landscape comprising a Long-Term Ecological Research (LTER) project called COFA-PELD (Functional Connectivity in an Agricultural Landscape, Appendix S2 Fig. 1), in the Central-West Brazil, one of the most important Brazilian agribusiness regions. The landscape comprises a reserve (Silvânia National Forest), the urban area of the city Silvânia, and the rural area with farms (Appendix S2 Fig. 1).

We mapped land cover in COFA-PELD landscape using visual digitalization and manual classification of high-resolution images of Google Earth from 2019, freely

available at the Geographic Information Systems QGIS 2.4, with validation by field checking. The final map corresponded to 5 meters of spatial resolution, comprising 11 different land cover classes (Fig. 1, Supplementary File S1). We obtained the slope map from the TOPODATA INPE (National Institute for Space Research, <http://www.dsr.inpe.br/topodata/acesso.php>) database with 30x30m resolution.

All dairy farms were identified and mapped (Appendix S2 Fig. 1, Appendix S1 Table S1). The boundaries of farms (25 farms, Appendix S2 Fig. S1) were obtained in the Brazilian SICAR (Brazilian System of Rural Environment) database of rural properties (<http://www.car.gov.br/publico/imoveis/index>) from 2019, or were manually digitalized in Google Earth.

Technification variables and farm characteristics

We obtained variables related to the level of technification in the dairy farm and on farm management practices using face to face interviews with farmers (25 farmers) in 2019. Before the interviews, we had several meetings with local stakeholders, including local government, non-governmental organizations (NGOs), researchers, farmers and technical assistants, to design a robust research approach in COFA-PELD project. All farmers signed an informed consent before interviewing.

We measured five different characteristics of technification in dairy production (Table 1, see Supplementary File S1 for details), following the milk production systems prevalent in Brazil (Neto et al., 2012).

Besides technification variables, we obtained variables to characterize dairy farms in the studied area. We obtained farm area, legal reserve area, and variables related to the overall milking management (Appendix S1 Table S1, see Supplementary File S1). We also classified the farms according to the rural fiscal module of Silvânia (1 fiscal module = 30 ha; <http://www.incra.gov.br/pt/>): A, family farms (< 30 ha); B, small size farms (1 to 4 modules); C, medium (4 to 15 modules); D, large (> 15 modules).

Conservation status of the dairy farms

Using farm boundaries (Appendix S2 Fig.S1), we identified patches with natural vegetation for each farm and calculated the farm area and proportion of natural

vegetation in farm. We used proportion of natural vegetation and the Integral Index of Connectivity (IIC, Pascual-Hortal and Saura 2006) as proxies of the conservation status of each farm (Supplementary File S1). For analysis, we used Conefor (Saura and Torné, 2009) version available in R version 3.6.1. (R Core team 2019). We calculated IIC considering each farm as a different landscape considering habitat all categories of natural vegetation. We used the mean value of ICC among three spatial distances as the response variable (100, 300, 500 and 1000 meters), because most farms in the studied area were small and IIC values for all distances evaluated were very similar (Appendix S1 Table S1).

Statistical analyses

To analyze the effect of technification in farm conservation status we first verified the multicollinearity among all explanatory variables using the generalized variance-inflation factor (Supplementary File S1) available in the *car* package (Fox and Weisberg, 2019). We ran one model per variable group (Appendix S1 Table S1) using a stepwise approach, i.e., eliminating the models with $Gvif > 5.0$ (Zuur et al., 2010).

We then analyzed the effect of technification in farm conservation status using linear models (Supplementary File S1). To select the best variable explaining habitat amount or ICC, we used the function *drop1* in R version 3.6.1. (R Core Team, 2019) with stepwise backward selection. We performed a final model, including the categorical variables previously selected and daily milk production (continuous variable).

In addition, we performed a linear regression to test for the effect of topography in proportion of natural vegetation conserved in dairy farms and analyze whether slope can explain the level of technification, using the variable of technification that was significant in linear models.

We tested the significance of association between pairs of technification variables (Supplementary File S1) using Kendall's coefficient of concordance (Kendall's tau-b) to test for concordance or attribute agreement between variables. Analyses were performed using the software Minitab®18.

Finally, we performed several regressions and Anova to analyze the relationships between farm area and size class (fiscal module), and proportion of natural vegetation and ICC.

Results

Dairy farm characteristics

Most dairy farms (80%) were family or small size, and only one was a large dairy farm (Appendix S1 Table S1, Appendix S2 Fig S2, Supplementary File S1). Overall, the legal reserve area declared by farmers was equal to the minimum required by Brazilian law in Central-Brazil (20% of the farm area, Appendix S1 Table S1).

The total area of natural vegetation (Appendix S2 Fig. S2, Appendix S1 Table S1, Supplementary File S1) comprised 5.42 to 46.55% of the farm area (mean = 24.84%, SD = 11.45%). Although some properties had lower proportion of natural vegetation than the declared in legal reserve (Appendix S2 Fig. S2a, Appendix S1 Table S1), overall dairy farms had higher proportion than 20% of the propriety area (Fig. S2a). However, the proportion of natural vegetation conserved in dairy farms was not related to farm area (linear regression, $p = 0.30$) or size class of fiscal module (Anova, $p = 0.235$, Fig. 2b).

Mean IIC ranged from 0.0023 to 0.2141 (Appendix S2 Fig. S3, Table S1), and the mean overall farms was very low, 0.0646 (SD = 0.0561), meaning that the connectivity among remaining habitats in the landscape was very low. We found no relationship between farm size and habitat connectivity (linear regression, $p = 0.463$). See Supplementary File S1 for details about technification and milking management variables.

Technification and conservation status

We excluded the variables primary forage diet (GVIF = 8.974) for feed management (Appendix S2 Table S2), and milking method (GVIF = 5.093) for milking management (Appendix S2 Table S2) due to collinearity. For sanitary control and genetics and breeding we kept all variables (Gvif < 5.0, Appendix S2 Table S2).

We found that selective breeding method ($p = 0.046$) significantly explained the variation in percentage of habitat in dairy farms (Table 2 and Table S3). Dairy farms applying artificial insemination (Appendix S2 Fig. S4a) had higher proportion of natural vegetation. Breeding program for productivity improvement was marginally significant ($p = 0.059$) and daily milk production did not explain variation in percentage of habitat ($p = 0.789$). When analyzed in the full model (Appendix S1 Table S2), feed and milking management, and sanitary control variables did not explain farm conservation status (all $p > 0.05$; Table S3).

Connectivity (mean ICC) was not explained by feed and milking management or sanitary control variables, or daily milk production (all $p > 0.05$; Table S4).

Slope did not explain the proportion of natural vegetation conserved in dairy farms ($F = 0.038$, $p = 0.848$). Also, selective breeding was not explained by the farm slope steepness ($p = 0.839$, Appendix S2 Fig S4b), and was not related to farm size ($t = -0.82$, $p = 0.430$).

We found significant association between selective breeding method and primary forage diet ($p = 0.001$, Appendix S1 Table S5, Supplementary File S1). In addition, daily milk production was significantly higher ($t = 2.73$, $p = 0.026$, Appendix S2 Fig. S5) in farms that used artificial insemination (mean production = 1023 l, SD = 933.0 l) than in farms that used natural service with selected breeding bulls (mean production = 166.0, SD = 165.0).

Discussion

Our finding showed significant relationship between technification level and conservation of natural vegetation remnants in dairy farms. Farmers that used cutting edge technology such as artificial insemination in cattle breeding tended to conserve a higher proportion of natural vegetation in the COFA-PELD landscape. The use of artificial insemination increased in Brazil in the last years, although the number of cows that are inseminated is still low, compared to the cattle population. For instance, from 2009 to 2014 artificial insemination increased 34.0%, however, only 11.9% of all cows were artificially inseminated in 2014 (ASBIA, 2015). This reflects the great diversity in livestock production systems in Brazil that is similar to other developing countries

(Steinfeld et al., 2006b). In Brazil most dairy farmers still apply traditional production system with low levels of technification (Balcão et al., 2017).

Cattle raising farms in Brazil use predominantly extensive pasture-raised (free grazing) system with low productivity, which may hamper conservation of natural vegetation due to the constant need for new pasture areas (Latawiec et al., 2014; Soares-Filho et al., 2014). In the Cerrado biome, ~39% of pastures are degraded (Pereira et al., 2018). In the COFA-PELD landscape, most dairy farmers use pasture-raised with free grazing or semi-confinement that includes free grazing and free-stall or Barn systems, which is similar to the most used feed management system in Brazilian dairy farming (e.g. dos Santos and Bittar 2015). The predominance of these feed management systems may contribute to the relatively low proportion of natural vegetation and connectivity among patches of vegetation in dairy farms due to the demand of pasture and grain plantation for cattle feeding. Most dairy farmers (60%) had higher proportion of vegetation remnants than the 20% determined by Brazilian policy and 32% had smaller percentage (see Appendix S2 Fig S2a), but there was no relationship between farm size and proportion of natural vegetation preserved in the farm (see Appendix Fig. 2b). It is important to mention that 80 % of our dataset corresponds to family and small dairy farms, which may explain the lack of significant relationship between property size and conservation or the use of selective breeding method and farm size. Also, we found no significant effects of connectivity measured by IIC on the technification variables analyzed, and no significant relationship between farm size and habitat connectivity. Connectivity is a measure of landscape configuration, and high levels of functional connectivity depend on the spatial distribution of natural vegetation remnants in the landscape and how different organisms perceive these areas (Tischendorf and Fahrig, 2000). It is important to note that overall connectivity was very low, which may compromise biodiversity conservation in the landscape.

Indeed, this result was not a surprise, because farmers do not have technical support to design priority areas for conservation within the rural property that would maximize the trade-offs between ecological and economic benefits, such as improving connectivity. Usually, farmers in Brazil conserve unproductive areas, or with technical limitations for management, and that will not interfere in daily management practices. To our knowledge, the local government has no economic incentives to the implementation of conservation, restoration or sustainable practices to improve local

and regional connectivity, that is one of the objectives of COFA-PELD long-term project.

However, it is important to highlight that positive outcomes can be identified at regional scales, as we found a higher amount of natural vegetation in a set of dairy farms that use higher levels of technification (see Appendix S2 Fig S4). Furthermore, planned interventions with few interferences on the production systems can favor local biodiversity and ecosystem services (Popescu and Hunter, 2011; Weibull et al., 2003). Some of these interventions support the restoration of strips of natural vegetation between the crop fields (Concepción et al., 2012) and the reduction of agrochemical inputs (Donald and Evans, 2006). Our findings suggest that the majority of farmers (84%) have the intention to preserve or restore the total area of natural vegetation established by Brazilian environmental law. Only four dairy farms have no register in the Brazilian government database SICAR, that requires the information of the natural vegetation remnants in farm (legal reserves) or which area will be restore in the future to comprise the legal reserve. However, even with the SICAR declaration, some of the dairy farmers in the COFA-PELD landscape do not conserve the minimum of natural vegetation established by law (20% of the property), suggesting that the current environmental policies provide no additional incentive to conservation in the study area. Notwithstanding, the high adherence of farmers to the SICAR seems to be more related to restrictions to credit and rural financing and insurance imposed by Brazilian policies. SICAR declaration is significant related to the access to rural credit and adoption of practices to improve pasture management in cattle farms in Brazil (Latawiec et al., 2017).

Furthermore, we found that landscape relief, i.e., high-slope is a common characteristic between the dairy farmers that use some technification and tend to maintain higher amount of natural vegetation than that established by environmental law (Appendix S2 Fig. S4b). Farmers may adopt conservation practices based mainly on short economic benefits and in other factors such as previous experience, familiarity with technologies, perceived risks, labor requirements, and interactions with peers and advisors (Kleijn et al., 2019). However, conservation-oriented actions can occur without clear evidence of economic benefits, as human behavior depends on factors that exceed rational considerations. For instance, public visibility and the influence of neighbor farmers that use conservation practices can drive the decision of surrounding farmers to adopt new or more ecological management practices (Kleijn et al., 2019).

Feed management may affect greenhouse gas emission directly due to both the forage production and feed conversion rates (Gerosa and Skoet, 2012), and indirectly due to expansion of new areas of pasture and grain plantation for animal feed leading to deforestation (Batista et al., 2019; de Léis et al., 2015; Steinfeld et al., 2006b). However, we found no relationship between feed management and the proportion of natural vegetation. It is possible that farmers may have cleared their farms for pasture planting before the adoption of cutting-edge technology, and then turned to higher levels of technification (Lambin and Meyfroidt, 2011; Latawiec et al., 2017, 2014) insemination, milking using automatic machines and confinement.

The increase in productivity of cattle raising and in general, the ecological intensification of agriculture (Kleijn et al., 2019) may improve not only direct economic incomes but also conservation of vegetation remnants (Strassburg et al., 2014). In fact, our results pointed out that increasing technology and cattle raising efficiency may improve economic benefits. Artificial insemination was directly related to productivity in PELD-COFA landscape, i.e., dairy farms applying artificial insemination tended to have higher daily milk production (see Appendix S2 Fig. S5), which may increase economic benefits. The benefits of applying technification can also be detected in other important indicators of productivity, for instance, dairy farms adopting artificial insemination (mean = 48.6, SD = 30.5) have higher number of dairy cows ($t = 3.25$, $p = 0.012$) than those with natural service with selected breeding bulls (mean = 14.9, SD = 7.4).

However, although our findings point out opportunities to improve economic and ecological benefits on dairy farms, these opportunities may vary throughout Brazilian territory, restricting our conclusions to the study area. Also, it is not easy to establish patterns in the production systems in Brazil. The country is very heterogeneous in a set of factors such as the environment, technology availability and adoption, which may establish patterns utterly different in the same production system such as dairy farms.

Sustainable intensification in Brazil can potentially increase 113% in pasture grazing beef and milk production without increasing land demand and sparing areas for biodiversity conservation (Santos et al., 2020). Our findings point to important outcomes about technification and conservation in the COFA-PELD landscape, showing that additional economic incentives and programs aimed at improving technification in cattle breeding can increase dairy production and, consequently, may lead to additional incentives to the conservation and restoration of vegetation

remnants. Besides artificial insemination, our results suggest that practices such as confinement and semi-confinement may contribute to less land demand. However, it is essential to mention that non-ecological intensification practices may reduce pasture area, but may cause a set of additional impacts on the environment. Farmers tend to adopt new management practices when they do not require high modification in the establish farming systems (Kleijn et al., 2019). Furthermore, evidence-based new management systems have higher chances of adoption when the most relevant costs and benefits to the farmers are clear (Kleijn et al., 2019). In this context, we are providing clear evidence that technification may bring positive income to dairy farms in the PELD region.

Concluding remarks

Our findings show that dairy farms using cutting edge technology in cattle breeding, such as artificial insemination, significantly conserve higher proportion of natural vegetation in their farms. Therefore, technification affected positively the conservation of natural vegetation in the COFA-PELD landscape. Our results also showed that farmers adopting artificial insemination had higher daily milk production and tended to use other technification systems related to dairy farm management more frequently than the other farmers, such as confinement and semi-confinement, and milking with automatic machine.

We found no relationship between dairy farming systems and farm size. However, our dataset was limited to smallholders. Moreover, Brazil harbors a diversity of social, environmental, and economic conditions with can provide different perspectives to other parts of the territory and other productive systems (see an example in Latawiec et al. 2017). However, our dataset provides strong evidence that incentives to technification may promote economic benefits to dairy farmers and can provide opportunities to preserve or restore habitats in COFA-PELD landscape. To our knowledge, this is the first report of the relationship between technification and conservation status in Brazilian dairy farms at a local level. Our dataset can be a starting point to design successful strategies aimed at the conservation and dairy production in the study area. However, the use of new practices or strategies can be seen as a barrier if enable conditions are not offered safely, like technical assistance and training for labor (Latawiec et al., 2017; Santos et al., 2020).

Ecological initiatives should be designed at the local and regional levels to favor essential components such as functional connectivity, direct evidence of how the organisms perceive the surrounding landscapes. Our findings also suggest that environmental law is not enough to conserve habitats in the COFA-PELD region, evidencing urgent review of SICAR statements. Additional incentives of local government are essential to support the dairy farmers to achieve economic benefits, maintain existing habitats, and ensuring ecological benefits within rural properties. Also, more research is necessary at the farm level to understand the relationship between technification and conservation, identify barriers, and promote efficient strategies to fix it. Also, in the study area, incentives for sustainable intensification are urgently necessary to minimize environmental impacts.

Acknowledgments

This work was supported by grants to the research network PELD COFA supported by MCT/CNPq/CAPES/ (project no 441278/2016-7) and FAPEG (project no. 201710267000331), CAPES/PROCAD (project no. 88881.068425/2014-01). JSS received a CAPES postdoctoral fellowship and a postdoctoral grant from São Paulo Research Foundation (FAPESP, process 2019/09713-6). RGC has continuously been supported by productivity grants from CNPq which we gratefully acknowledge.

Conflict of Interest Statement

The authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

Author Contributions

FM, RGC and HSF conceived the work. HSF and RCM obtained the data. JSS and RGC analyzed the data. RGC, FM and JSS wrote the manuscript. FM and RGC led the working team, and RGC funded the work. All authors read and approved the final manuscript.

Data Availability and Archiving

Data and additional supporting information may be found in the online version of this article as supporting information.

Supporting information

Appendix S1 – Tables (Tables S1-S4) with raw data and results of ICC, GVIF and GLM models

Appendix S2 – Figures (Figures S1 and S2) with the spatial distribution of the 25 dairy farms in the COFA-PELD long-term project landscape and distribution of dairy farms size and natural vegetation.

References

- Alexandratos, N., Bruinsma, J., 2012. World Agriculture Towards 2030/2050: the 2012 revision. ESA Work. Pap. <http://www.fao.org/3/a-ap106e.pdf>. URL <http://www.fao.org/3/a-ap106e.pdf>
- ASBIA, 2015. Associação Brasileira de Inseminação Artificial. Relatório estatístico de importação, exportação e comercialização de sêmen. <http://www.asbia.org.br/wp-content/uploads/2018/09/INDEX-ASBIA-2015.pdf>. URL <http://www.asbia.org.br/wp-content/uploads/2018/09/INDEX-ASBIA-2015.pdf>
- Balcão, L.F., Longo, C., Costa, J.H.C., Uller-Gómez, C., Filho, L.C.P.M.H., Hötzel, M.J., 2017. Characterisation of smallholding dairy farms in southern Brazil. *Anim. Prod. Sci.* 57, 735–745. <https://doi.org/10.1071/AN15133>
- Batista, E., Soares-Filho, B., Barbosa, F., Merry, F., Davis, J., Van Der Hoff, R., Rajão, R.G., 2019. Large-scale pasture restoration may not be the best option to reduce

- greenhouse gas emissions in Brazil. *Environ. Res. Lett.* 14. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab5139>
- Broom, D.M., Galindo, F.A., Murgueitio, E., 2013. Sustainable, efficient livestock production with high biodiversity and good welfare for animals. *Proc. R. Soc. B Biol. Sci.* 280. <https://doi.org/10.1098/rspb.2013.2025>
- Burt, C., Bachoon, D.S., Manoylov, K., Smith, M., 2012. The impact of cattle farming best management practices on surface water nutrient concentrations, faecal bacteria and algal dominance in the Lake Oconee watershed. *Water Environ. J.* 27, 207–215. <https://doi.org/10.1111/j.1747-6593.2012.00343.x>
- Bustamante, M.M.C., Nobre, C.A., Smeraldi, R., Aguiar, A.P.D., Barioni, L.G., Ferreira, L.G., Longo, K., May, P., Pinto, A.S., Ometto, J.P.H.B., 2012. Estimating greenhouse gas emissions from cattle raising in Brazil. *Clim. Change* 115, 559–577. <https://doi.org/10.1007/s10584-012-0443-3>
- Clegg, C.D., 2006. Impact of cattle grazing and inorganic fertiliser additions to managed grasslands on the microbial community composition of soils. *Appl. Soil Ecol.* 31, 73–82. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2005.04.003>
- Cohn, A.S., Mosnier, A., Havlík, P., Valin, H., Herrero, M., Schmid, E., O’Hare, M., Obersteiner, M., 2014. Cattle ranching intensification in Brazil can reduce global greenhouse gas emissions by sparing land from deforestation. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 111, 7236–7241. <https://doi.org/10.1073/pnas.1307163111>
- Concepción, E.D., Díaz, M., Kleijn, D., Báldi, A., Batáry, P., Clough, Y., Gabriel, D., Herzog, F., Holzschuh, A., Knop, E., Marshall, E.J.P., Tschardtke, T., Verhulst, J., 2012. Interactive effects of landscape context constrain the effectiveness of local agri-environmental management. *J. Appl. Ecol.* 49, 695–705. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2012.02131.x>

- Conroy, E., Turner, J.N., Rymaszewicz, A., O'Sullivan, J.J., Bruen, M., Lawler, D., Lally, H., Kelly-Quinn, M., 2016. The impact of cattle access on ecological water quality in streams: Examples from agricultural catchments within Ireland. *Sci. Total Environ.* 547, 17–29. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.12.120>
- Costa, J.H.C., Hötzel, M.J., Longo, C., Balcão, L.F., 2013. A survey of management practices that influence production and welfare of dairy cattle on family farms in southern Brazil. *J. Dairy Sci.* 96, 307–317. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5906>
- De Boer, I.J.M., Cederberg, C., Eady, S., Gollnow, S., Kristensen, T., Macleod, M., Meul, M., Nemecek, T., Phong, L.T., Thoma, G., van der Werf, H.M.G., Williams, A.G., Zonderland-Thomassen, M.A., 2011. Greenhouse gas mitigation in animal production: Towards an integrated life cycle sustainability assessment. *Curr. Opin. Environ. Sustain.* 3, 423–431. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2011.08.007>
- De Goede, R.G.M., Brussaard, L., Akkermans, A.D.L., 2003. On-farm impact of cattle slurry manure management on biological soil quality. *NJAS - Wageningen J. Life Sci.* 51, 103–133. [https://doi.org/10.1016/S1573-5214\(03\)80029-5](https://doi.org/10.1016/S1573-5214(03)80029-5)
- de Léis, C.M., Cherubini, E., Ruviaro, C.F., Prudêncio da Silva, V., do Nascimento Lampert, V., Spies, A., Soares, S.R., 2015. Carbon footprint of milk production in Brazil: a comparative case study. *Int. J. Life Cycle Assess.* 20, 46–60. <https://doi.org/10.1007/s11367-014-0813-3>
- De Oliveira Silva, R., Barioni, L.G., Queiroz Pellegrino, G., Moran, D., 2018. The role of agricultural intensification in Brazil's Nationally Determined Contribution on emissions mitigation. *Agric. Syst.* 161, 102–112. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2018.01.003>
- De Sy, V., Herold, M., Achard, F., Beuchle, R., Clevers, J.G.P.W., Lindquist, E., Verchot, L., 2015. Land use patterns and related carbon losses following

- deforestation in South America. *Environ. Res. Lett.* 10.
<https://doi.org/10.1088/1748-9326/10/12/124004>
- Donald, P.F., Evans, A.D., 2006. Habitat connectivity and matrix restoration: The wider implications of agri-environment schemes. *J. Appl. Ecol.* 43, 209–218.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2006.01146.x>
- dos Santos, G., Bittar, C.M.M., 2015. A survey of dairy calf management practices in some producing regions in Brazil. *Rev. Bras. Zootec.* 44, 361–370.
<https://doi.org/10.1590/S1806-92902015001000004>
- FAO, 2019. The State of the World's Biodiversity for Food and Agriculture, Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture Assessments. FAO, Rome.
<https://doi.org/10.4060/CA3129EN>
- Fox, J., Monette, G., 1992. Generalized collinearity diagnostics. *J. Am. Stat. Assoc.* 87, 178–183. <https://doi.org/10.1080/01621459.1992.10475190>
- Fox, J., Weisberg, S., 2019. *An R Companion to Applied Regression*, Third edit. ed. SAGE.
- Gerber, P.J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Faluccci, A., Tempio, G., 2013. Tackling climate change through livestock – A global assessment of emissions and mitigation opportunities., Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), <http://www.fao.org/3/a-i3437e.pdf>. Rome.
- Gerosa, S., Skoet, J., 2012. Milk availability Trends in production and demand and medium-term outlook. *ESA Work. Pap. No. 12-01*, 1–40.
<https://doi.org/10.1007/BF02026416>
- Gillingham, K., Rapson, D., Wagner, G., 2016. The rebound effect and energy efficiency policy. *Rev. Environ. Econ. Policy* 10, 68–88.

<https://doi.org/10.1093/reep/rev017>

- Goldewijk, K.K., 2001. Estimating global land use change over the past 300 years: The HYDE database. *Global Biogeochem. Cycles* 15, 417–433. <https://doi.org/10.1029/1999GB001232>
- Herrero, M., Havlík, P., Valin, H., Notenbaert, A., Rufino, M.C., Thornton, P.K., Blümmel, M., Weiss, F., Grace, D., Obersteiner, M., 2013. Biomass use, production, feed efficiencies, and greenhouse gas emissions from global livestock systems. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 110, 20888–20893. <https://doi.org/10.1073/pnas.1308149110>
- Hurt, G.C., Chini, L.P., Froking, S., Betts, R.A., Feddema, J., Fischer, G., Fisk, J.P., Hibbard, K., Houghton, R.A., Janetos, A., Jones, C.D., Kindermann, G., Kinoshita, T., Klein Goldewijk, K., Riahi, K., Shevliakova, E., Smith, S., Stehfest, E., Thomson, A., Thornton, P., van Vuuren, D.P., Wang, Y.P., 2011. Harmonization of land-use scenarios for the period 1500-2100: 600 years of global gridded annual land-use transitions, wood harvest, and resulting secondary lands. *Clim. Change* 109, 117–161. <https://doi.org/10.1007/s10584-011-0153-2>
- Johnson, C.N., Balmford, A., Brook, B.W., Buettel, J.C., Galetti, M., Guangchun, L., Wilmschurst, J.M., 2017. Biodiversity losses and conservation responses in the Anthropocene. *Science* (80-.). 356, 270–275. <https://doi.org/10.1126/science.aam9317>
- Kleijn, D., Bommarco, R., Fijen, T.P.M., Garibaldi, L.A., Potts, S.G., van der Putten, W.H., 2019. Ecological Intensification: Bridging the Gap between Science and Practice. *Trends Ecol. Evol.* 34, 154–166. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2018.11.002>
- Kolbek, J., Alves, R.J.V., 2008. Impacts of cattle, fire and wind in rocky savannas,

- southeastern Brazil. *Acta Univ. Carolinae, Environ.* 22, 111–130.
- Kurz, I., O'Reilly, C.D., Tunney, H., 2006. Impact of cattle on soil physical properties and nutrient concentrations in overland flow from pasture in Ireland. *Agric. Ecosyst. Environ.* 113, 378–390. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2005.10.004>
- Lambin, E.F., Meyfroidt, P., 2011. Global land use change, economic globalization, and the looming land scarcity. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 108, 3465–3472. <https://doi.org/10.1073/pnas.1100480108>
- Latawiec, A.E., Strassburg, B.B.N., Silva, D., Alves-Pinto, H.N., Feltran-Barbieri, R., Castro, A., Iribarrem, A., Rangel, M.C., Kalif, K.A.B., Gardner, T., Beduschi, F., 2017. Improving land management in Brazil: A perspective from producers. *Agric. Ecosyst. Environ.* 240, 276–286. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.01.043>
- Latawiec, A.E., Strassburg, B.B.N., Valentim, J.F., Ramos, F., Alves-Pinto, H.N., 2014. Intensification of cattle ranching production systems: socioeconomic and environmental synergies and risks in Brazil. *animal* 8, 1255–1263. <https://doi.org/10.1017/S1751731114001566>
- Latrubesse, E.M., Arima, E., Ferreira, M.E., Nogueira, S.H., Wittmann, F., Dias, M.S., Dagosta, F.C.P., Bayer, M., 2019. Fostering water resource governance and conservation in the Brazilian Cerrado biome. *Conserv. Sci. Pract.* 1, 1–8. <https://doi.org/10.1111/csp2.77>
- Laurance, W.F., Sayer, J., Cassman, K.G., 2014. Agricultural expansion and its impacts on tropical nature. *Trends Ecol. Evol.* 29, 107–116. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2013.12.001>
- LEAP, 2015. Environmental performance of large ruminant supply chains: Guidelines for assessment. Draft for public review. Livestock Environmental Assessment and Performance (LEAP) Partnership. FAO , <http://www.fao.org/3/a-bl094e.pdf>. URL

<http://www.fao.org/3/a-bl094e.pdf>

- Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., da Fonseca, G.A.B., Kent, J., 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403, 853–858. <https://doi.org/10.1038/35002501>
- Neto, M.C., Campos, J.M. de S., de Oliveira, A.S., Gomes, S.T., 2012. Identification and quantification of benchmarks of milk production systems in Minas Gerais1. *Rev. Bras. Zootec.* 41, 2279–2288. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982012001000020>
- Newbold, T., Hudson, L.N., Hill, S.L.L., Contu, S., Lysenko, I., Senior, R.A., Börger, L., Bennett, D.J., Choimes, A., Collen, B., Day, J., De Palma, A., Díaz, S., Echeverria-Londoño, S., Edgar, M.J., Feldman, A., Garon, M., Harrison, M.L.K., Alhusseini, T., Ingram, D.J., Itescu, Y., Kattge, J., Kemp, V., Kirkpatrick, L., Kleyer, M., Correia, D.L.P., Martin, C.D., Meiri, S., Novosolov, M., Pan, Y., Phillips, H.R.P., Purves, D.W., Robinson, A., Simpson, J., Tuck, S.L., Weiher, E., White, H.J., Ewers, R.M., MacE, G.M., Scharlemann, J.P.W., Purvis, A., 2015. Global effects of land use on local terrestrial biodiversity. *Nature* 520, 45–50. <https://doi.org/10.1038/nature14324>
- Nogueira, S.F., Silva, G.B.S. da, Andrade, R.G., Vicente, L.E., 2013. Geotechnologies for monitoring pasture degradation levels in Brazil. *Mundo GEO* 13070.
- Oliveira, C.A., Millen, D.D., 2014. Survey of the nutritional recommendations and management practices adopted by feedlot cattle nutritionists in Brazil. *Anim. Feed Sci. Technol.* 197, 64–75. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.08.010>
- Parente, L., Mesquita, V., Miziara, F., Baumann, L., Ferreira, L., 2019. Assessing the pasturelands and livestock dynamics in Brazil, from 1985 to 2017: A novel approach based on high spatial resolution imagery and Google Earth Engine cloud

- computing. *Remote Sens. Environ.* 232, 111301.
<https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.111301>
- Pascual-Hortal, L., Saura, S., 2006. Comparison and development of new graph-based landscape connectivity indices: Towards the prioritization of habitat patches and corridors for conservation. *Landsc. Ecol.* 21, 959–967.
<https://doi.org/10.1007/s10980-006-0013-z>
- Paul, C., Techen, A.K., Robinson, J.S., Helming, K., 2019. Rebound effects in agricultural land and soil management: Review and analytical framework. *J. Clean. Prod.* 227, 1054–1067. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.115>
- Pereira, O.J.R., Ferreira, L.G., Pinto, F., Baumgarten, L., 2018. Assessing pasture degradation in the Brazilian Cerrado based on the analysis of MODIS NDVI time-series. *Remote Sens.* 10. <https://doi.org/10.3390/rs10111761>
- Popescu, V.D., Hunter, M.L., 2011. Clear-cutting affects habitat connectivity for a forest amphibian by decreasing permeability to juvenile movements. *Ecol. Appl.* 21, 1283–1295. <https://doi.org/10.1890/10-0658.1>
- R Core Team, 2019. R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing.
- Rudel, T.K., Paul, B., White, D., Rao, I.M., Van Der Hoek, R., Castro, A., Boval, M., Lerner, A., Schneider, L., Peters, M., 2015. LivestockPlus: Forages, sustainable intensification, and food security in the tropics. *Ambio* 44, 685–693.
<https://doi.org/10.1007/s13280-015-0676-2>
- Saath, K.C. de O., Fachinello, A.L., 2018. Crescimento da Demanda Mundial de Alimentos e Restrições do Fator Terra no Brasil. *Rev. Econ. e Sociol. Rural* 56, 195–212. <https://doi.org/10.1590/1234-56781806-94790560201>
- Sano, E.E., Rosa, R., Scaramuzza, C.A. de M., Adami, M., Bolfe, E.L., Coutinho, A.C.,

- Esquerdo, J.C.D.M., Maurano, L.E.P., Narvaes, I. da S., Filho, F.J.B. de O., da Silva, E.B., Victoria, D. de C., Ferreira, L.G., Brito, J.L.S., Bayma, A.P., de Oliveira, G.H., Bayma-Silva, G., 2019. Land use dynamics in the Brazilian Cerrado in the period from 2002 to 2013. *Pesqui. Agropecu. Bras.* 54. <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2019.v54.00138>
- Santos, J.S., Feltran-Barbieri, R., Fonte, E.S., Balmford, A., Maioli, V., Latawiec, A., Strassburg, B.B.N., Phalan, B.T., 2020. Characterising the spatial distribution of opportunities and constraints for land sparing in Brazil. *Sci. Rep.* 10, 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-58770-5>
- Saura, S., Torné, J., 2009. Conefor Sensinode 2.2: A software package for quantifying the importance of habitat patches for landscape connectivity. *Environ. Model. Softw.* 24, 135–139. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2008.05.005>
- Scaramuzza, C.A. de M., Sano, E.E., Adami, M., Bolfe, E.L., Coutinho, A.C., Esquerdo, J.C.D.M., Maurano, L.E.P., Narvaes, I.S., Oliveira Filho, F.J.B., Rosa, R., Silva, E.B., Valeriano, D.M., Victoria, D.C., Bayma, A.P., Oliveira, G.H., Gustavo, B.-S., 2017. Land-Use and Land-Cover Mapping of the Brazilian Cerrado Based Mainly on Landsat-8 Satellite Images. *Rev. Bras. Cartogr.* 69, 1041–1051.
- Soares-Filho, B., Rajão, R., Macedo, M., Carneiro, A., Costa, W., Coe, M., Rodrigues, H., Alencar, A., 2014. Cracking Brazil's Forest Code. *Science* (80-.). 344, 363–364. <https://doi.org/10.1126/science.1246663>
- Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M., Haan, C. de, 2006a. Livestock's long shadow environmental issues and options, Animal Production and Health Division. Rome. [https://doi.org/10.1890/1540-9295\(2007\)5\[4:D\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1540-9295(2007)5[4:D]2.0.CO;2)
- Steinfeld, H., Wassenaar, T., Jutzi, S., 2006b. Livestock production systems in developing countries: status, drivers, trends. *Rev. Sci. Tech. l'OIE* 25, 505–516.

<https://doi.org/10.20506/rst.25.2.1677>

Strassburg, B.B.N., Latawiec, A.E., Barioni, L.G., Nobre, C.A., da Silva, V.P., Valentim, J.F., Vianna, M., Assad, E.D., 2014. When enough should be enough: Improving the use of current agricultural lands could meet production demands and spare natural habitats in Brazil. *Glob. Environ. Chang.* 28, 84–97.

<https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.06.001>

Tilman, D., 1999. Global environmental impacts of agricultural expansion: The need for sustainable and efficient practices. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 96, 5995–6000.

<https://doi.org/10.1073/pnas.96.11.5995>

Tischendorf, L., Fahrig, L., 2000. On the usage and measurement of landscape connectivity. *Oikos* 90, 7–19. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0706.2000.900102.x>

Valentim, J.F., Andrade, C.M.S. de, 2009. Tendências e perspectivas da pecuária bovina na amazônia brasileira. *Amaz. Ciência Desenvol.* 4, 7–30.

Weibull, A.-C., Ostman, O., Granqvist, A., 2003. Species richness in agroecosystems: the effect of landscape, habitat and farm management. *Biodivers. Conserv.* 12, 1335–1355. <https://doi.org/https://doi.org/10.1023/A:1023617117780>

zu Ermgassen, E.K.H.J., de Alcântara, M.P., Balmford, A., Barioni, L., Neto, F.B., Bettarello, M.M.F., de Brito, G., Carrero, G.C., Florence, E. de A.S., Garcia, E., Gonçalves, E.T., da Luz, C.T., Mallman, G.M., Strassburg, B.B.N., Valentim, J.F., Latawiec, A., 2018. Results from on-the-ground efforts to promote sustainable cattle ranching in the Brazilian Amazon. *Sustain.* 10, 1–26.

<https://doi.org/10.3390/su10041301>

Zuur, A.F., Ieno, E.N., Elphick, C.S., 2010. A protocol for data exploration to avoid common statistical problems. *Methods Ecol. Evol.* 1, 3–14.

<https://doi.org/10.1111/j.2041-210x.2009.00001.x>

Supplementary S1

Technification in dairy farms may reconcile habitat conservation in a Brazilian savanna region

Materials and Methods

Study area

The final map corresponded to 5 meters of spatial resolution, comprising 11 different land cover classes: i) water courses; ii) savanna and open savanna; iii) seasonal and riparian forests; iv) wetland; v) pasture; vi) agriculture (corn or soybean); vii) rural building; viii) mining; ix) urban area; x) road and train rail, and xi) *Eucalyptus* spp. plantation.

Technification variables and farm characteristics

We measured five different characteristics of technification in dairy production: (i) productivity (de Andrade Ferrazza et al., 2020), measured by daily milk production; (ii) feed management (Bargo et al., 2002; Sairanen et al., 2006), measure by primary forage diet, fertilizer pasture management, time of supplementary feed, criterium to supplement, and add vitamins to supplement; (iii) milking management (Gouvêa et al., 2020), measured by milking method, milking frequency, and farm infrastructure for milking; (iv) sanitary control (Candiotto et al., 2020), measured by cleaning of teat before milking and CMT test (California Mastitis Test); (v) genetics and breeding (Giordano et al., 2012), measured by breeding program for productivity improvement, selective breeding method and pregnancy diagnosis. We used daily milk production as a measure of productivity because farmers had no information on milk production per cow.

We also obtained variables related to the overall milking management such as: (i) cattle breed composition; (ii) pasture restoration during the last decade (iii) milk

cooling tank; (iv) milk quality-based payment; (v) management separating pregnant cows.

Conservation status of the dairy farms

The IIC, implemented in Conefor software (Saura and Torné, 2009), is based on the concept of graph theory and habitat availability, integrating habitat amount and the connectivity among patches of habitat (Pascual-Hortal and Saura 2006). IIC ranges from 0 (no connectivity among patches within the landscape) to 1 (high connectivity between remnant patches).

We used ArGis v.9.3 (Esri®) environment to calculate farm area and the total habitat amount based on the boundaries obtained in SICAR database or manually digitalized. We considered as habitat all categories of natural vegetation: open savanna, savanna, riparian and seasonal forests, and wetlands. Because IIC is a functional connectivity index, the spatial distance among patches to calculate connectivity is based on the species dispersal distances. Here, we used four hypothetical values of species dispersal distances (100, 300, 500 and 1000 meters), considering species with different dispersal distance capacities, i.e., low, medium, and high. However, as most farms in the studied area were small, IIC values for all distance evaluated were very similar. Thus, we used the mean value of ICC among the three spatial distances as the response variable.

Statistical analyses

Gvif is equivalent to Vif (variance inflation-factor) to categorical variables, and corresponds to the inflation in size of the confidence ellipse or ellipsoid for the coefficients of the predictor variable in comparison with what would be obtained for orthogonal, uncorrelated data (Fox and Monette, 1992).

We then analyzed the effect of technification in farm conservation status using linear models. We defined all categorical variables as “factors,” except daily milk production, which corresponds to a continuous variable. To select the best variable explaining habitat amount or ICC, we used the function *drop1* with stepwise backward selection and Chi-Square distribution to calculate the significance of each variable per

group. We considered as significant all variables with $p \leq 0.05$, and marginally significant variables with $p \leq 0.10$.

We performed association tests using cross-tables between the technification variable that was significant in linear models (selective breeding method, see results below) and variables of technification and milking management characteristics in dairy farms. We tested the significance of association between pairs of variables using Kendall's coefficient of concordance (Kendall's tau-b) to test for concordance or attribute agreement between variables. Analyses were performed using the software Minitab®18.

Results

Dairy farm characteristics

Mean dairy farms size in the studied area was 98.50 ha (SD = 155.77 ha), ranging from 5.26 ha to 710.94 ha (Appendix S1 Table S1, Appendix S2 Fig. S2). Most dairy farms (80%) were family or small size, and only one was a large dairy farm (Table S1). Overall, the legal reserve area declared by farmers was equal to the minimum required by Brazilian law in Central-Brazil (20% of the farm area, Table S1), and ranged from 1.20 ha to 133.00 ha (mean = 20.25 ha, SD = 32.31 ha, Table S1).

The total area of natural vegetation (Fig. S2, Table S1) ranged from 1.81 ha to 231.45 ha (mean = 27.96 ha, SD = 51.19 ha), comprising 5.42 to 46.55% of the farm area (mean = 24.84%, SD = 11.45%).

Most dairy farms use free grazing (pasture-raised dairy) and semi-confinement as primary forage diet system (Table 1). They use fertilizers in pasture management and perform pasture restoration, and provide supplementary feed during the dry season (Table 1). Most farmers use productivity as the criterium to give supplement to the cattle. Machine with bucket is the most used milking method, and milking twice-a-day is more frequently used (Table 1). Most farmers milk in a milking pit or in a milking parlor with teat and cement floor, use farm milk cooling tank and can receive milk quality-based payment (Table 1). Most farmers use commercial sanitizer to cleaning of teat before milking and do not perform CMT test or perform monthly (Table 1). Most farmers use selective breeding method with natural service with selected breeding

bulls and pregnancy diagnosis with transrectal palpation (Table 1). Farmers have holand or crossbreed dairy cattle and do not separate pregnant cows.

Technification and conservation status

We found significant association between selective breeding method and primary forage diet ($p = 0.001$, Table S5). All farmers that used pasture-raised dairy (10) also used selective breeding with natural service with selected breeding bulls, and farmers that used artificial insemination used semi-confinement (6) or confinement (2). Milking method ($p < 0.001$) and milking frequency ($p = 0.002$) were also associated to selective breeding method (Table S5). Farmers that used natural service with selected breeding bulls used mainly full hand (6) and machine with bucket (9) milking method, whereas farmers that used artificial insemination used mainly automatic machine (6). Farmers that milk once-a-day applied natural service (9) and those milking twice-a-day applied artificial insemination (8). Finally, farmers that used natural service used water (6) or commercial sanitizer (6) to cleaning of teat before milking ($p = 0.014$, Table S5), and farmers that used artificial insemination used commercial sanitizer (8).

Table 1. Outcomes of the variables related to the level of technification and overall milking management characteristics in dairy farms in PELD-COFA landscape. For details of each variable possible outcome (1 to 5) see Table 1 in the main text.

Variables with total < 25 have missing data (the farmer did not respond).

Variable	Number of outcomes					Total
	1	2	3	4	5	
Primary forage diet	10	1	12	2	-	25
Fertilizer pasture management	17	7	-	-	-	24
Time of supplementary feed	8	16	-	-	-	24
Pasture restoration	15	9	-	-	-	24
Criterion to supplement	0	6	11	8	-	25

Add vitamins to supplement	14	11	-	-	-	25
Milking method	6	11	7	-	-	24
Milking frequency	9	15	1	-	-	25
Farm infrastructure for milking	10	8	5	2	0	25
Milk cooling tank	1	18	6	-	-	25
Milk quality-based payment	16	9	-	-	-	25
Cleaning of teat before milking	5	6	14	-	-	25
CMT test	2	2	8	11	1	24
Breeding program for productivity	10	15	-	-	-	25
Selective breeding method	16	9	-	-	-	25
Pregnancy diagnosis	5	14	6	-	-	25
Cattle breed composition	10	0	5	10	-	25
Management separating pregnant cows	9	16	-	-	-	25

References

- Bargo, F., Muller, L.D., Delahoy, J.E., Cassidy, T.W., 2002. Performance of high producing dairy cows with three different feeding systems combining pasture and total mixed rations. *J. Dairy Sci.* 85, 2948–2963. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74381-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74381-6)
- Candiotto, L., Adelaide, D., Elejalde, G., 2020. Milk quality in small farms from Southern Region of Brazil 1–5.
- de Andrade Ferrazza, R., Lopes, M.A., de Oliveira Prado, D.G., de Lima, R.R., Bruhn, F.R.P., 2020. Association between technical and economic performance indexes and dairy farm profitability. *Rev. Bras. Zootec.* 49. <https://doi.org/10.37496/RBZ4920180116>

- Giordano, J.O., Kalantari, A.S., Fricke, P.M., Wiltbank, M.C., Cabrera, V.E., 2012. A daily herd Markov-chain model to study the reproductive and economic impact of reproductive programs combining timed artificial insemination and estrus detection. *J. Dairy Sci.* 95, 5442–5460. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4972>
- Gouvêa, F.L.R., Cardozo, L.L., Canal, J., Troncarelli, M.Z., Pantoja, J.C.F., 2020. A descriptive study of teat morphology, milking machine characteristics, and milking practices in a sample of Brazilian dairy herds. *Livest. Sci.* 241, 104196. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104196>
- Pascual-Hortal, L., Saura, S., 2006. Comparison and development of new graph-based landscape connectivity indices: Towards the prioritization of habitat patches and corridors for conservation. *Landsc. Ecol.* 21, 959–967. <https://doi.org/10.1007/s10980-006-0013-z>
- Sairanen, A., Khalili, H., Virkajärvi, P., 2006. Concentrate supplementation responses of the pasture-fed dairy cow. *Livest. Sci.* 104, 292–302. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2006.04.009>
- Saura, S., Torné, J., 2009. Conefor Sensinode 2.2: A software package for quantifying the importance of habitat patches for landscape connectivity. *Environ. Model. Softw.* 24, 135–139. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2008.05.005>

Appendix S-1 Tables

Table S1. Characterization of the 25 dairy farms in the COFA-PELD long-term project. Numbers from 1 to 25 correspond to the dairy farm boundaries in Fig. B1 Appendix B. IIC is the Integral Index of Connectivity (for 100, 300, 500 and 1000 m dispersal distances, and mean value). Nd, not declared (farmer did not respond to the question). Size class corresponds to the fiscal module for the study region (1 module = 1 ha). A, family farm (< 30 ha); B small farms; C, medium; D, large.

Propriedade	Área prop. (ha)	Vegetação natural (ha)	% Vegetação natural	IIC 100	IIC 300	IIC 500	IIC 1000	IIC médio	Área de reserva legal (ha)	% Reserva legal	Produção de leite diária (l)
1	143.472	66.793	46.555	0.214	0.214	0.214	0.214	0.214	35.400	0.20	250.0
2	49.917	7.603	15.231	0.023	0.023	0.023	0.023	0.023	12.900	0.20	1425.0
3	31.433	3.669	11.672	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	1.200	0.20	200.0
4	9.838	1.809	18.384	0.026	0.026	0.026	0.026	0.026	1.920	0.20	220.0
5	73.781	23.053	31.245	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	1.960	0.20	115.0
6	237.038	96.282	40.619	0.160	0.162	0.162	0.162	0.161	49.000	0.80	300.0
7	70.570	3.823	5.417	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	not declared	not declared	90.0
8	68.440	12.853	18.780	0.027	0.029	0.029	0.029	0.029	14.000	0.19	1000.0
9	16.756	3.831	22.863	0.018	0.034	0.035	0.035	0.031	3.360	0.20	35.0
10	32.812	6.816	20.773	0.037	0.037	0.037	0.037	0.037	7.200	0.18	940.0
11	218.188	28.924	13.257	0.015	0.016	0.016	0.016	0.016	43.200	0.20	600.0
12	15.958	3.934	24.654	0.065	0.065	0.065	0.065	0.065	3.360	0.20	300.0
13	48.718	15.172	31.143	0.075	0.076	0.076	0.076	0.076	7.680	0.20	480.0
14	26.321	4.630	17.589	0.026	0.029	0.029	0.029	0.028	4.800	0.20	40.0
15	33.075	8.283	25.043	0.034	0.040	0.040	0.040	0.039	6.720	0.20	100.0
16	61.928	24.746	39.959	0.080	0.012	0.012	0.012	0.011	12.000	0.20	8.0

17	38.263	5.267	13.765	0.0 14	0.0 14	0.0 15	0.0 15	0.01 4	7.680	0.20	40.0
18	5.264	2.145	40.758	0.1 29	0.1 29	0.1 29	0.1 29	0.12 9	7.680	0.20	400.0
19	102.48 1	27.103	26.446	0.0 65	0.0 65	0.0 65	0.0 65	0.06 5	22.800	0.20	3200.0
20	391.03 5	108.084	27.640	0.0 53	0.0 57	0.0 57	0.0 58	0.05 6	96.000	0.40	150.0
21	7.103	2.799	39.401	0.1 55	0.1 55	0.1 55	0.1 55	0.15 5	1.500	0.20	16.0
22	10.814	3.885	35.924	0.1 16	0.1 16	0.1 16	0.1 16	0.11 6	2.000	0.20	30.0
23	710.94 3	231.450	32.555	0.0 83	0.0 84	0.0 84	0.0 84	0.08 4	133.000	0.33	1200.0
24	34.377	3.078	8.954	0.0 09	0.0 11	0.0 11	0.0 11	0.01 1	6.800	0.20	700.0
25	23.982	2.982	12.435	0.0 15	0.0 15	0.0 15	0.0 15	0.01 5	3.800	0.20	20.0
Mé- di- a	98.500	27.960	24.842	0.0 63	0.0 65	0.0 65	0.0 65	0.06 5	20.248		474.4
Mí- ni- mo	5.264	1.809	5.417	0.0 02	0.0 02	0.0 02	0.0 02	0.00 2	1.200		8.0
Má- xi- mo	710.94 3	231.450	46.555	0.2 14	0.2 14	0.2 14	0.2 14	0.21 4	133.000		3200.0
DP	155.77 5	51.185	11.448	0.0 57	0.0 56	0.0 56	0.0 56	0.05 6	32.308		695.2
Medi- ana	38.263	6.816	24.654	0.0 37	0.0 40	0.0 40	0.0 40	0.03 9	7.440		220.0

Table S2. Collinearity among variables related to the level of technification in dairy farms in PELD-COFA landscape. CMT is the California Mastitis Test. Gvif is the generalized variance-inflation factor. In bold, values of Gvif > 5.0 that variables were excluded for the next step of Gvif analysis.

Group/Variable	Gvif	d f	$Gvif^{(1/(2*df))}$
Feed management Step 1			
primary forage diet	8.974	3	1.442
fertilizer pasture management	3.142	2	1.331
time of supplementary feed	2.959	2	1.312
criterium to supplement	3.184	2	1.336
add vitamins to supplement	2.600	1	1.612
Feed management Step 2 (excluding primary forage diet)			
fertilizer pasture management	2.041	2	1.195
time of supplementary feed	1.479	2	1.103
criterium to supplement	1.866	2	1.169
add vitamins to supplement	1.767	1	1.329
Milking management Step 1			
milking method	5.093	3	1.312
milking frequency	3.310	2	1.349
farm infrastructure for milking	3.956	3	1.258
Milking management Step 2 (excluding milking method)			
milking frequency	2.243	2	1.224
farm infrastructure for milking	2.243	3	1.144
Sanitary control			
cleaning of teat before milking	2.053	2	1.197
CMT	2.053	5	1.075
Genetics and breeding			
Breeding program for productivty improvement	2.553	1	1.598
selective breeding method	2.757	1	1.661
pregnancy diagnosis			
Ta	2.264	2	1.227

Table S3. Models of technification to explain variation in percentage of habitat among dairy farms, analyzed per group of explanatory variables. RSS, residual sum of square, AIC , Akaike Inforamtion Criterion, SE, standard error. * significant ($p < 0.05$).

Group/Variable	df	Sum of Square	RSS	AIC	P
Feed management					
null model			2955.1	135.31	
fertilizer management	2	6.226	2961.3	131.36	0.974
pasture of supplementary feed	2	33.211	2988.3	131.59	0.869
time of supplementary feed criterium to	2	133.271	3088.4	132.41	0.576
add vitamins to supplement	1	0.003	2955.1	133.31	0.996
Milking management					
null model			2716.2	129.20	
milking frequency	2	54.55	2770.7	125.70	0.779
farm infrastructure for milking	3	425.22	3141.4	126.84	0.304
Sanitary control					
null model			2364.3	129.73	
cleaning of teat before milking	2	168.73	2533.0	127.46	0.423
CMT	5	480.62	2844.9	124.36	0.463
Genetics and breeding					
null model			2293.2	122.97	
breeding program for productivity improvement	1	504.32	2797.5	125.94	0.026*
selective breeding method	1	430.89	2724.0	125.28	0.038*
pregnancy diagnosis	2	314.89	2608.1	122.19	0.200
Daily milk production					
		Estimate	SE	t	p
intercept		25.365	2.844	8.919	6.32e-09
daily milk production		-0.001	0.003	-0.321	0.751

Table S4. Models of technification to explain variation in mean ICC among dairy farms, analyzed per group of explanatory variables. RSS, residual sum of square, AIC , Akaike Inforamtion Criterion, SE, standar error. ** marginally significant (p < 0.10).

Group/Variable	df	Sum of Square	RSS	AIC	p
Feed management					
null model			0.072347	-130.13	
fertilizer management	2	2.5e-05	0.072373	-134.12	0.996
pasture					
time of supplementary feed	2	1.7e-05	0.072521	-134.07	0.971
criterium to supplement	2	1.2e-05	0.073566	-133.71	0.812
add vitamins to supplement	1	8.9e-04	0.073242	-131.82	0.579
Milking management					
null model			0.061	-138.37	
milking frequency	2	0.002	0.063	-141.50	0.646
farm infrastructure for milking	3	0.015	0.076	-138.79	0.134
Sanitary control					
null model			0.059	-135.30	
cleaning of teat before milking	2	0.004	0.063	-137.53	0.412
CMT	5	0.012	0.071	-140.51	0.442
Genetics and breeding					
null model			0.059	-141.12	
breeding program for productivity improvement	1	0.006	0.065	-140.90	0.136
selective breeding method	1	0.008	0.068	-139.85	0.071**
pregnancy diagnosis	2	0.009	0.068	-141.75	0.185
Daily milk production					
		Estimate	SE	t	p
intercept		0.0683	0.014	4.923	5.65e-05
daily milk production		-7.881e-06	1.673e-05	-0.471	0.642
Full model					
Selective breeding method	1	0.003	0.075	-141.33	0.303
Daily milk production	1	0.003	0.076	-141.35	0.309

Table S5. Association between selective breeding method and the variables related to the level of technification and overall milking management characteristics in dairy farms in PELD-COFA landscape. For details of each variable see Table 1. * significant ($p < 0.05$).

Variable	Kendall's Tau-b	p
Primary forage diet	0.583	0.001*
Fertilizer pasture management	-0.259	0.898
Time of supplementary feed	-0.426	0.985
Pasture restoration	-0.183	0.814
Criterion to supplement	-0.381	0.978
Add vitamins to supplement	-0.329	0.950
Milking method	0.669	<0.001*
Milking frequency	0.582	0.002*
Farm infrastructure for milking	-0.663	0.999
Milk cooling tank	-0.326	0.951
Milk quality-based payment	-0.389	0.974
Cleaning of teat before milking	0.418	0.014*
CMT test	-0.153	0.797
Breeding program for productivity	-0.748	0.999
Pregnancy diagnosis	-0.639	0.999
Cattle breed composition	-0.530	0.997
Management separating pregnant cows	-0.653	0.999

Appendix S2

Figures

Figure S1 Spatial distribution of the 25 dairy farms in the COFA-PELD long-term project landscape. (A) Map of Brazil highlighting the study area. (B) Land use map of the COFA-PELD landscape highlighting the 25 dairy farms. Land use categories are in legends. The National Forest reserve is also highlighted in the map.

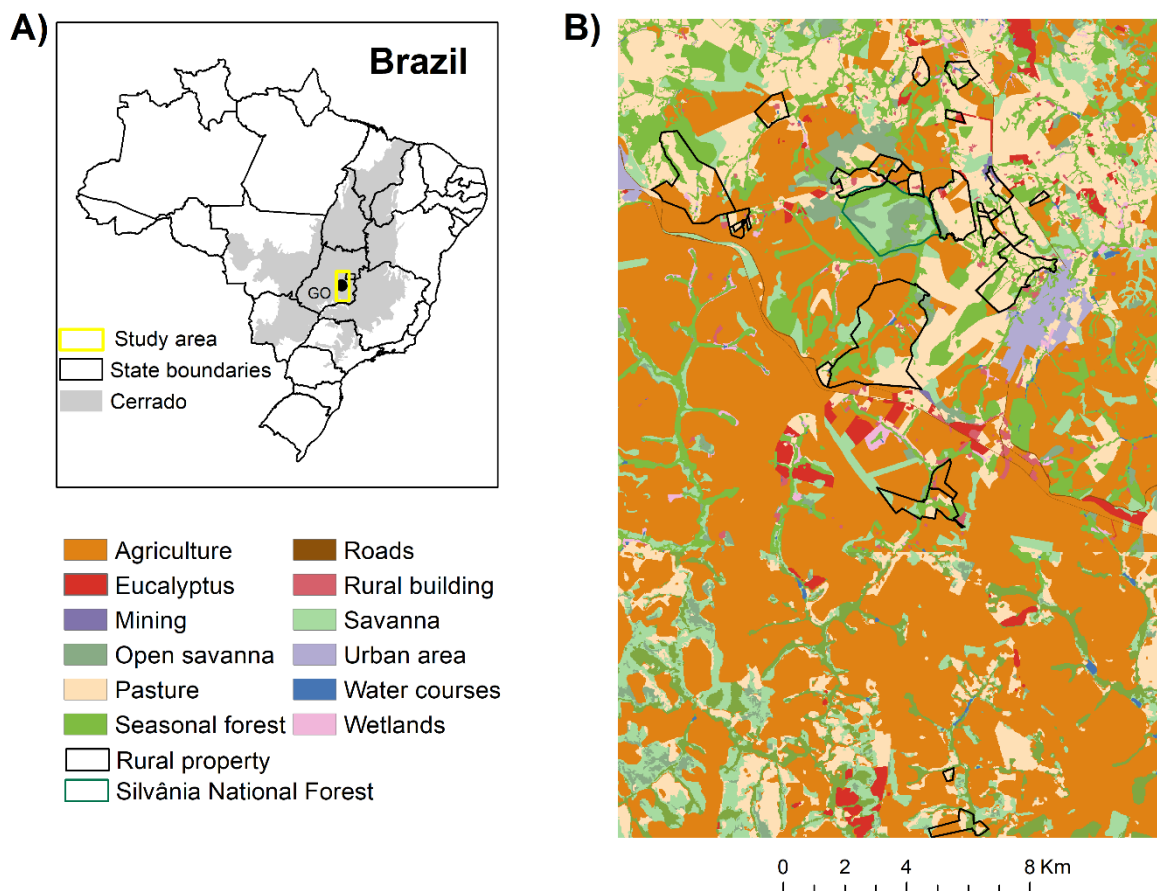


Figure S2 Proportion of natural vegetation in the dairy farms of the COFA-PELD long-term project landscape. (a) Distribution of proportion of natural vegetation in dairy farms with and without SICAR (CAR). Circle size is proportional to the percentage value, following the legends. (b) Relationship between percentage of natural vegetation and dairy farm size (fiscal module). The box plot represents the median (dark bar), the third quartiles (the box) and the minimum (lower bar) and maximum (above bar) values.

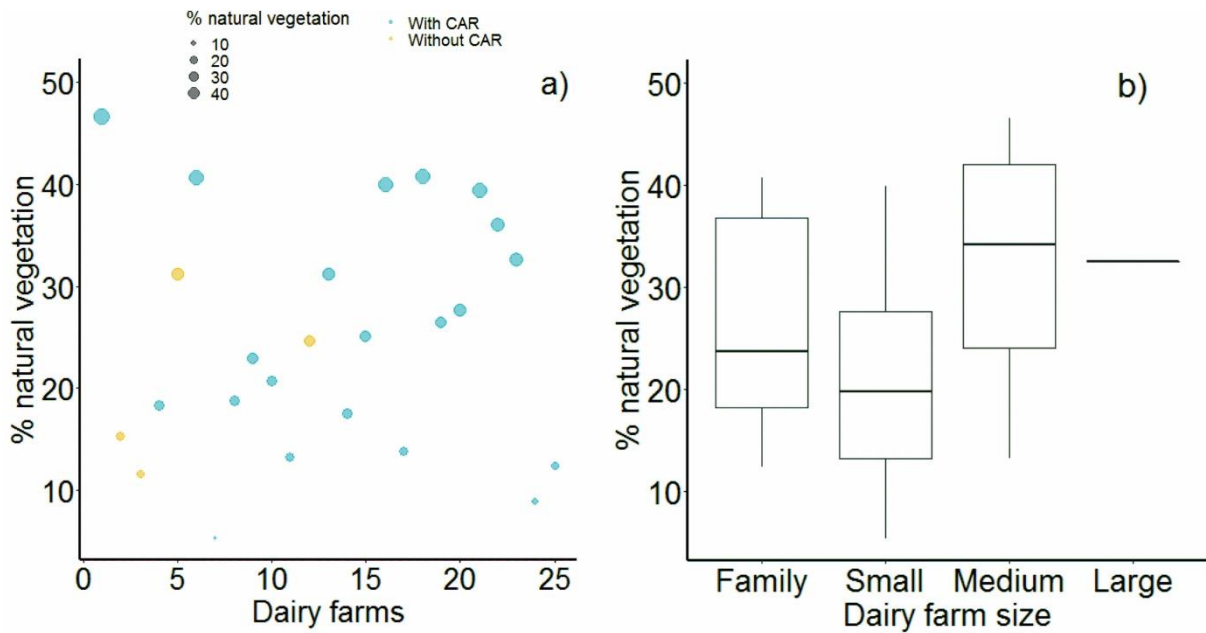


Figure S3 Integral Index of Connectivity (IIC) in the 25 dairy farms in the COFA-PELD long-term project landscape. The square and central bar show the mean IIC calculated for the three distances: 300 m, 500 m and 1000 m each farm. The low bar represents t

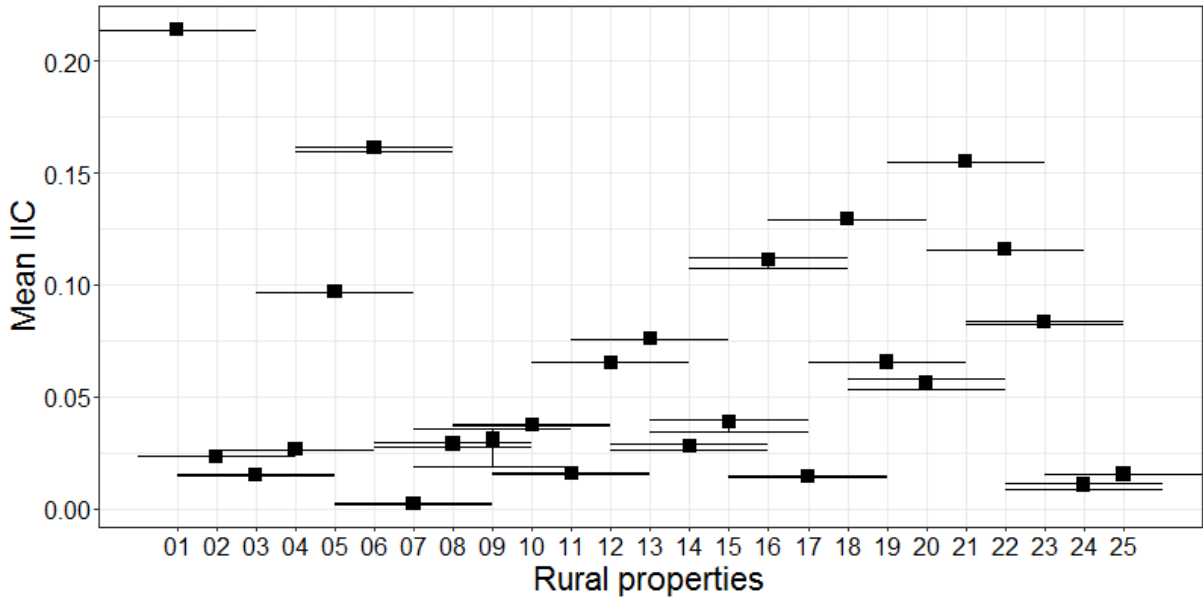


Figure S4 Relationship between conservation status, slope and technification variable related to genetics and breeding in the 25 dairy farms in the COFA-PELD long-term project landscape. (a) Percentage of natural vegetation and selective breeding method.

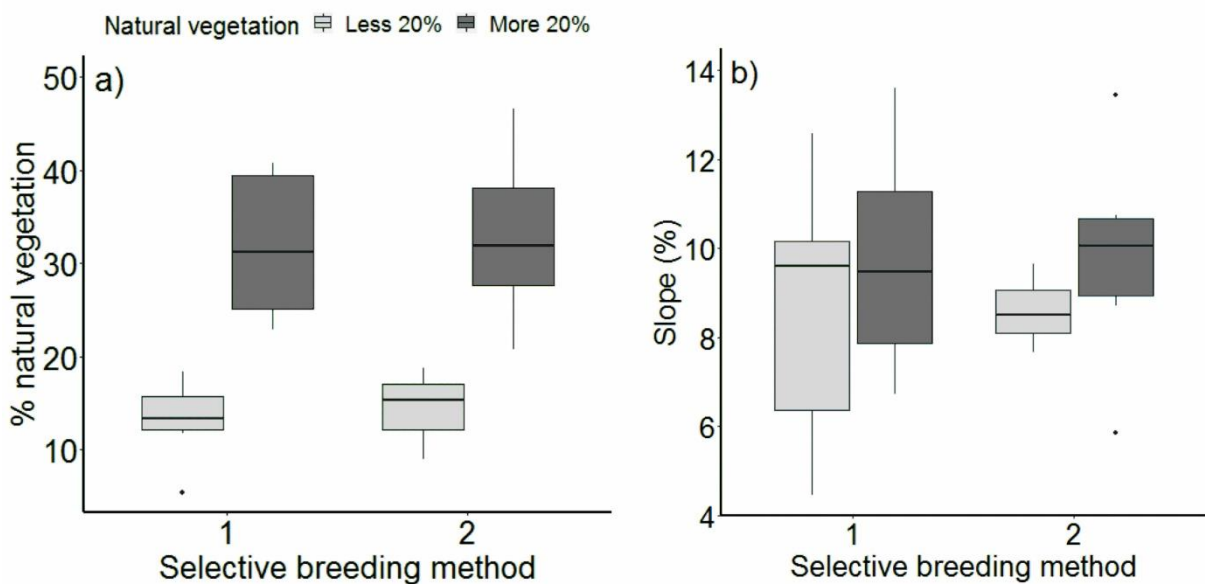
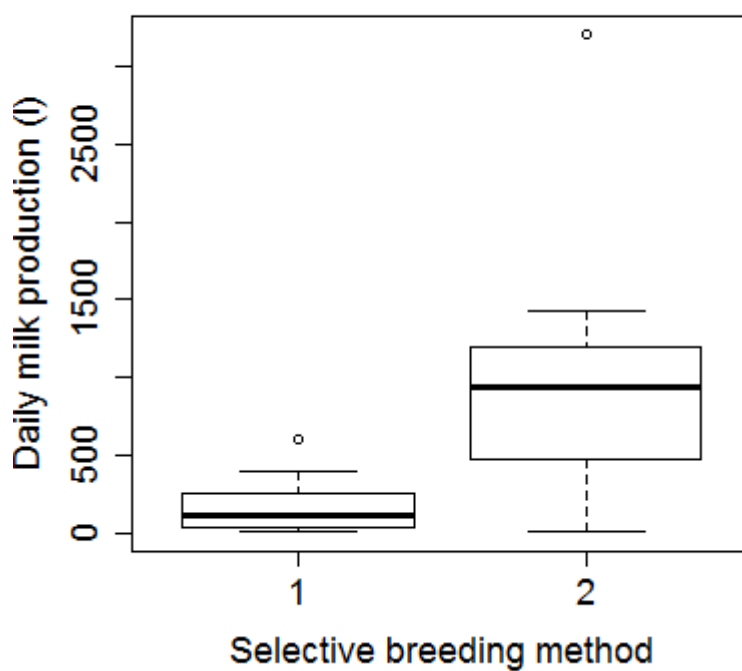


Figure S5 Relationship between selective breeding method and daily milk production in the 25 dairy farms in the COFA-PELD long-term project landscape. 1, natural service with selected breeding bulls; 2, artificial insemination. The box plot represents the median (dark bar), the third quartiles (the box) and the minimum (lower bar) and maximum (above bar) values.



ANEXO II - QUESTIONÁRIO

Questionário para caracterização de propriedades rurais produtoras de leite e
adoção de tecnologias

Data: _____

Ficha básica da propriedade:

Nome _____ produtor _____ (a):

Caracterização da propriedade:

1. Tamanho da propriedade total: _____ hectares (ha) / _____ alqueires
2. Atividades em ordem de importância
 - a. _____ ha (% da terra _____)
 - b. _____ ha (% da terra _____)
 - c. _____ ha (% da terra _____)
 - d. _____ ha (% da terra _____)
3. Condição do produtor
 - i. proprietário (1)
 - ii. morador (2)
 - iii. parceiro (3)
 - iv. cedida (4)
 - v. arrendada (5)
4. Reserva legal sim-1 não-2
- vi. Dentro da propriedade sim-1 não-2
- vii. Tamanho da reserva _____ ha (% da terra _____)
5. Área de preservação permanente sim-1 _____ ha não-2
6. Esposa mora na propriedade sim-1 não-2
7. Número de filhos que moram na propriedade _____
8. Número de pessoas da família que trabalham na propriedade: _____ (incluindo o produtor)
9. Nível de escolaridade produtor:
 - a. Sem educação formal
 - b. Fundamental incompleto
 - c. Fundamental completo

- d. Ensino médio incompleto ()
 - e. Ensino fundamental completo ()
 - f. Ensino superior incompleto ()
 - g. Ensino superior completo ()
10. Número de empregados: _____
11. Participa das seguintes entidades:
- a. () Nenhuma
 - b. () Sindicato Rural
 - c. () Associação de Produtores
 - d. () Cooperativa
 - e. () Outra: _____
12. Quais mecanismos são utilizados para se informar sobre tecnologia:
- a. () Profissional contratado
 - b. () Profissional da cooperativa/associação/prefeitura/EMATER
 - c. () Assina periódicos
 - d. () Busca informações na Internet por conta própria
 - e. () Outra: _____
- Indicadores gerais:
13. Assistência técnica periódica (mensal/bimensal) () sim-1 () não-2
14. Uso de ferramentas para gestão
- a. () nenhum (1)
 - b. () caderno (2)
 - c. () excel (3)
 - d. () software específico (4)
15. Vermifugação () sim-1 () não-2
16. Acesso a cursos para aperfeiçoamento () sim-1 () não-2
- Indicadores para produtores de leite:
17. Tamanho do rebanho em cabeças
- a. Total de animais _____
 - b. Vacas em lactação _____
 - c. Bezerros até 90 d: _____
 - d. Novilhas 90 dias até parto: _____
 - e. Machos (usados para reprodução): _____
18. Produção total diária da propriedade: _____

19. Produção total _____ litros/vaca em lactação/dia

20. Composição predominante do rebanho

- a. Holandesa
- b. Zebuína
- c. Girolando
- d. Vacas mestiças
- e. Outro _____

21. Sistema alimentação predominante para o gado em lactação:

- a. Livre pastejo ()
- b. Pasto rotacionado ()
- c. Semi-confinado () (piquetes de descanso e alimentação no cocho em parte do ano ou ano todo)
- d. Confinamento tipo Free-stall ()
- e. Confinamento tipo Compost Barn ()

22. Fornecimento de suplementação/ração para o gado em lactação

- a. Ração: () ano todo () parte do ano
- b. Suplementação mineral: () ano todo () parte do ano () não suplementa

23. Se faz fornecimento de ração:

- a. não fornece
- b. Calculo técnico
- c. produtividade
- d. sem critério

24. Período de fornecimento de ração

- a. ano todo
- b. seca
- c. aleatório

25. Uso de aditivos alimentares (Monensina, Virginamicina, Narazina, Leveduras, etc.)

- a. sim () não

26. Qual pastagem é predominante da propriedade e qual a porcentagem de cada uma?

- a. Nativa (_____ %)
- b. Cultivada (_____ %)
- c. Mista (_____ %)

27. Tipo de pastagem predominante:

- a. Braquiara

- b. Mombaça
- c. Panicum
- d. Cynodon
- e. Outros: _____

28. Manejo de pastagens:

- a. Faz adubação regularmente (pelo menos a cada 2 anos) sim não
- b. Reforma nos últimos dez anos? sim não
- c. Controle de pragas sim não

29. Fornecimento de volumosos suplementares: não fornece

- a. Silagem
- b. Cana
- c. Capineira
- d. Outro _____

30. Período de fornecimento de volumoso suplementar

- a. ano todo / período da seca / aleatório

31. A propriedade dispõe de destino para dejetos: sim não

32. Tanque de resfriamento comunitário tanque próprio não tem [Código]

33. Estrutura do local de ordenha

- a. Fosso de ordenha
- b. Coberto e cimentado
- c. Descoberto e cimentado
- d. Coberto e terra batida
- e. Descoberto e terra batida
- f. Não possui

34. Vacinação específica

- a. Brucelose (fêmeas jovens) *
- b. Carbúnculo sintomático (todos acima de 3 meses) *
- c. Raiva *
- d. Aftosa *
- e. IBR/BVD
- f. Mastite
- g. Leptospirose

35. Tipo de ordenha

- a. não mecanizada

- b. mecanizada balde ao pé
 - c. mecanizada
 - d. mecanizada com extrator
36. Frequência da ordenha () 1 vez ao dia () 2 vezes ao dia () 3 vezes ao dia
37. Faz teste de caneca de fundo preto antes da ordenha () sim () não
38. Limpeza dos tetos pré ordenha () não realiza () lavagem com água () pré dipping
39. Limpeza dos tetos após a ordenha () não realiza () bezerro ao pé () pós dipping
40. Realiza teste de CMT antes da ordenha
() sim, semanal () sim, quinzenal () sim, mensal () não faz
41. CCS individual () sim () não
42. Limpeza de equipamento pós ordenha
- a. Detergente e sanitizante
 - b. Detergente
 - c. Sanitizante
 - d. Só água
 - e. Não tem equipamento de ordenha
43. Terapia de vaca seca () sim () não [1 ou 2]
44. O laticínio paga por qualidade? () sim () não
45. Resfriamento de vacas na pré ordenha () sim () não
46. Há separação de vacas em pré parto () sim () não
47. Há dieta específica para pré parto () sim () não
48. Uso de BST () sim () não
49. Manejo reprodutivo:
- a. Inseminação artificial () sim () não
 - b. FIV () sim () não
 - c. TE () sim () não
50. Cruzamentos direcionados para aumento de produção () sim () não
51. Diagnóstico de prenhez () não () toque () ultrassom
52. Quando se fala em adoção de tecnologia, com qual frase você se identifica mais.
- a. Acho difícil de implementar
 - b. Acho caro
 - c. Acho arriscado deixar na mão de funcionários
 - d. Se conhecesse mais usaria mais
 - e. Uso tudo que conheço

f. () Outra _____

ANEXO III – TABELAS

Tabela A1. Caracterização de 25 propriedades produtoras de leite no COFA-PELD projeto de longa duração. Números de 1 a 25 correspondentes ao limite de cada fazenda na figura B1 Apêndice B. IIC é o Índice Integral de Conectividade (para 100. 300. 500 e 1000 metros em dispersão de distancias e valor médio).

Propriedade	Area prop. (ha)	Vegetação natural (ha)	% Vegetação natural	IIC 100	IIC 300	IIC 500	IIC 1000	IIC médio	Area de reserve legal (ha)	% Reserva legal	Produção de leite diária (l)
1	143.472	66.793	46.555	0.21 4	0.21 4	0.21 4	0.214	0.214	35.400	0.20	250.0
2	49.917	7.603	15.231	0.02 3	0.02 3	0.02 3	0.023	0.023	12.900	0.20	1425.0
3	31.433	3.669	11.672	0.01 5	0.01 5	0.01 5	0.015	0.015	1.200	0.20	200.0
4	9.838	1.809	18.384	0.02 6	0.02 6	0.02 6	0.026	0.026	1.920	0.20	220.0
5	73.781	23.053	31.245	0.09 7	0.09 7	0.09 7	0.097	0.097	1.960	0.20	115.0
6	237.038	96.282	40.619	0.16 0	0.16 2	0.16 2	0.162	0.161	49.000	0.80	300.0
7	70.570	3.823	5.417	0.00 2	0.00 2	0.00 2	0.002	0.002	not declared	not declared	90.0
8	68.440	12.853	18.780	0.02 7	0.02 9	0.02 9	0.029	0.029	14.000	0.19	1000.0
9	16.756	3.831	22.863	0.01 8	0.03 4	0.03 5	0.035	0.031	3.360	0.20	35.0

10	32.812	6.816	20.773	0.03 7	0.03 7	0.03 7	0.037	0.037	7.200	0.18	940.0
11	218.188	28.924	13.257	0.01 5	0.01 6	0.01 6	0.016	0.016	43.200	0.20	600.0
12	15.958	3.934	24.654	0.06 5	0.06 5	0.06 5	0.065	0.065	3.360	0.20	300.0
13	48.718	15.172	31.143	0.07 5	0.07 6	0.07 6	0.076	0.076	7.680	0.20	480.0
14	26.321	4.630	17.589	0.02 6	0.02 9	0.02 9	0.029	0.028	4.800	0.20	40.0
15	33.075	8.283	25.043	0.03 4	0.04 0	0.04 0	0.040	0.039	6.720	0.20	100.0
16	61.928	24.746	39.959	0.10 8	0.11 2	0.11 2	0.112	0.111	12.000	0.20	8.0
17	38.263	5.267	13.765	0.01 4	0.01 4	0.01 5	0.015	0.014	7.680	0.20	40.0
18	5.264	2.145	40.758	0.12 9	0.12 9	0.12 9	0.129	0.129	7.680	0.20	400.0
19	102.481	27.103	26.446	0.06 5	0.06 5	0.06 5	0.065	0.065	22.800	0.20	3200.0
20	391.035	108.084	27.640	0.05 3	0.05 7	0.05 7	0.058	0.056	96.000	0.40	150.0
21	7.103	2.799	39.401	0.15 5	0.15 5	0.15 5	0.155	0.155	1.500	0.20	16.0
22	10.814	3.885	35.924	0.11 6	0.11 6	0.11 6	0.116	0.116	2.000	0.20	30.0

23	710.943	231.450	32.555	0.08 3	0.08 4	0.08 4	0.084	0.084	133.000	0.33	1200.0
24	34.377	3.078	8.954	0.00 9	0.01 1	0.01 1	0.011	0.011	6.800	0.20	700.0
25	23.982	2.982	12.435	0.01 5	0.01 5	0.01 5	0.015	0.015	3.800	0.20	20.0
Média	98.500	27.960	24.842	0.06 3	0.06 5	0.06 5	0.065	0.065	20.248		474.4
Mínimo	5.264	1.809	5.417	0.00 2	0.00 2	0.00 2	0.002	0.002	1.200		8.0
Maximo	710.943	231.450	46.555	0.21 4	0.21 4	0.21 4	0.214	0.214	133.000		3200.0
DP	155.775	51.185	11.448	0.05 7	0.05 6	0.05 6	0.056	0.056	32.308		695.2
Median a	38.263	6.816	24.654	0.03 7	0.04 0	0.04 0	0.040	0.039	7.440		220.0

Tabela A2. Colinearidade entre variáveis relacionadas ao nível de tecnificação em propriedades produtoras de leite no PELD-COFA paisagem. CMT é o *California Mastitis Test*. Gvif é o fator de generalização de inflação da variância. Em negrito, valores de $Gvif > 5.0$ onde as variáveis foram excluídas do próximo passo de análise Gvif.

Grupo/Variável	Gvif	Df	$Gvif^{(1/(2*df))}$
Manejo alimentar passo 1			
pastagem como dieta primária	8.974	3	1.442
manejo pastagem com fertilizante	3.142	2	1.331
tempo de suplementação alimentar	2.959	2	1.312
critério da suplementação	3.184	2	1.336
aditivos na alimentação	2.600	1	1.612
Manejo alimentar passo 2 (excluindo pastagem como dieta primária)			
manejo de pastagem com fertilizante	2.041	2	1.195
tempo de suplementação alimentar	1.479	2	1.103
critério de suplementação	1.866	2	1.169
aditivos na alimentação	1.767	1	1.329
Manejo da ordenha passo 1			
método de ordenha	5.093	3	1.312
frequência de ordenha	3.310	2	1.349
infraestrutura de ordenha	3.956	3	1.258

Manejo de ordenha passo 1 (excluindo método de ordenha)			
frequência de ordenha	2.243	2	1.224
infraestrutura de ordenha	2.243	3	1.144
Controle sanitário			
limpeza de teto pré ordenha	2.053	2	1.197
CMT	2.053	5	1.075
Genética e reprodução			
programa de reprodução para melhora de produtividade	2.553	1	1.598
método de seleção genética	2.757	1	1.661
diagnóstico de prenhez	2.264	2	1.227

Tabela A3. Modelos de tecnificação para explicar a variação em porcentagem de habitat entre propriedades produtoras de leite, analisada por grupos de variáveis explanatórias. SQR, soma de quadrados residuais, CIA critério de informação Akaike, SE Erro estandarizado, * significant ($p < 0.05$).

Grupo/Variável	Df	Soma dos quadrados	SQR	CIA	P
Manejo alimentar					
modelo nulo			2955.1	135.31	
manejo de pastagem com fertilizante	2	6.226	2961.3	131.36	0.974
tempo de suplementação alimentar	2	33.211	2988.3	131.59	0.869
critério para suplementação	2	133.271	3088.4	132.41	0.576
aditivos	1	0.003	2955.1	133.31	0.996
Manejo de ordenha					
modelo nulo			2716.2	129.20	
frequência de ordenha	2	54.55	2770.7	125.70	0.779
infraestrutura de ordenha	3	425.22	3141.4	126.84	0.304
Controle sanitário					
modelo nulo			2364.3	129.73	
limpeza de teto antes da ordenha	2	168.73	2533.0	127.46	0.423
CMT	5	480.62	2844.9	124.36	0.463
Genética e reprodução					

modelo nulo			2293.2	122.97	
programa de reprodução para melhora de produtividade	1	504.32	2797.5	125.94	0.026*
método de seleção genética	1	430.89	2724.0	125.28	0.038*
diagnóstico de prenhez	2	314.89	2608.1	122.19	0.200
<hr/>					
Produção diária de leite					
		Estimativa	SE	t	p
interceptação		25.365	2.844	8.919	6.32e-09
produção diária de leite		-0.001	0.003	-0.321	0.751
<hr/>					

Tabela A4. Modelos de tecnificação para explicar a variação do IIC médio entre propriedades produtoras de leite, analisadas por grupo de variáveis explanatórias. SQR, soma de quadrados residuais, CIA critério de informação Akaike, SE Erro estandarizado, ** significant ($p < 0.10$).

Grupo/Variável	df	Soma dos quadrados	SQR	CIA	p
Manejo alimentar					
modelo nulo			0.07234 7	-130.13	
manejo de pastagem com fertilizante	2	2.5e-05	0.07237 3	-134.12	0.996
tempo de suplementação alimentar	2	1.7e-05	0.07252 1	-134.07	0.971
critério da suplementação	2	1.2e-05	0.07356 6	-133.71	0.812
aditivos	1	8.9e-04	0.07324 2	-131.82	0.579
Manejo de ordenha					
modelo nulo			0.061	-138.37	
frequência de ordenha	2	0.002	0.063	-141.50	0.646
infraestrutura para ordenha	3	0.015	0.076	-138.79	0.134

Controle sanitário

modelo nulo			0.059	-135.30	
limpeza de teto antes da ordenha	2	0.004	0.063	-137.53	0.412
CMT	5	0.012	0.071	-140.51	0.442

Genética e reprodução

modelo nulo			0.059	-141.12	
programa de reprodução para melhora de produtividade	1	0.006	0.065	-140.90	0.136
método de seleção genética	1	0.008	0.068	-139.85	0.071*
diagnóstico de prenhez	2	0.009	0.068	-141.75	0.185

Produção de leite diária

	Estimativa	SE	t	p
	a			
interceptação	0.0683	0.014	4.923	5.65e-05
produção diária de leite	-7.881e-06	1.673e-05	-0.471	0.642

Modelo completo

método de seleção genética	1	0.003	0.075	-141.33	0.303
----------------------------	---	-------	-------	---------	-------

produção de leite diária	1	0.003	0.076	-141.35	0.309
---------------------------------	---	-------	-------	---------	-------

Table A5. Associação entre seleção de método de seleção genética e variáveis relacionadas ao nível de tecnificação e características de manejo geral em fazendas leiteiras no PELD-COFA paisagem. Para detalhes de cada variável verificar tabela 1.

*significância ($p < 0.05$)

Variável	Kendall's Tau-b	p
Forragem primária da dieta	0.583	0.001*
Utilização de fertilizante para pastagem	-0.259	0.898
Tempo de suplementação alimentar	-0.426	0.985
Recuperação de pastagens	-0.183	0.814
Critério para suplementação	-0.381	0.978
Suplementação com aditivos alimentares	-0.329	0.950
Método de ordenha	0.669	<0.001*
Frequência de ordenha	0.582	0.002*
Infraestrutura para ordenha	-0.663	0.999
Tanque resfriador de leite	-0.326	0.951
Pagamento do leite baseado em qualidade	-0.389	0.974

Limpeza de tetos antes da ordenha	0.418	0.014*
Teste de CMT	-0.153	0.797
Melhoramento para produtividade	-0.748	0.999
Diagnóstico de prenhez	-0.639	0.999
Composição racial do rebanho	-0.530	0.997
Manejo de apartação de vacas prenhes	-0.653	0.999

ANEXO IV - FIGURA

Fig. B1 Distribuição espacial das 25 fazendas no COFA-PELD projeto de longa duração paisagem mostrando os limites das propriedades. Números de 1 a 25 correspondem aos limites das propriedades. Áreas verdes correspondem a cobertura por vegetação (habitat) e áreas brancas correspondem as áreas antropizadas (matriz)

