

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

FERNANDO FRANCESCHI

**FERTILIDADE DO SOLO E CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS DE
PROPRIEDADES FAMILIARES DE PRODUÇÃO DE LEITE DO SUDOESTE
PARANAENSE**

DISSERTAÇÃO

PATO BRANCO
2018

FERNANDO FRANCESCHI

**FERTILIDADE DO SOLO E CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS DE
PROPRIEDADES FAMILIARES DE PRODUÇÃO DE LEITE DO SUDOESTE
PARANAENSE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia – Área de Concentração: Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Regis Luis Missio

PATO BRANCO
2018

F815f

Franceschi, Fernando

Fertilidade do solo e características produtivas de propriedades familiares de produção de leite do Sudoeste paranaense/ Fernando Franceschi. -- 2018

63 f. : il. ; 30 cm

Orientador: Prof. Dr. Regis Luis Missio

Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Pato Branco, PR, 2018.

Bibliografia: f. 47 - 53.

1. Agricultura familiar. 2. Fertilidade do solo. 3. Bovinos de leite.

I. Missio, Regis Luis, orient. II. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em

Agronomia. III. Título.

CDD 22. ed. 630

Ficha Catalográfica elaborada por:
Suélem Belmudes Cardoso CRB9/1630
Biblioteca da UTFPR Campus Pato Branco



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Pato Branco
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Programa de Pós-Graduação em Agronomia



TERMO DE APROVAÇÃO

Título da Dissertação nº 170

**FERTILIDADE DO SOLO E CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS DE
PROPRIEDADES FAMILIARES DE PRODUÇÃO DE LEITE DO SUDOESTE
PARANAENSE**

por

FERNANDO FRANCESCHI

Dissertação apresentada às quatorze horas do dia vinte e nove de maio de dois mil de dezoito como requisito parcial para obtenção do título de MESTRE EM AGRONOMIA, Linha de Pesquisa – INTEGRAÇÃO LAVOURA PECUÁRIA, Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção vegetal) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos membros abaixo designados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Banca examinadora:

Dr. Marcos Antonio de Bortolli
Profissional Liberal

Prof. Dr. Regis Luis Missio
UTFPR/Pato Branco
Orientador

Prof. Dr. André Brugnara Soares
UTFPR/Pato Branco

Prof. Dr. Moeses Andriago Danner
Coordenador do PPGA

“O Termo de Aprovação, devidamente assinado, encontra-se arquivado na Coordenação do Programa”

Dedicatória

A minha família, por sempre acreditar em mim e nunca medir esforços para que esta etapa da minha vida fosse cumprida!

A minha namorada que por aguentar e ter paciência nas noites e finais de semana que precisei me dedicar exclusivamente à dissertação.

AGRADECIMENTOS

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Ao Programa de Pós-graduação em Agronomia pela oportunidade.

Aos professores Dr. Regis Luis Missio e Dr. José Ricardo da Rocha Campos por todo empenho, dedicação, atenção e paciência.

Aos alunos da universidade, em especial ao Lucas Candiotto, Angela Caroline Zatta, Cleiton Rafael Zanella, Angela Carolina Boaretto e Felipe Candiotto pela ajuda na coleta de dados, contribuindo diretamente para esta dissertação, em que sem essa contrapartida minha formação não teria sido possível!

A minha família pelo apoio!

A minha namorada pela paciência e apoio.

A todos aqueles que, de alguma forma, estão e estiveram próximos de mim, fazendo cada momento valer a pena.

RESUMO

FRANCESCHI, Fernando. Fertilidade do solo e características produtivas de pequenas propriedades familiares de produção de leite do Sudoeste paranaense. 63 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Integração Lavoura-Pecuária), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2018.

Objetivou-se realizar um diagnóstico da condição química do solo e do sistema de produtivo de pequenas propriedades de produção de leite do Sudoeste paranaense. A identificação/caracterização das propriedades (n = 36) ocorreu a partir de visitas técnicas, nas quais se realizou questionário técnico, produtivo e sociocultural. Foram coletadas também informações referentes ao tamanho da propriedade, tipo, sistema de cultivo, histórico de cultivo e manejo do solo. Durante as visitas realizou-se a amostragem do solo de áreas com pastagens (perenes e anuais), culturas anuais (milho e soja) e áreas destinadas ao repouso de animais, totalizando 102 áreas. As amostras foram identificadas, embaladas e enviadas ao Laboratório de Solos da UTFPR. Nas áreas pastoreadas por vacas em lactação, o número de animais foi quantificado. A massa de forragem destas áreas foi estimada visualmente. A carga (kg/ha) e a lotação animal (UA/ha) foram estimadas a partir da média do peso corporal das vacas lactantes de propriedades com controle leiteiro. A produção de leite das áreas foi estimada a partir do número de animais lactantes e do volume produzido no mês da visita. Estatísticas não paramétricas foram utilizadas para análise dos dados. Os cultivos destinados ao repouso de animais apresentaram maior conteúdo de matéria orgânica (MO) em relação aos cultivos anuais e perenes, em que 100 % das áreas destinadas ao repouso de animais apresentaram MO do solo “muito alto”. Os cultivos anuais e perenes apresentaram 87,2 % e 80,8% de suas áreas com conteúdo de MO “muito alto”. Verificou-se que 56,2% das áreas destinadas ao repouso de animais apresentaram teor de P classificado como “muito alto”, enquanto que apenas 26,7% das áreas com cultivos anuais e 27,0 % das áreas com pastagens perenes apresentaram teor de P do solo classificado como “muito alto”. Da mesma forma, verificou-se que a percentagem de áreas destinadas ao repouso de animais com teor de K “muito alto” foi de 50 %, superior à percentagem de áreas com cultivos anuais (21,7% das áreas) e perenes (19,3 % das áreas) com a referida classificação para o teor deste elemento. O somatório das classes de pH “alto” e “muito alto” perfizeram 46,7 %, 48,4 % e 62,6 % das áreas com cultivos anuais, perenes e destinadas ao repouso de animais, respectivamente. A lotação (animais/ha) e a produção de leite (kg/ha) foram superiores ($P < 0,05$) nas pastagens perenes em relação às pastagens anuais de verão. Não foi verificada diferença ($P > 0,05$) para o teor de proteína e gordura do leite entre pastagens perenes e anuais de verão. Apenas 39 % das propriedades atenderam os requisitos mínimos propostos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para contagem de células somáticas e contagem bacteriana total.

Palavras-chave: Agricultura familiar. Fertilidade do solo. Bovinos de leite. Sistemas integrados de produção

ABSTRACT

FRANCESCHI, Fernando. Soil fertility and production characteristics of milk production of properties of Southwest of Paraná. 63 f. Thesis (Msc. in Agronomy) - Graduate Program in Agronomy (Concentration Area: Crop-livestock integration), Federal University of Technology Paraná. Pato Branco, 2018.

The objective of this study was to diagnose the chemical status of the soil and the production system of dairy farms in Southwest Paraná. The identification/characterization of the properties (n = 36) occurred from technical visits, in which a technical, productive and socio-cultural questionnaire was carried out. Information was also collected regarding the size of the property, type, cultivation system and history of cultivation and soil management. Soil samples were collected from areas with pastures (perennial and annual), annual crops (corn and soybean) and areas for the fallow of animals, totaling 102 areas. The samples were identified, packed and sent to the Soil Laboratory of UTFPR. In the areas grazed by lactating cows, the number of animals was quantified. The forage mass of these areas was estimated visually. The animal load (kg/ha) and the stocking rate (UA/ha) were estimated from the mean body weight of lactating dairy cows. The milk production of the areas was estimated from the number of lactating animals and the volume produced during the month of the visit. Non-parametric statistics were used to analyze the data. Cultures destined to the fallow of animals showed a higher content of organic matter (OM) in relation to the annual and perennial crops, in which 100 % of the areas destined to the fallow of animals presented MO of the "very high" soil. Annual and perennial crops presented 87.2 % and 80.8 % of their areas with "very high" OM content, respectively. It was verified that 56.2 % of the areas destined to the fallow of animals presented P content classified as "very high", whereas only 26.7 % of the areas with annual crops and 27.0 % of the areas with perennial pastures presented content of soil P classified as "very high". Likewise, it was verified that the percentage of areas destined to the fallow of animals with "very high" K content was 50.0 %, higher than the percentage of areas with annual crops (21.7 % of the areas) and perennial crops (19.3 % of the areas) with said classification for the content of this element. The sum of the "high" and "very high" pH classes accounted for 46.7 %, 48.4 % and 62.6 % of the areas with annual, perennial and fallow crops, respectively. The stocking rate (animals/ha) and milk production (kg/ha) were higher ($P < 0.05$) in perennial pastures compared to annual summer pastures. No difference ($P > 0.05$) was found for milk protein and fat content between perennial and annual summer pastures. Only 39 % of the properties met the minimum requirements for somatic cell count and total bacterial count.

Keywords: Family farming. Soil fertility. Dairy cattle. Crop-livestock integration.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização geográfica e climas da região de estudo.	26
Figura 2 - Declividade da região de estudo.....	26
Figura 3. Tipos de solo (% das áreas) em pequenas propriedades produtoras de leite do Sudoeste do Paraná e Extremo Oeste de Santa Catarina.....	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Número de áreas amostradas de acordo com o ano e a finalidade de uso	28
Tabela 2. Áreas/glebas e atributos químicos do solo em função da finalidade de uso	30
Tabela 3. Frequência relativa percentual dos atributos da acides do solo de pequenas propriedades do Sudoeste do Paraná.....	32
Tabela 4. Frequências relativas percentuais referentes aos atributos relacionados com a fertilidade do solo de pequenas propriedades do Sudoeste do Paraná.....	36
Tabela 5. Frequências relativas percentuais para teor de MO e macronutrientes em função da categoria finalidade de uso das áreas e classes de interpretação da análise de solo	38
Tabela 6. Frequências relativas percentuais para finalidade de uso das áreas referente aos teores de Ca e Mg	40
Tabela 7. Frequências relativas percentuais referente às áreas classificadas em função da finalidade de uso e classes de interpretação da análise do solo para capacidade de troca de cátions (CTC), saturação por bases (V%) e pH.....	41
Tabela 8. Frequências relativas percentuais referentes às áreas classificadas em função da finalidade de uso e classes de interpretação da análise do solo para teor de Al^{3+} e saturação por Al^{3+} (m%).....	43
Tabela 9. Histórico de adubação e calagem de acordo com a finalidade de uso das áreas.....	44
Tabela 10. Variáveis relacionadas com a capacidade suporte da pastagem, produção e qualidade do leite em propriedades de agricultura familiar	45

LISTA DE ABREVIATURAS

Al - Alumínio

ASE - Área de Superfície Elevada

Ca - Cálcio

CQFS - Comissão de Química e Fertilidade do Solo

CTC - Capacidade de Troca de Cátions

GPS - Sistema de Posicionamento Global

IDW - Inverso da Distância

K - Potássio

m% = Saturação por Al^{3+}

MIFS - Manual Internacional de Fertilidade do Solo

Mg - Magnésio

MO - Matéria Orgânica

N - Nitrogênio

P - Fósforo

pH - Potencial hidrogeniônico

Pronaf - Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar

QGIS - Quantum Gis

SBCS - Sociedade Brasileira de Ciências do Solo

SIG - Sistema de Informações Geográficas

V% = Saturação por bases

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1 A Pecuária no contexto da agricultura familiar.....	15
2.2 Caracterização da região de estudo	17
2.3 Atributos do solo	18
2.4 Manejo e conservação do solo	20
3 MATERIAL E MÉTODOS	25
3.1 Local e época.....	25
3.2 Classificação do solo	26
3.3 Coleta e preparo de amostras de solo	27
3.4 Classes de interpretação das análises de solo.....	28
3.5 Descrição da fertilidade do solo da região	29
3.6 Finalidades de uso das áreas	29
3.7 Histórico de calagem e fertilização	30
3.8 Características das pastagens, produção e qualidade do leite	30
3.9 Análises de dados	31
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
4.1 Descrição da fertilidade do solo da região de estudo	32
4.2 Finalidade de uso das áreas.....	37
4.3 Histórico de adubação e calagem.....	43
4.4 Atributos produtivos (animal e vegetal) de pequenas propriedades de produção de leite	45
5 CONCLUSÕES.....	46
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	47
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48

1 INTRODUÇÃO

A agropecuária Brasileira se destaca pelo suprimento de alimentos e matéria prima no mercado internacional se utilizando de diversos sistemas de produção, dentre as quais se destaca a Agricultura Familiar, reconhecida pela sociedade por suas contribuições relevantes para a produção de alimentos (Delgado e Bergamasco, 2017). O Sudoeste do Paraná e Oeste de Santa Catarina, neste contexto, são regiões de grande tradição na Agricultura Familiar, destacando-se a bovinocultura de leite como uma das principais atividades praticadas.

Apesar da importância econômica, social e cultural da Agricultura Familiar, a produtividade em pequenas propriedades de produção de leite ainda é baixa. Segundo dados do IPARDES (2003) para as diferentes regiões do Paraná, verifica-se que a produtividade leiteira ainda é inferior àquela verificada em propriedades familiares de países desenvolvidos. Em função disso, verificam-se propriedades com baixos níveis de renda e, conseqüentemente, reduzida qualidade de vida, o que é reflexo de diversos fatores de ordem social, econômica e política, em especial àqueles de ordem técnica.

Dentre os pontos críticos relacionados com a atividade leiteira, especialmente no Sudoeste do Paraná e Extremo Oeste de Santa Catarina, destaca-se o elevado custo com alimentação do rebanho, reflexo do alto nível tecnológico exigido para produção de silagem, associado às técnicas de manejo alimentar e sanitário inadequado. Soma-se a isso o custo com a fração concentrada, determinando, dessa forma, baixa sustentabilidade e competitividade da atividade. Além disso, para uma atividade que é realizada basicamente a pasto, observam-se pequenas áreas com pastagens perenes, com espécies muitas vezes inadequadas. De forma geral, as pastagens perenes demandam menores custos com implantação, já que estes são diluídos ao longo do período de utilização, que pode se estender por vários anos. No entanto, o manejo destas pastagens é normalmente negligenciado, especialmente o manejo de calagem e adubação, limitando a produção de forragem e de leite (Zanella et al., 2016).

Além dos aspectos mencionados, deve-se considerar que o aumento do êxodo rural, a baixa fixação do jovem no campo, o envelhecimento dos produtores rurais, o baixo preço do leite praticado, a elevação dos custos de produção da atividade leiteira, a elevação do preço dos grãos de cereais (especialmente da soja) tem levado a diversificação das atividades nas propriedades leiteiras. A menor exigência laboral dos cultivos agrícolas, neste contexto, tem sido uma alternativa para contornar os problemas enfrentados pelo produtor de leite. A inserção de cultivos agrícolas nas propriedades leiteiras transforma estas unidades produtivas em sistemas mais complexos em relação aos sistemas de monocultivos tradicionais. A maior

diversidade produtiva inerente aos sistemas integrados de produção, associada ao baixo acesso a informação e/ou assistência técnica se reflete em dificuldades técnicas aos agricultores familiares, que ao negligenciarem preceitos básicos dos sistemas integrados de produção agropecuária (*e.g.* rotação de culturas, plantio direto, repouso zero entre cultivos agrícolas e agropecuários) reduzem o potencial destes sistemas em elevarem a geração de renda em relação aos sistemas especializados tradicionais (Soares et al., 2018). O levantamento de atributos produtivos em pequenas propriedades de produção de leite, neste contexto, especialmente em relação à finalidade de uso das áreas, é essencial para identificar limitantes para a produção de forragem de modo que se possa elevar a produtividade leiteira.

O presente estudo objetivou realizar a fertilidade do solo e características produtivas de pequenas propriedades de produção de leite do Sudoeste Paranaense.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A Pecuária no contexto da agricultura familiar

A agricultura brasileira passou por importantes transformações entre as décadas de 70 e 80, período em que o cenário era similar ao de países capitalistas avançados, onde se acreditava que a atividade agrícola havia sido superada pela modernização e mecanização da atividade, aproximando a agricultura das questões comerciais e industriais que a ela estavam ligadas (Buainain et al., 2003). Assim, para ser competitivo era preciso adaptar-se a um modelo de produção que envolvesse altos investimentos e área relativamente grande. Em função disso, ocorreu a concentração da produção agrícola em um número cada vez menor de estabelecimentos cada vez maiores. O setor buscava estabelecer um modelo empresarial e alavancar um proletariado originado de um mercado específico e unificado. No entanto, os agricultores com menores condições de investimento e adaptação pareciam desviados desse futuro próspero, surgindo então preocupação com a degeneração ou conseqüente submissão às novas formas de capital no campo (Buainain et al., 2003). O resultado disso foi o surgimento de uma forma social de produção não homogeneizada, em que ainda hoje se discute a conceituação de agricultura familiar (Wanderley, 2014).

Tipicamente, se entende por pequeno produtor rural alguém que se encontra em condições precárias de produção, sem conseguir se integrar ao mercado. Porém, aceitar essas

características para a agricultura familiar é desconhecer o desenvolvimento agrícola nos últimos anos (Abramovay, 1992). De acordo com Schneider (2003), no campo político, a adoção da expressão agricultura familiar, surgiu como uma nova categoria impulsionada pelos movimentos sociais do campo, abrangendo um conjunto de categorias sociais que não mais se identificam com as noções de pequenos produtores ou, simplesmente, de trabalhadores rurais. Entretanto, a agricultura familiar, no cenário social e político, foi legitimada pela criação, em 1996, do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF).

A mesorregião do sudoeste do Paraná, onde parte desta pesquisa está inserida, possui mais de 30% de sua população em área rural, com predominância de micro e pequenas propriedades rurais, proporcionando a diversificação de culturas. Quando observamos os valores fornecidos pelo último censo agropecuário (IGBE, 2014), percebe-se que, se considerada apenas a produção familiar, a participação do Sudoeste do Paraná na produção agropecuária do estado é de 14,91%, mostrando a relevância da agricultura familiar da região. O cenário atual da agricultura familiar no Sudoeste do Paraná, de acordo com Saldanha (2014), ainda apresenta, em partes, alguns efeitos negativos da modernização da agricultura supracitada (grandes propriedades, monoculturas), bem como, é perceptível a presença das políticas iniciadas na década de 90, como o PRONAF.

Já no oeste de Santa Catarina a economia regional é bastante dependente da agropecuária, cuja principal base é, justamente, a agricultura familiar com produção diversificada (Mello e Schmidt, 2003). Dados do levantamento da EPAGRI (2017) demonstram que Santa Catarina assume uma posição de protagonismo na produção de alimentos com base na agricultura familiar. Em 2015 o estado aplicou 10,9% de todo valor de crédito do Pronaf e ficou em quarto lugar no País. No ano de 2016, o estado aplicou 2,715 bilhões de reais, saltando para 12,21% de toda a aplicação do Pronaf no Brasil. A agricultura familiar, neste contexto, possui expressiva importância na economia, participando das principais cadeias produtivas do estado (*e.g.* aves, suínos, bovinocultura de leite).

Apesar da importância econômica e para a segurança alimentar, os produtores da agricultura familiar ainda buscam se consolidar no setor agropecuário (Saldanha, 2014). Dentre os grandes entraves para isto destaca-se a difusão do conhecimento técnico. Para os produtores que realizam a revenda dos seus produtos através de empresas nacionais e multinacionais, a assistência técnica é prestada por estas empresas (Duarte e Castro, 2004). Existe também, a assistência técnica gratuita oferecida pela Emater (Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural) específica para agricultura familiar, bastante atuante nos estados do Sul do Brasil, bem como as cooperativas de produtores rurais (Castro, 2015). Entretanto,

ainda existem lacunas a serem preenchidas quando o assunto é assistência técnica, pois entre os agricultores familiares há uma maior dependência da assistência técnica pública, em que a falta de orientação muitas vezes ocasiona no uso equivocado dos recursos e insumos disponíveis. O manejo incorreto do solo, neste contexto, é um bom exemplo, e tem grande impacto sobre a produtividade da agricultura familiar, já que a médio longo prazo, o inadequado manejo se reflete negativamente sobre a fertilidade do solo.

2.2 Caracterização da região de estudo

A área em estudo está inserida na região do Terceiro Planalto Paranaense, cuja formação geológica é baseada em rochas vulcânicas de idade mesozóica da Formação Serra Geral. Apesar do amplo predomínio do basalto em todo o Terceiro Planalto Paranaense, rochas ígneas ácidas como os riolitos e riodacitos podem ocorrer no Planalto de Palmas e Água Doce e em área do entorno. A presença de rochas ácidas, ricas em minerais a base de silício e alumínio, nesse sentido, podem apresentar forte influência nas características dos solos delas originados (Instituto de Terras, Cartografia e Geologia do Paraná, 2017). Na parte paranaense da área em estudo, a forte influência de rochas ígneas de textura afanítica faz com que sejam formados solos com elevados teores de argila. Neste sentido, os Latossolos e os Nitossolos predominam nas áreas de meia encosta, enquanto os Cambissolos e os Neossolos são mais comuns em áreas mais declivosas (EMBRAPA, 2004).

No Extremo Oeste do estado de Santa Catarina os solos são provenientes de rochas ígneas básicas, intermediárias e ácidas da Formação Serra Geral. A presença deste conjunto litológico, especialmente em relação às rochas ígneas ácidas, permitiu a formação dos Cambissolos Húmicos, comumente citados pela população como “terras magras” ou “terra de campo”, referindo-se a baixa fertilidade dos mesmos. Apesar da ocorrência dos solos de baixa fertilidade, o que predomina são solos formados por basalto que, por apresentar, amplo predomínio de minerais ferromagnesianos tendem a apresentar boa fertilidade natural, principalmente no que se refere à presença de magnésio, cálcio e micronutrientes como ferro, cobre, manganês, zinco e boro (Scheibe, 1986).

Tanto na porção oeste do estado de Santa Catarina, como na porção sudoeste do Paraná, desta forma, os solos predominantes são os Latossolos, os Nitossolos (anteriormente classificadas como Terras Brunas Estruturadas), Cambissolos e Neossolos. Os Latossolos são solos com boa drenagem, profundos e porosos, localizados em relevo ondulado e levemente

ondulado. Os Cambissolos são solos com menor profundidade e que possuem em sua fertilidade maior influência do material de origem. Os Neossolos, por sua vez, são solos rasos e situam-se em relevo forte ondulado com presença de pedras na superfície dificultando sua utilização na agricultura. Os Nitossolos, por fim, são solos profundos e bem drenados, ocorrendo em relevo suave ondulado e forte ondulado (EMBRAPA, 2004).

2.3 Atributos do solo

A fertilidade do solo é caracterizada pela capacidade deste em fornecer nutrientes para as plantas (Mendes, 2007), os quais devem estar em quantidades satisfatórias, balanceadas e em formas assimiláveis. Além disso, o solo precisa estar livre de materiais tóxicos e oferecer propriedades físicas e químicas aceitáveis (Mello et al., 1983). Os elementos indispensáveis ao metabolismo das plantas, fornecido pela fração mineral do solo, agrupam-se como: macronutrientes primários (N, P e K), macronutrientes secundários (Ca, Mg e S) e micronutrientes (B, Cl, Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Si e Zn), sendo que todos são igualmente essenciais (Camargos, 2005). O sucesso na produção vegetal está condicionado à disponibilidade dos nutrientes essenciais, sendo o crescimento vegetal limitado (Lei do Mínimo) pelo elemento químico em menor proporção no solo (Russell e Russell, 1973).

O foco da adubação na agricultura são os nutrientes primários (N, P e K), o que é explicado pelo fato desses nutrientes tornarem-se insuficientes no solo antes dos demais em razão das plantas os usarem em quantidades relativamente grandes. As plantas exigem quantidades significativas de nitrogênio (N), absorvendo a maior parte desse elemento na forma de amônio (NH_4^+) ou nitrato (NO_3^-), os quais estão diretamente envolvidos na fotossíntese. O N compõe a molécula de clorofila, logo, a deficiência de N reduz o aproveitamento da radiação solar, impactando a absorção de nutrientes e o crescimento das plantas (Lane e Bassirrad, 2002). O N tem por característica a mobilidade no solo, o que implica em perdas deste nutriente pelos processos de lixiviação e volatilização. Em função disso, cuidados devem ser tomados para adubação nitrogenada, evitando altas temperaturas e baixa humidade do solo, bem como evitar a aplicação de fertilizantes antes de altas precipitações. Além disso, o fornecimento do N para as plantas deve ocorrer no momento em que as plantas possam absorvê-lo (Bissani et al., 2008).

O fósforo (P) é o elemento essencial ao crescimento das plantas, sendo encontrado em níveis altos nos tecidos dos pontos de crescimento dos vegetais, atuando na fotossíntese, na

respiração, no armazenamento e transporte de energia, no crescimento celular e em vários outros importantes processos (MIFS, 1998). A deficiência em P pode ser muito mais limitante na produção de culturas vegetais do que qualquer outra deficiência, toxicidade ou doenças. De forma geral, há uma dificuldade em manter o P disponível para as plantas, pois este elemento tende manter ligações com Ca e Fe, formando compostos que não se movimentam até as raízes. O P é um elemento pouco móvel no solo, havendo reduzidas perdas de P por lixiviação. O fornecimento de P às plantas, em razão de sua baixa mobilidade no solo, deve ser feito ao alcance das raízes, de preferência na linha (Bissani et al., 2008).

O Potássio (K), ao contrário dos outros nutrientes primários, não forma compostos orgânicos nas plantas. A deficiência de K faz com que a fotossíntese diminua e a respiração das plantas aumente, ocasionando a diminuição do suprimento de carboidratos para as mesmas. Além disso, ele é essencial na síntese proteica, atua na decomposição dos carboidratos, no controle do balanço iônico e também ajuda as plantas a conter os efeitos de doenças (Bissani et al., 2008). Apesar do K ser encontrado em quantidades altas na maioria dos solos, apenas uma pequena parte está disponível para as plantas. Este elemento apresenta-se no solo de três formas: não disponível (retido na estrutura dos minerais), lentamente disponível (fixado entre as lâminas de argila no solo) e disponível (potássio da solução do solo, adsorvido a MO e argila) (Neto, 2001). O K é um elemento móvel no solo, podendo sofrer perdas por lixiviação (Bissani et al., 2008).

Existem diversos fatores de natureza química que podem resultar em efeitos positivos e negativos em relação à disponibilidade de nutrientes, dentre os quais se destacam a acidez do solo. A acidez do solo ocorre naturalmente através dos processos de “envelhecimento” e intemperismo, sendo de extrema importância em razão de limitar o desenvolvimento das culturas vegetais. O grau de acidez depende da concentração de íons de hidrogênio na solução do solo (acidez momentânea) e da concentração de íons H^+ adsorvidos em substâncias de troca (acidez potencial) (Ronquim, 2010). Vale destacar que a acidez não chega a impedir o desenvolvimento das plantas, porém, a correção adequada da acidez do solo oferece muitos benefícios ao produtor, combinando diversos efeitos como o fornecimento de Ca e Mg, diminuição dos efeitos tóxicos do alumínio (Al), menor "fixação" de fósforo, aumento da atividade biológica do solo através da decomposição da matéria orgânica, resultando em maior produtividade das culturas. No entanto há um nível de pH ideal para o crescimento das plantas, que varia de espécie para espécie (Novais et al., 2007).

A matéria orgânica é composta por resíduos de origem vegetal e animal que promovem melhorias nas propriedades químicas e físicas do solo, como a capacidade de

retenção de água, a capacidade de troca de cátions (CTC) e a disponibilidade de nutrientes (e.g. N, P, S e micronutrientes). A presença de substâncias húmicas mantém o solo com boa estrutura, distribuição equilibrada de partículas, presença de poros onde a água e o ar são armazenados, estabelecendo um ambiente muito propício para o desenvolvimento do sistema radicular, resultando em melhoria na estruturação e melhoria da compactação do solo (Cunha et al, 2015). A matéria orgânica é sensível às práticas de manejo e, portanto, pode ser utilizada de forma eficiente para monitorar a qualidade do solo ao longo do tempo (Shukla et al., 2006).

A matéria orgânica apresenta-se como a principal reguladora da CTC do solo (Cunha et al., 2015). Isto ocorre, segundo estes autores, em razão da matéria orgânica apresentar cargas de superfície capazes de promover a retenção de cátions (K, Ca, Mg), evitando perdas por lixiviação e aumentando o suprimento das plantas por nutrientes da solução do solo. A CTC, neste contexto, corresponde à soma das cargas negativas nas partículas do solo, retendo os cátions de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , Al^{3+} e H^+ . Além disso, a CTC também é importante para a retenção de água e por apresentar relação com a estruturação e consistência dos solos (SOUZA et al., 2009).

Outro aspecto importante para os atributos do solo são os elementos químicos presentes no sistema solo-animal. Os animais ao utilizar as forrageiras como alimento, promovem a movimentação de nutrientes minerais nesse sistema (Rodrigues, 2000).

Os efeitos proporcionados pelo pastejo podem influenciar a ciclagem de nutrientes, tais como a remoção das raízes das plantas e alterações das condições físicas do solo através da compactação devido ao pisoteio. Além da concentração de fezes e urina causando efeitos na composição química do solo. Todos esses fatores são importantes em todos os sistemas de pastejo proporcionando o uso intensivo ou extensivo e contribuem para o desenvolvimento ou degradação ao longo do tempo e a sustentabilidade do sistema (Santos et al., 2011).

2.4 Manejo e conservação do solo

O solo desempenha diversas funções nos ciclos dos nutrientes e da água, sendo também fundamental para a sustentabilidade e perpetuidade dos ecossistemas naturais, além disso, é imprescindível na produção de alimentos, tornando-se assim, um dos recursos mais importantes para a qualidade de vida do homem (Wadt et al., 2003). A utilização do solo nas atividades humanas é muito corriqueira, e com o tempo originou áreas alteradas. A modificação dos sistemas naturais, ou seja, o surgimento das chamadas áreas alteradas, podem

fazer com que a capacidade de produção das áreas seja melhorada, conservada ou diminuída de acordo com o sistema adotado. Quando essas alterações levam à diminuição da capacidade produtiva do solo tem-se uma área degradada (Wadt et al., 2003).

Para evitar a degradação do solo pelas práticas agropecuárias, se deve fazer uso de uma combinação de métodos de manejo e uso do solo, visando sua conservação e melhor aproveitamento. Entre as principais práticas de conservação e manejo do solo no meio agrícola, pode-se citar: preparos conservacionistas do solo (preparo mínimo e plantio direto), a rotação de culturas, o terraceamento, a calagem, a adubação corretiva e de manutenção, e a adoção de sistemas integrados de produção agropecuária (Bissani et al., 2008).

Um desses sistemas de cultivo é a integração lavoura pecuária, onde ocorre a rotação de culturas anuais de grãos com pastagens perenes, como também com plantas de cobertura e pastagens anuais para a alimentação de animais. Dessa forma, há subsídios para a sustentabilidade do sistema e para a diversificação das propriedades. Nesse sistema é de suma importância observar as relações entre solo, plantas e animais (Bissani et al., 2008).

O sistema de integração lavoura pecuária é uma alternativa importante para a obtenção de renda no período de entressafra e também para a diversificação de atividades nas propriedades agrícolas, sendo esses fatores cruciais para uma agricultura eficiente, produtiva e estável (Moraes et al., 2002; Cassol, 2003; Cassol et al, 2007). Esse sistema se caracteriza por buscar um melhor aproveitamento do solo, com o intuito de reduzir a utilização de entradas exteriores ao sistema, ou seja, energia e produtos químicos, valorizando ao máximo os recursos naturais e aproveitando os processos naturais de regulação (Assmann et al., 2008).

De acordo com Macedo (2009), os sistemas integrados de produção agropecuária (SIPA) têm crescido como uma alternativa muito eficiente, porém complexa, para a manutenção da produtividade e recuperação de pastagens, onde o plantio de lavouras não é ocasional, mas uma parte constante do sistema de produção de grãos e animal que interatuam e se complementam em aspectos do manejo, da fertilidade, dos atributos físicos e biológicos do solo, contribuindo para o incremento da renda dos produtores e trazendo progresso social ao campo. O autor alerta para o fato de que alguns requisitos são necessários para adotar o SIPA, tais como, máquinas e implementos agrícolas diversificados, infraestrutura de estradas e armazéns, mão-de-obra qualificada, domínio da tecnologia de lavouras anuais e pecuária, e também há a necessidade de conhecimento mais apurado do mercado agropecuário.

O plantio direto, por outro lado, consiste em prerrogativa para os SIPA, e se caracteriza pela semeadura da cultura sem o revolvimento do solo, exceto aquela necessária para a colocação da semente na profundidade desejada, sobre os resíduos da cultura anterior

(Bissani et al., 2008). Os benefícios do plantio direto (redução da erosão, aumento de infiltração de água, aumento da MO da superfície, estímulo a atividade biológica, etc) estão em grande parte relacionados com a adequada cobertura do solo pelos resíduos/palhada, que deve ser de no mínimo de 1.500 kg/ha (Soares et al., 2018). O principal requisito para a adequada cobertura de palhada e sucesso do plantio direto é a adoção de rotações ou sucessões de culturas que adicionem grande quantidade de resíduos culturais na superfície do solo, bem como o adequado manejo das pastagens no período de entressafra. O plantio direto possibilita uma melhor retenção de umidade, a não ocorrência de erosão, mais tempo para semear e aproveitamento de melhores épocas de plantio (Romeiro, 1998). Entretanto, o arranjo natural do solo não mobilizado por conta do plantio direto, segundo Reeves (1995), pode ocasionar, após alguns anos, uma camada superficial do solo com valores superiores de densidade e microporosidade. Todavia, isso normalmente ocorre quando os cultivos com sistema de plantio direto são realizados de forma incorreta, sem associação com outras medidas de conservação do solo (Derpsch et al., 1991; Urchei, 1996).

O preparo mínimo do solo se refere a sistemas de preparo com menor frequência que o convencional, suprimindo uma ou mais operações que seriam feitas no preparo convencional. Considerando a grande variação de sistemas de preparo reduzido é difícil generalizar suas vantagens e limitações, entretanto, todos os sistemas tem vantagem de reduzir o consumo de combustível e abreviar o tempo necessário para o preparo do solo em relação ao preparo convencional (Bissiani et al., 2008).

A rotação de culturas apresenta-se como técnica de conservação eficaz capaz de contornar e/ou minimizar o adensamento do solo, pois, conforme Bayer et al. (2006), adequados esquemas de rotação de culturas proporciona um aumento nos estoques de matéria orgânica do solo em comparação ao preparo convencional, sendo este acúmulo de MO responsável pelas principais alterações químicas em solo de plantio direto e, dessa forma, reduz os níveis de compactação do solo. A rotação de cultura, neste contexto, também se constitui em pré-requisito básico dos SIPA. Eltz et al. (1989), constataram que o sistema de plantio direto possibilitou um acréscimo na MO do solo em relação ao sistema de preparo com a realização de aração e gradagem. Segundo Stone e Silveira (2001), a rotação de culturas altera as propriedades físicas do solo, reduzindo a compactação em razão da inserção de espécies com sistema radicular agressivo e pelos aportes diferenciados de matéria seca.

A rotação de culturas consiste em um planejamento racional com a inclusão de cultivos diferentes, alternando a distribuição das culturas no terreno. Visa estabelecer um equilíbrio biológico e um equilíbrio dinâmico entre os diversos fatores (Derpsch et al., 1991).

Um exemplo de sucesso com a rotatividade de culturas é a rotação da soja com o milho, onde se observa benefícios significativos e diretos como o controle de doenças, pragas, plantas daninhas, ciclagem de nutrientes e aumento da produtividade (Franchini et al., 2011). A escolha do sistema de rotação de culturas se dá a partir do princípio que a cobertura vegetal do solo deve produzir grande quantidade de biomassa, dando preferência para plantas fixadoras de nitrogênio, com raízes profundas, que promovam a ciclagem de nutrientes, com capacidade de nutrirem-se com os fertilizantes residuais das culturas comerciais, que não sejam hospedeiras de praga, doenças e nematóides ou apresentam efeito alelopático para as culturas comerciais. Além disso, é importante comentar, que a sucessão de culturas ocorre por tempo indeterminado e cada uma é cultivada em uma estação ao longo do ano (Gliessman, 2000).

A inserção de espécies diferentes no solo, representa a presença de diferentes ecossistemas que equivale a uma revolução, que pode beneficiar ou prejudicar um outro ecossistema, pertencente a outra cultura, por isso a rotação de culturas deve ser feita conscientemente, considerando todos os aspectos citados anteriormente. Esse sistema contribui não só para a manutenção da bioestrutura do solo, mas também para a sanidade vegetal que se beneficia das condições mais saudáveis no solo, como: arejamento adequado, conservação da água disponível, e melhoria da micro e mesobiotas heterótrofa (Altieri, 2002; Gliessman, 2000). No Estado do Paraná são adotados dois sistemas caracterizados como rotação de culturas ocorrendo da seguinte maneira: predomínio de soja no verão e de trigo no inverno para a metade sul e sudoeste (região subtropical); soja no verão e milho safrinha no inverno nas regiões norte e oeste do Estado (região de transição climática). Essa divisão se dá a partir do zoneamento climático das culturas, ou seja, baseia-se em fatores como a precipitação, evapotranspiração potencial, a capacidade de água disponível do solo, e a ocorrência de baixas temperaturas durante a fase reprodutiva das culturas de inverno (Franchini et al., 2011). No entanto, segundo o Departamento de Economia Rural (2018), ultimamente a produção de grãos no estado tem apresentado em média 78% de soja, 16% de milho e 6% de feijão durante o verão, e 21 % de trigo e 24% de milho safrinha durante o inverno. As áreas remanescentes, no inverno, são cultivadas com aveia para cobertura (25%), cevada, triticale, canola e girassol (5%), e repouso e outras espécies de cobertura (25%).

O terraceamento é uma prática que busca minimizar os efeitos degradantes causados pela erosão hídrica, a principal característica que condiciona a sua capacidade de uso é a declividade, sendo que a declividade mínima para inserir terraços é de 12%. O objetivo da construção de terraços é controlar o escoamento da água da chuva e consequentemente a erosão hídrica (Denardin et al., 1998). De acordo com Meyer et al. (1975), a erosão do solo

possui uma relação direta com a fertilidade, pois provoca a desagregação do solo e transporte pelo fluxo laminar raso, causando o selamento da superfície do solo, obstrução dos poros, redução da infiltração, aumento do escoamento superficial, perda de matéria orgânica e conseqüentemente a diminuição da fertilidade. O terraceamento deve ser utilizado de forma combinada com outras práticas conservacionistas, como a rotação de culturas, cobertura do solo com palhada, calagem e adubação balanceada (Denardin et al., 1998).

A calagem é um método comum entre as práticas agrícolas capaz de elevar a disponibilidade de nutrientes através do aumento do complexo de troca para as plantas e da CTC efetiva (Ronquim, 2010). Além disso, satura o complexo de troca com Ca e Mg e eleva o pH até um nível em que o Al esteja praticamente indisponível para as plantas. Isso ocorre através da diminuição da toxicidade de H^+ , Al^{3+} e Mn^{2+} , tendo em vista que o Al é o maior problema em solos ácidos a necessidade de calagem é dada pelo teor de Al^{3+} trocável, e através do aumento da disponibilidade de Ca e Mg (responsáveis pela neutralização) por adição direta no solo (Neto et al., 2001). Desta forma, a calagem satura o complexo de troca com Ca e Mg e eleva o pH até um nível em que o Al esteja praticamente indisponível para as plantas. O alumínio apresenta problema, no geral, em solos com pH menor que 5,5 e acima de 7,5 por tanto, com pH entre 5,5 e 7,5 o Al deve precipitar e permanecer na forma não tóxica para as plantas (Miguel, 2010).

Ao mesmo tempo, é muito comum fazer uso da adubação para suprir as necessidades das culturas agrícolas em solos que não apresentam as quantidades satisfatórias dos nutrientes, os principais focos da adubação é, basicamente, quanto ao suprimento de N, P e K dada a sua importância para o desenvolvimento dos vegetais, estando diretamente ligada à produtividade agrícola. Pode ser classificada quanto ao tipo de fertilizante empregado podendo ser mineral ou orgânico, e também quanto à via de aplicação, diretamente no solo, foliar e via água de irrigação. Há também a adubação verde, que consiste no uso de plantas, geralmente leguminosas, cultivadas antes ou junto com a cultura principal. A adubação pode compor um sistema pré-plantio onde o fertilizante é aplicado no sulco de plantio e sistema de manutenção com os fertilizantes aplicados após o plantio (Azevêdo, 2003).

A adubação foliar, que vem se concretizando como uma importante aliada do produtor, devido a menor eficiência de absorção pelas raízes dos adubos aplicados via solo, explicado pelas perdas de nutrientes por volatilização, lixiviação, adsorção e erosão, bem como, os fatores como compactação, fungos, nematóides, pH elevado e excesso ou falta de umidade no solo (Azevêdo, 2003; Mocellin, 2004).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local e época

O presente estudo foi realizado, entre os anos de 2015 e 2017, em 36 pequenas propriedades produtoras de leite o Sudoeste do Paraná e Extremo Oeste de Santa Catarina. Os dados foram obtidos a partir de um projeto de monitoramento das condições produtivas de 45 unidades produtivas vinculadas a Cooperativa Mista São Cristóvão, localizada no município de Mariópolis – PR. Este estudo analisou dados de 36 propriedades, de forma que propriedades com informações incompletas e/ou não se encaixavam como pequenas propriedades de produção de leite a pasto foram excluídas. As propriedades atendidas pelo referido projeto foram indicadas por técnicos ligados ao setor produtivo de leite da referida cooperativa. As propriedades selecionadas apresentaram produção de leite (vacas leiteiras) a pasto e foram caracterizadas como pequenas propriedades de produção. Considerou-se como unidade familiar de produção propriedades cuja gestão é compartilhada pela família e a atividade produtiva agropecuária é a principal fonte de renda (Savoldi e Cunha, 2010). A identificação/caracterização das propriedades ocorreu a partir de visitas técnicas, nas quais se realizou questionário técnico, produtivo e sociocultural.

A região de estudos foi mapeada a partir das coordenadas geográficas das propriedades, utilizando-se um Sistema de Posicionamento Global (GPS) portátil (Garmin Etrex 10). A partir das coordenadas geográficas gerou-se o mapa da região, utilizando-se do software QGIS 3.0.0 (Figura 1). O clima predominante na região é do tipo subtropical úmido mesotérmico (Cfb), segundo a classificação de Koppen (Alvares et al., 2013). O mapa dos climas da região também foi gerado pelo software QGIS 3.0.0, utilizando-se os dados disponibilizados pelo Instituto de Terras do Estado do Paraná (<http://www.itcg.pr.gov.br>).

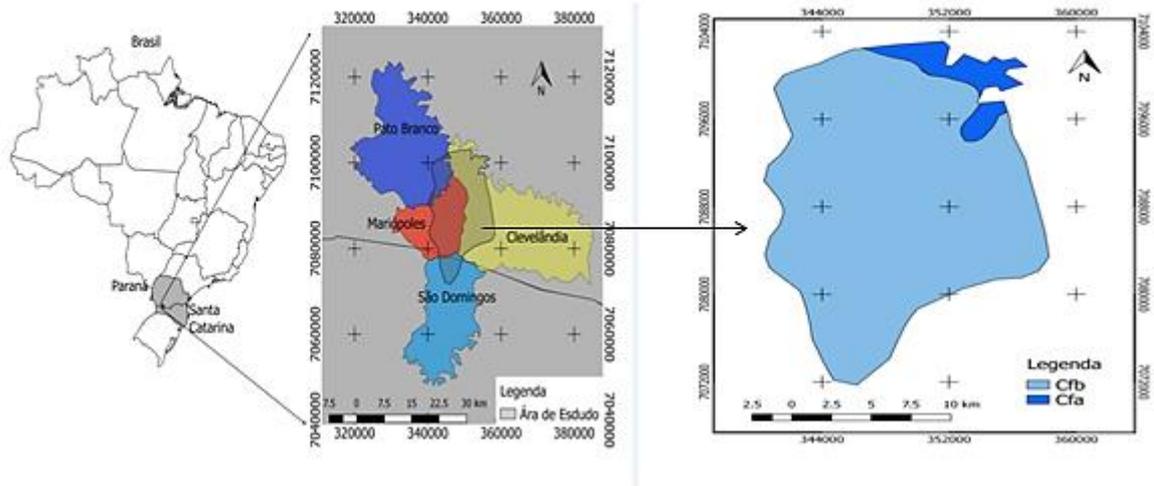


Figura 1. Localização geográfica e climas da região de estudo.

A área de estudo apresenta relevo predominantemente plano (declividade 0 a 3%), com áreas com relevo suave ondulado (3 a 8%) e ondulado (8 a 20%) em paisagens mais dissecadas e próximas aos cursos d'água (Figura 2).

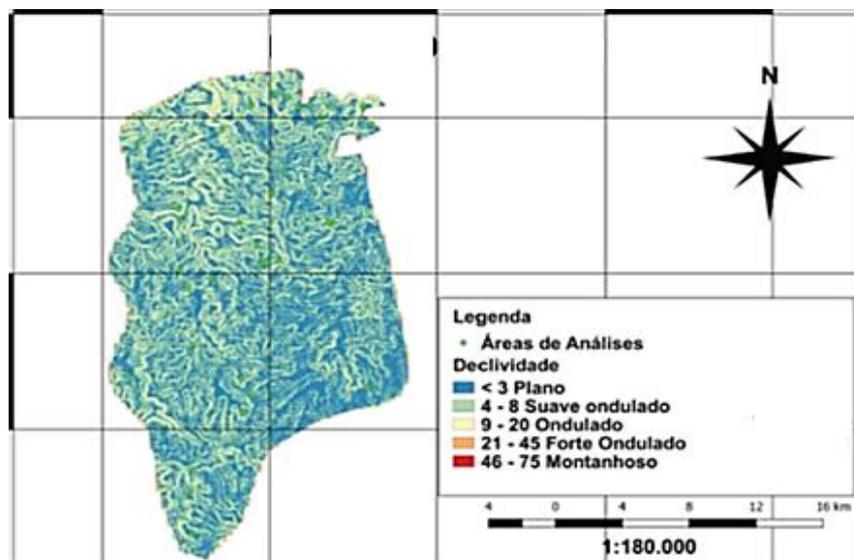


Figura 2 - Declividade da região de estudo.

3.2 Classificação do solo

Os solos das áreas amostradas foram descritos morfologicamente segundo Santos et. al. (2013), e classificados segundo o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (EMBRAPA, 2013) (Figura 3).

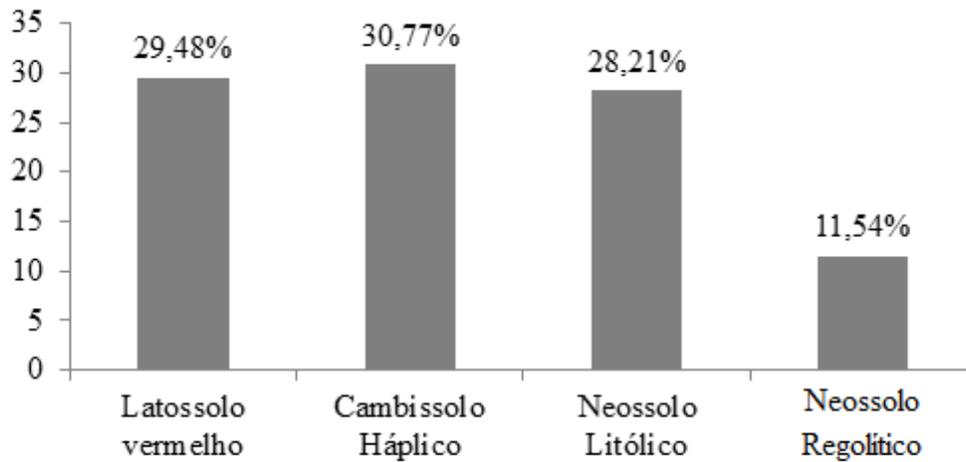


Figura 3. Tipos de solo (% das áreas) em pequenas propriedades leiteiras da região de estudo.

3.3 Coleta e preparo de amostras de solo

As amostras foram coletadas (10 amostras simples/talhão) a profundidade de 20 cm com auxílio de trado holandês, essa profundidade é recomendada para cultivos de culturas anuais compreendendo a camada arável do solo, ou seja, até 20 cm no sistema de plantio convencional (Miranda, 1982). As amostras de cada área compuseram amostras compostas, que foram encaminhadas para o Laboratório de Solos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Pato Branco, onde foram secadas em estufa à 40°C e peneiradas em peneira de 2 mm de abertura de malha. Foram analisados o teor de matéria orgânica (MO) (por digestão úmida), pH (em CaCl₂), P e K (por Mehlich-1), Ca, Mg e Al trocáveis (em KCl 1 mol L⁻¹). Com base nos resultados das análises químicas, foram calculados os valores da saturação por bases (V%), saturação por alumínio (m%) e da capacidade de troca de cátions (CTC).

A amostragem de solo se concentrou no período de primavera/verão (setembro, outubro e novembro), exceto no último ano, que também se realizou coletas nos meses de abril, maio e junho. As áreas foram amostradas uma única vez, de forma geral, durante o estágio vegetativo das culturas, afim de se obter dados que representassem o desenvolvimento

efetivo das mesmas e a relação com os componentes do solo. Nas áreas com cultivos semeados em linha, a amostragem ocorreu na entrelinha. O número de áreas amostradas anualmente é apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Número de áreas amostradas de acordo com o ano e a finalidade de uso

Espécie/cultivar	Ano		
	2015	2016	2017
Grãos	4	7	5
Milho	2	3	2
Soja	2	4	3
Pastagens anuais	7	15	11
Milheto	2	6	6
Milheto + capim sudão	0	2	1
Aveia preta	4	6	3
Aveia + azevém	1	1	1
Pastagens perenes	17	11	9
Tifton	9	6	5
Giggs	2	1	1
Esrela africana	1	1	0
Convert HD 364	1	1	0
Capim aruana	1	1	0
Capim Mombaça	1	0	1
Capim Napier	1	0	1
Hemarthria	1	1	1
Áreas de repouso	5	6	5
Total de áreas	33	39	30
Total de propriedades	12	12	12

3.4 Classes de interpretação das análises de solo

Os teores críticos dos elementos foram: muito baixo = teor que proporciona até 40% da produção máxima, baixo = teor que proporciona 40-70% da produção máxima, médio = teor que proporciona 70-90% da produção máxima; alto = teor que pode proporcionar 90-100% da produção máxima, e condição a se evitar = teor que pode proporcionar decréscimo de produção, por desequilíbrio nutricional ou toxidez pelo excesso de nutrientes, e risco de contaminação ambiental.

3.5 Descrição da fertilidade do solo da região

Inicialmente, os dados das análises de solo foram utilizados para a descrição da fertilidade do solo da região de estudo. Desta forma, após a classificação dos resultados em função das classes de interpretação da análise de solo, realizou-se uma análise descritiva.

3.6 Finalidades de uso das áreas

Durante a amostragem de solo, as áreas foram identificadas quanto ao tamanho, tipo, sistema produtivo e histórico de cultivos através de aplicação de questionário técnico/produtivo. Em função da limitação quanto ao número de áreas em alguns cultivos, para fins de análise estatística, as áreas/talhões foram agrupadas em função da finalidade de uso. Desta forma, após a classificação dos resultados de acordo com a classe de interpretação da análise do solo, os dados foram analisados em função do agrupamento das áreas como: culturas anuais, perenes ou áreas destinadas ao repouso de animais.

As áreas amostradas com culturas anuais foram cultivadas com milho (*Zea mays*) e soja (*Glycine max*). As áreas amostradas com pastagens hibernais foram cultivadas com aveia preta (*Avena strigosa*) e seu consórcio com azevém (*Lolium multiflorum*). As áreas amostradas com pastagens anuais de verão foram cultivadas com milheto (*Pennisetum americanum*) e seu consórcio com capim sudão (*Sorghum sudanense* L.). As áreas amostradas com pastagens perenes de verão eram cultivadas com *Cynodon* ssp. (Tifton 85, Giggs e Estrela Africana), capim convert (*Brachiaria híbrida* cv. Mulato II), capim aruana (*Panicum Maximum* cv. Aruana), capim mombaça (*Panicum maximum* Jacq cv. Mombaça), capim napier (*Pennisetum purpureum* Schum cv. Napier) e *Hemarthria* (*Hemarthria altissima*). As áreas destinadas ao repouso de animais eram cultivadas com *Paspalum notatum* (grama forquilha) e/ou *Axonopus compressus* (grama sempre verde), predominantemente.

Na Tabela 2 são apresentados o número e o tamanho das áreas amostras de acordo com a finalidade de uso, bem como seus atributos químicos do solo.

Tabela 2. Áreas/glebas e atributos químicos do solo em função da finalidade de uso

Espécie/cultiv	Itens											
	n	ha	CTC	pH	V%	Al ³	M	MO	P	K	Ca	Mg
Grãos	1	3,1	14,99	5,0	55,29	0,2	8,62	4,38	10,46	0,30	5,32	2,78
Milho	7	2,0	15,19	4,91	52,72	0,28	8,21	4,11	6,74	0,34	4,98	2,6
Soja	9	4,2	14,79	5,1	57,87	0,13	9,03	4,65	14,19	0,27	5,67	2,97
Pastagens	3	3,7	14,99	5,00	55,295	0,20	8,62	4,38	10,46	0,305	5,32	2,78
Milheto	1	2,7	15,48	4,81	57,64	0,32	9,43	5,15	8,8	0,39	5,76	2,97
Milheto + CS	3	1,8	13,65	5,23	56,64	0,03	7,62	3,75	3,78	0,09	5,03	2,52
Aveia	1	7,1	15,8	4,93	61,32	0,25	9,99	5,3	5,46	0,42	6,3	3,01
Aveia +	3	3,4	15,1	4,75	45,1	0,86	7,63	5,56	10,29	0,41	4,95	1,4
Pastagens	3	2,2	15,00	4,93	55,175	0,36	8,66	4,94	7,082	0,327	5,51	2,47
Tifton	2	4,1	14,89	5,3	66,79	0,2	10,2	3,98	9,75	0,31	6,3	3,47
Giggs	4	2,8	16,16	5,57	67,97	0	10,9	4,19	13,73	0,24	7,6	3,15
Esrela africana	2	2,4	11,51	4,15	40,52	0,59	5,23	5,5	2,46	0,14	3,15	1,35
Convert HD	2	3,3	16,5	5,2	66,85	0	11,0	5,5	13,11	0,43	6,9	3,7
Aruana	2	1,1	14,44	5,2	62,03	0,08	9,05	4,29	6,63	0,27	5,9	2,8
Mombaça	2	2,5	16,89	4,6	55,52	0,15	9,52	4,02	35,2	0,77	5,15	3,45
Napier	2	0,5	12,56	4,6	50,56	0,15	6,5	4,29	4,88	0,25	3,9	2,2
Hemarthria	3	0,7	17,93	4,8	60,23	0,11	10,9	5,23	37,62	0,7	7,4	2,7
Áreas de	1	1,7	15,11	4,92	58,808	0,16	9,18	4,62	15,42	0,388	5,78	2,85

n = número de áreas; CTC = capacidade de troca de cátions (cmol/dm³), V% = saturação por bases (%), Al³⁺ (cmol/dm³), m = saturação por Al (%), MO = matéria orgânica (mg/dm³); P (mg/dm³); K (mg/dm³); Ca (mg/dm³); Mg (mg/dm³), CS = capim sudão.

3.7 Histórico de calagem e fertilização

O histórico de calagem e fertilização foi determinado por questionário, aplicado durante a amostragem de solos das áreas. Os produtores foram questionados quanto à data e/ou ano da última calagem e adubação, quantidade aplicada de produto para calagem e fertilização, bem como a fórmula/tipo de produto utilizado. A partir destes dados, bem como do tamanho das áreas, determinou-se a quantidade de N, P, Ca e Mg aplicado por hectare, a partir da calagem.

3.8 Características das pastagens, produção e qualidade do leite

Nas áreas pastoreadas por vacas em lactação, o número de animais foi quantificado por questionário produtivo e/ou identificação visual. A massa de forragem destas áreas foi estimada visualmente durante caminhamento da amostragem de solo (média de três avaliadores treinados). Em áreas com sistemas de lotação intermitente estimou-se a massa de forragem média da área, ponderando-se a massa de forragem das áreas pastejadas e não pastejadas conforme o tamanho dos piquetes em relação à área total. A carga animal (kg/ha) e a lotação (UA/ha) foram estimadas a partir da média do peso corporal das vacas lactantes de propriedades com controle leiteiro. A produção de leite das áreas foi estimada a partir do número de animais lactantes e do volume produzido no mês da visita. As informações referentes à produção e qualidade de leite foram obtidas junto ao laticínio, demandante do referido projeto. A produção de leite ajustada para 4% de gordura (PL4%G) foi determinada pela equação proposta pelo NRC (2001), em que: $PL4\%G = (0,4 \times \text{kg de leite/dia}) + [15 \times ((\% \text{ de gordura do leite} \times \text{kg de leite/dia})/100)]$. Os dados produtivos das pastagens anuais envolveram apenas os pastos de milheto e seu consórcio com capim sudão.

A verificação do atendimento aos requisitos mínimos referentes aos conteúdos de contagem bacteriana total (CBT) e contagem de células somáticas (CCS) foi realizado. Para tanto, foi considerado os requisitos mínimos de CBT e CCS determinados pela IN 62/2011 para a região Sul, Sudeste e Centro-oeste do leite, a partir de julho/2014 (CCS para < 500.000 cel/mL e de CBT para < 300.000 cel/mL). A partir de julho/2016 a IN62/2011 estabeleceu que os requisitos mínimos de CBT e CCS para a região Sul, Sudeste e Centro-oeste de 100.000 cel/mL e 400.000 cel/mL, respectivamente. Os dados de CBT e CCS referente aos períodos de coleta foram fornecidos pelo laticínio.

3.9 Análises de dados

Os dados (frequência observadas) referentes à fertilidade e atributos químicos do solo (n = 102), de acordo com a finalidade de uso das áreas e classes de interpretação da análise de solo, foram submetidos à análise de frequência utilizando-se o PROC FREQ do SAS (Statistical Analysis System v.9.1, SAS Institute Inc. 2001). O teste Qui-quadrado de Pearson (χ^2) foi utilizado para testar a independência entre fatores. Os dados relativos à produção e qualidade do leite, características das pastagens, histórico de adubação e calagem foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Kruskal Wallis,

considerando-se a finalidade de uso das áreas como fator de variação (pastagens anuais e perenes). Utilizou-se 5% como nível crítico de significância.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Descrição da fertilidade do solo da região de estudo

A capacidade de troca de cátions (CTC) do solo da região foi classificada como variando de “média” (39,57 % das áreas) a “alta” (58,90 % das áreas). Apenas 1,53 % das áreas apresentaram CTC classificada como “muito alta”, não sendo identificadas áreas com CTC classificada como “baixa” e “muito baixa”. Estes valores de CTC estão relacionados ao predomínio de caulinita na fração argila e aos elevados teores de matéria orgânica (MO), comumente encontrados nos solos da região que, neste último caso, são fortemente influenciados pela condição de clima ameno que favorece a sua estabilização (MIFS, 2000).

Tabela 3. Frequência relativa percentual dos atributos da acides do solo de pequenas propriedades do Sudoeste do Paraná

Classes de interpretação	Itens				
	CTC	pH	V%	Al ³⁺	M
Muito baixo (MB)	0,00	0,59	0,00	54,33	0,93
Baixo (B)	0,00	7,72	2,70	20,47	53,02
Médio (M)	39,57	24,93	12,16	21,26	46,05
Alto (A)	58,90	29,67	48,65	0,00	0,00
Muito alto (MA)	1,53	28,19	36,49	3,94	0,00
Condição a se evitar (CE)	NA	8,90	0,00	NA	0,00
Valor mínimo	10,78	3,90	30,97	0,00	4,44
Valor máximo	24,58	6,40	79,89	3,68	18,22
Valor médio	15,20	5,05	60,74	0,26	9,57

Capacidade de troca de cátions (CTC, cmol_c/dm³ = muito baixo < 5,0; baixo 5,0 – 7,0; médio 8,0 – 14,0; alto 15,0 – 24,0; muito alto > 24,0); pH (MB < 4,0; B 4,0 - 4,4; M 4,5 - 4,9; A 5,0 - 5,5; MA > 5,5; CE > 6,0); saturação por bases (V, % = MB < 20; B 21 - 35; M 36 - 50; A 51 - 70; MA > 70; CE > 90); alumínio (Al³⁺, cmol_c/dm³ = MB < 0,3; B 0,3 – 0,7; M 0,8 – 1,5; A 1,6 – 2,5; MA > 2,5); Saturação por Al (m, % = MB < 5; B 5 – 10; M 11 - 20; A 21 – 50; MA > 70; CE > 90).

O pH do solo apresentou valores extremos ($< 5,0$ e $> 6,0$) em 42,14% das áreas, sendo inferior a 5,0 (pH) em 33,24% das áreas e superior a 6,0 (pH) em 8,9% das áreas. Baixos valores de pH estão associados a hidrólise do íon Al^{3+} que promove a liberação de H^+ para solução do solo, bem como pode estar associado com perdas de cátions básicos por lixiviação a medida que avança o processo de intemperismo. O baixo pH do solo promove diversos desequilíbrios, como a redução da disponibilidade de nutrientes (*e.g.* P) e atividade dos microrganismos, além de inibir o desenvolvimento radicular (Bissani et al., 2008).

Solos em avançado processo de intemperização podem ser deficientes em cátions essenciais para as plantas e conter elevados teores de Al^{3+} trocável, que é tóxico. O aumento do pH do solo aumenta a taxa de mineralização da matéria orgânica, com consequente liberação de P e outros elementos ligados a mesma, bem como eleva o aproveitamento do P devido sua menor adsorção nos óxidos de ferro e de alumínio. Além disso, o aumento do pH do solo eleva a CTC pH-dependente, uma vez que promove a dissociação de grupos funcionais OH presentes nas arestas de minerais do solo como caulinita, hematita e goetita. Parte do K em solução pode passar para a forma trocável, para neutralizar as cargas negativas devidas ao aumento do pH, reduzindo as perdas de K por lixiviação (Bissiani et al., 2008).

Embora as áreas com pH elevado ($> 6,0$) tenha sido baixa (8,9% do total), existe necessidade de atenção para fatores que elevam o pH do solo, em razão da deficiência de micronutrientes, principalmente em se tratando dos elementos Mn e do Zn que, em algumas propriedades, foram visíveis em soja e milho, respectivamente. Dentre as práticas recomendadas para redução de pH tem-se o revolvimento do solo, que, além de apresentar baixa efetividade para tal finalidade, também pode prejudicar a física e a fertilidade do solo a partir de processos erosivos e de compactação (Tiecher et al., 2016).

Áreas com valores de pH acima dos recomendados podem estar associadas com a utilização de cama de aviário, a qual contém óxido de cálcio, que é utilizada para desinfecção das instalações entre um lote e outro de aves. Outro aspecto que pode se refletir na elevação demasiada do pH do solo pode ser a inadequada calagem (dose e época, principalmente), o que normalmente está associada a falta de assistência técnica, a falta de análise do solo, baixo custo do calcário, entre outros aspectos., é importante ressaltar que a forma de realização da calagem também exerce influência nesse sentido, sendo que deve ser realizada em média noventa dias antes do plantio tomando-se o cuidado do solo estar em umidade adequada. Em função da baixa efetividade das práticas utilizadas para reduzir o pH, Tiecher et al. (2016) recomendam que em áreas com este problema deve-se cessar a correção da acidez e monitorar

o pH, em que, ao longo do tempo, o pH será reduzido até o intervalo desejado (5,5 a 6,0) pelos processos naturais e antrópicos de acidificação a que os solos agrícolas são submetidos.

Verificou-se que 36,49% das áreas amostradas apresentaram V% classificada como muito alta (>70 %). Este valor significa que do total de cargas elétricas negativas do solo mais de 70% estão ocupados com os elementos Ca, Mg e K. Atualmente, o V% é o principal indicador utilizado para recomendação de calagem, a qual é recomendada para elevação do índice de saturação em bases quando a V% estiver entre 51 a 70 %, e sempre que estiver abaixo de 50 %. Desta forma, pode destacar que, em pelo menos 1/3 das áreas da região, o manejo de calagem ocorre de forma correta e/ou não existe necessidade de calagem a curto e médio prazo. Entretanto, deve-se considerar que em virtude de os solos da região apresentar como material de origem o Basalto que, por sua vez, é formado por minerais ferromagnesianos e por minerais fontes de Cálcio como os plagioclásios, parte destes valores podem estar associados a hidrólise destes minerais que tende a ser mais elevadas em solos mais jovens (rasos).

A concentração de Al^{3+} na maioria (74,8 % do total) das áreas pode ser considerada baixa. Verificou-se, neste sentido, que 54,33 % das áreas amostradas apresentaram teor deste elemento caracterizado como “baixo”, enquanto 20,47 % das áreas apresentaram teor de Al^{3+} caracterizado como “muito baixo”. Em 21,26 % das áreas verificou-se teor de Al^{3+} classificada como “médio” e apenas 3,94 % das áreas amostradas apresentou teor de Al^{3+} classificada como “muito alto”, não havendo áreas com teor de Al^{3+} classificada como alto. Valores baixos para Al^{3+} (alumínio trocável) podem ser explicados pelo uso da calagem (Meurer, 2007). Ribas (2010) verificou concentrações próximas de Al^{3+} em solos da região de Guarapuava-PR. Entretanto, os valores observados no presente estudo também podem estar relacionados ao material de origem dos solos, que na maioria são desenvolvidos de Basalto. Como esta rocha apresenta em sua constituição predomínio de minerais ferromagnesianos, ela tende a dar origem a solos com baixo teor de Al^{3+} , especialmente, quando estes apresentam baixo estágio de desenvolvimento pedológico como os Cambissolos e os Neossolos.

Vale destacar que, como cátion trivalente, o Al^{3+} , é retido pelas cargas negativas dos colóides do solo, à semelhança de outros cátions trocáveis, estando em equilíbrio com o Al^{3+} da solução, que é baixa (<0,1 cmol/dm³). Mesmo assim, o efeito tóxico pode se manifestar, pois o Al^{3+} trocável passa para a solução em substituição ao absorvido pelas raízes. Desta forma, enquanto o Al^{3+} trocável for alto, a absorção pelas raízes também poderá ser elevado. O aumento do pH, nesse sentido, promove precipitação do Al^{3+} na forma de $Al(OH)_3$ que se

torna inativa na solução, reduzindo o efeito deletério do elemento supracitado, o qual é totalmente neutralizado quando o pH atinge valores entre 5,5 e 6,0 (Bissani et al., 2008).

Os efeitos da toxidez por Al^{3+} nas plantas são observados sobre o sistema radicular na medida em que reduz o crescimento das raízes em razão da inibição da divisão celular, engrossamento e pouca ramificação das raízes em razão da desorganização dos meristemas, escurecimentos das raízes em razão da necrose dos tecidos, acumulação de Al no protoplasma e núcleo das células do córtex das raízes e baixa concentração de P na planta devido à redução na absorção e translocação deste elemento para a parte aérea (Bissani et al., 2008). Sob o ponto de vista da toxidez para as plantas, a saturação por Al^{3+} (m%) é mais importante que o teor de Al^{3+} trocável no solo. Neste contexto, o valor de m% das áreas amostradas se concentrou nas classificações “baixa” (53,02 % do total) e “média” (46,05 % do total), não havendo áreas com valor de m% classificado como “alto” e “muito alto”. Apenas 0,93% das áreas amostradas apresentaram valor de m% classificado como “muito baixo”.

Vale lembrar que a acidez do solo está fortemente relacionada com o baixo conteúdo de cátions básicos no solo, o que se reflete em baixos níveis de V%. A V% indica a proporção de cátions básicos (Ca, Mg, K e Na) que ocupam a totalidade das cargas negativas existentes em um solo. Valores baixos de pH estão associados a baixos valores de V% e altos valores de m%. Em baixos valores de pH, ocorre a dissolução do Al da estrutura dos minerais para formas trocáveis e altamente fitotóxicas. No entanto, no processo de reacidificação do solo, é desejável que se mantenham teores mais elevados de Ca e Mg se comparado à condição inicial, com maiores valores de V% e menores valores de m%. Assim, é possível que a acidez ativa do solo volte a ficar alta (pH diminui), sem que ocorram grandes danos às plantas. Por essa razão, o pH isoladamente pode não ser o melhor indicador do grau de acidez do solo e da tomada de decisão para a sua correção (Bissani et al., 2008).

A matéria orgânica (MO) é a principal fonte de N do solo para as plantas não leguminosas (Bissani et al., 2008). Neste estudo, o teor de MO do solo da região de estudo foi classificada como “alta” e “muito alta” em 12,61 % e 87,39 % das áreas amostradas, respectivamente. Estes resultados podem estar associados, em parte, ao clima subtropical, o qual é caracterizado pelas baixas temperaturas em parte do ano. As baixas temperaturas reduzem a atividade microbiológica do solo, o que reduz a mineralização da matéria orgânica (Bissani et al., 2008). Além disso, deve-se considerar que a região de estudo apresenta elevada utilização da integração lavoura-pecuária, que tem a elevação da MO como benefício, desde que ocorra rotação de culturas com adequada deposição de resíduos/palhada e adequado manejo das pastagens, principalmente.

Tabela 4. Frequências relativas percentuais referentes aos atributos relacionados com a fertilidade do solo de pequenas propriedades do Sudoeste do Paraná e extremo Oeste de Santa Catarina

Classe de interpretação	MO	P	K	Ca	Mg
Muito baixo (MB)	0,00	8,02	2,45	0,00	0,00
Baixo (B)	0,00	19,85	6,12	0,00	0,00
Médio (M)	0,00	19,47	15,16	0,00	2,04
Alto (A)	12,61	4,58	39,14	47,69	10,86
Muito alto (MA)	87,39	48,09	36,70	52,31	87,10
Condição a se evitar (CE)	NA	0,00	NA	NA	NA
Valor mínimo	2,55	0,05	0,00	2,1	0,80
Valor máximo	9,11	56,20	1,43	12,80	6,20
Valor médio	4,60	9,54	0,35	5,94	3,02

Matéria orgânica (MO, g/dm^3 = MB < 0,7; B 0,7 – 1,4; M 1,5 – 2,4; A 2,5 – 3,4, MA > 3,4); P (MB < 3; B 3 – 6; M 7 – 9; A 10 – 12; MA > 12; CE > 60 mg/dm^3); K (MB < 0,06; B 0,06 – 0,12; M 0,13 – 0,21; A 0,22 – 0,45; MA > 0,45 cmol/dm^3); Ca (MB < 0,5; B 0,5 – 1,0; M 1,1 – 2,0; A 2,1 – 6,0; MA > 6,0 cmol/dm^3); Mg (MB < 0,2; B 0,2 – 0,4; M 0,5 – 1,0; A 1,1 – 2,0; MA > 2,0 cmol/dm^3).

O conteúdo de P das áreas amostradas apresentou-se limitante para grande parte das culturas em 47,33% das áreas (< 10 mg/dm^3 de P), o que seria de se esperar, dada a complexa dinâmica deste elemento em solos muito argilosos e com elevados teores de óxidos de ferro (Bissani et al., 2008), tal como ocorre na região. Entretanto, 53,77 % das áreas apresentaram conteúdos elevados de P, dos quais 4,58 % das áreas apresentaram teor de P caracterizado como “alto” e 48,09 % das áreas amostradas apresentaram conteúdo de P “muito alto”.

O elevado teor de P total do solo não representa, necessariamente, condições adequadas para o cultivo agrícola, visto que o P apresenta baixa mobilidade no solo e sua absorção depende de sua concentração na rizosfera. Isto implica que o fornecimento de P deve ocorrer via adubação, próximo às raízes. Além disso, em solos com pH ácidos (<4,0) pode ocorrer a complexação do P com os óxidos de ferro e de alumínio, tornando o P indisponível para as plantas (Bissani et al., 2008).

Vale destacar que o teor crítico de P (valor da análise acima do qual a probabilidade de resposta à adição do nutriente é baixa ou nula) corresponde ao limite superior à faixa “médio”, o que varia, dentre outros aspectos, com a percentagem de argila do solo e, portanto, com a classe textural. De forma geral, o valor crítico de P é inversamente relacionado com o

teor de argila, em que os seus valores para os solos de SC e RS é de 6, 9, 12 e 21 mg/dm³ para solos com >60, 41-60, 21-40 e ≤20% de argila, respectivamente (Bissani et al., 2008).

Na região em estudo, predominaram áreas com elevados conteúdos de K (75,84 % das áreas), das quais 39,14 % e 36,7 % das áreas apresentaram teor de potássio caracterizado como “alto” e “muito alto”, respectivamente. Apenas 8,57 % das áreas apresentaram baixos teores de K, das quais 2,45 % e 6,12 % das áreas foram caracterizadas com conteúdo de potássio “muito baixo” e “baixo”, respectivamente. O elevado conteúdo de potássio das áreas amostradas pode estar associado ao baixo grau de intemperização do solo, bem como a forte influência do material de origem que tende a apresentar em suas constituições minerais ricos em potássio, como o ortoclásio e o microclínio, comumente encontrados em rochas ígneas.

4.2 Finalidade de uso das áreas

Verificou-se elevada associação ($P < 0,001$) entre a finalidade de uso das áreas e as classes de interpretação da análise de solos para o teor de MO, P e K (Tabela 5). Os cultivos destinados ao repouso de animais, neste sentido, apresentaram 100 % das áreas com conteúdo de matéria orgânica do solo classificada como “muito alta”, enquanto os cultivos anuais e perenes apresentaram conteúdo de matéria orgânica classificada como “muito alta” em 87,2 % e 80,8% das áreas, respectivamente. Estes resultados indicam que a exportação de nutrientes entre as áreas das propriedades é elevada, causando exportação significativa de nutrientes de áreas de pastagens para áreas destinadas ao repouso de animais.

As áreas destinadas ao repouso de animais são utilizadas normalmente em razão da proximidade com a sala da ordenha em relação às outras áreas de pastagens. Por vezes, a justificativa para pernoite de animais nestas áreas está relacionada com a redução do pisoteio nas áreas de pastagens. Muito embora, não se negue o efeito do pisoteio sobre o efeito de desaparecimento de forragem das áreas de pastagens, acredita-se que este efeito seja menos prejudicial em relação ao pernoite dos animais em áreas de repouso, que se tornam improdutivas do ponto de vista da produção de forragem e podem apresentar elevada contaminação ambiental contribuindo para a incidência de inflamações na glândula mamária, especialmente em épocas chuvosas. As fezes depositadas são provavelmente o principal fator determinante do maior conteúdo de MO nas áreas de repouso em relação às áreas de cultivos perenes e anuais. As fezes e a urina depositadas nestas áreas se tornam um inconveniente para os sistemas integrados de produção agropecuária, visto que exportam nutrientes das áreas de

pastagens, determinando dificuldade para obtenção dos benefícios da inversão de adubação, benefícios estes esclarecidos na revisão de Moraes et al. (2011).

Tabela 5. Frequências relativas percentuais para teor de MO e macronutrientes em função da categoria finalidade de uso das áreas e classes de interpretação da análise de solo

Itens	Anuais			Perenes			Repouso		
	MO	P	K	MO	P	K	MO	P	K
MB	0,0	17,8	13,0	0,0	12,2	3,2	0,0	25,0	6,2
B	0,0	31,1	8,7	0,0	27,0	16,1	0,0	12,5	6,2
M	0,0	20,0	17,4	0,0	28,4	19,3	0,0	6,2	18,8
A	12,8	6,7	36,9	19,2	5,4	38,7	0,0	0,0	18,7
MA	87,2	26,7	21,7	80,8	27,0	19,3	100,0	56,2	50,0
Total de áreas	45	45	45	31	31	31	16	16	16

Teste de independência

χ^2 - P valor	< 0,001	< 0,001	< 0,001	--	--	--	--	--	--
--------------------	---------	---------	---------	----	----	----	----	----	----

Matéria orgânica (MO = MB < 0,7; B 0,7 – 1,4; M 1,5 – 2,4; A 2,5 – 3,4, MA > 3,4 g/dm³); P (MB < 3; B 3 – 6; M 7 – 9; A 10 – 12; MA > 12; CE > 60 mg/dm³); K (MB < 0,06; B 0,06 – 0,12; M 0,13 – 0,21; A 0,22 – 0,45; MA > 0,45 cmol_c/dm³).

Os cultivos destinados ao repouso de animais, cultivados preponderantemente com grama forquilha e grama sempre verde, com médio-baixo potencial para produção de forragem em relação às gramíneas melhoradas e/ou especializadas, apresentaram 56,2 % de suas áreas classificadas com conteúdo de P como “muito alto” (Tabela 1), enquanto que apenas 26,7 % das áreas com cultivos anuais e 27,0 % das áreas com pastagens perenes apresentaram classe de interpretação da análise do solo classificadas como “muito alto”. O elevado conteúdo de P das áreas de repouso de animais em relação às demais pode ser atribuído, em grande parte, à exportação de nutrientes das demais áreas de cultivo (anuais e perenes), que são depositados junto com as dejeções ao longo dos anos nestas áreas (áreas de repouso). É importante destacar que, sob o ponto de vista agrícola, o P ligado a frações orgânicas apresentam uma dinâmica muito mais interessante, uma vez que a ciclagem é muito mais eficiente. Por outro lado, os resultados apresentados demonstram negligência nas adubações corretivas e de manutenção das áreas de pastagens, especialmente das pastagens perenes, que além de serem a base da pecuária leiteira no país, podem estar inseridas em SIPA pela rotação com cultivos anuais de grãos (Moraes et al., 2000).

Verificou-se que os cultivos destinados ao repouso de animais apresentaram 50 % de suas áreas classificadas com teor de K “muito alto” (Tabela 1), enquanto os cultivos anuais e perenes apresentaram 21,7 % e 19,3 % de suas áreas com similar classificação para o teor de K. Estes resultados demonstram o grande potencial para produção de forragem das áreas destinadas ao repouso de animais, que podem apresentar elevada representatividade frente ao tamanho das propriedades de agricultura familiar. No presente estudo as áreas de repouso apresentaram o tamanho correspondente a 80,4 % das áreas de pastagens perenes e 25,4 % das áreas de cultivos anuais (Tabela 1).

Os resultados apresentados demonstram que o teor de K não é limitante para a produção de forragem em pelo menos metade das áreas destinadas ao repouso de animais, assim como o P. Tais aspectos podem oportunizar economia ao produtor em razão de não haver necessidade, pelos menos a curto médio prazo, de realizar adubações corretivas. Segundo Bissani et al. (2008) em solos com teores de K muito acima do limite inferior a faixa muito alto deverão receber este elemento via adubação em quantidade proporcional à exportação pelas culturas (animal e vegetal). Além disso, a utilização de fontes de N, P e K (uréia agrícola, cloreto de potássio, supersimples e supertriplo) podem representar melhor custo/benefício em relação às formulações comerciais de fertilizantes em função do menor custo, pelo menos para áreas de pastagens perenes que, de maneira geral, apresentam melhor cobertura de solo, bem como maior massa de raízes, o que lhes determina maior potencial para captação dos nutrientes fornecidos via adubação em relação aos cultivos de grãos de cereais, que necessitam fornecimento destes elementos na linha, especialmente P. Vale destacar que as respostas das plantas ao K depende da relação do K extraído e a CTC do solo, em que os níveis de suficiência (teor crítico de K) são de 45, 60 e 90 mg/dm³ para solos com CTC ≤5, 5,1-15 e >15 cmol_c/dm³, respectivamente (Bissani et al., 2008).

Quanto ao conteúdo de K, vale destacar, por fim, que as áreas de cultivos anuais são impactadas pelas culturas de grãos, especialmente a cultura da soja, que representou neste estudo 56,25 % das áreas destinadas a produção de grãos (Tabela 1), cultura esta que é grande exportadora de K (Martins et al., 2004). Por outro lado, a extração de K pelo Tifton, que foi a pastagem perene mais utilizada (54 % das pastagens perenes) (Tabela 1), também merece destaque, já que é o elemento mais extraído por esta gramínea (Sarmiento et al., 2006).

Não foi verificada associação ($P > 0,05$) entre a finalidade de uso das áreas e as classes de interpretação da análise de solo para o teor de Ca (Tabela 6).

Tabela 6. Frequências relativas percentuais para finalidade de uso das áreas referente aos teores de Ca e Mg

Itens	Anuais		Perenes		Repouso	
	Ca	Mg	Ca	Mg	Ca	Mg
M	0,0	4,4	0,0	0,0	0,0	6,2
A	53,3	13,4	58,1	19,4	43,7	0,0
MA	46,7	82,2	41,9	80,6	47,3	93,8
Total de áreas	45	45	31	31	16	16
Teste de independência						
χ^2 - P valor	0,096	0,001	--	--	--	--

Ca (MB < 0,5; B 0,5 – 1,0; M 1,1 – 2,0; A 2,1 – 6,0; MA > 6,0 cmol/dm³); Mg (MB < 0,2; B 0,2 – 0,4; M 0,5 – 1,0; A 1,1 – 2,0; MA > 2,0 cmol/dm³). As classes de interpretação da análise do solo com frequência zero para todos os fatores foram excluídas da análise estatística, bem como não foram apresentadas.

A falta de associação entre a finalidade de uso das áreas e a classe de interpretação do teor de Ca da análise do solo pode estar associado com o material de origem do solo, que é o Basalto, cuja constituição mineralógica apresenta cerca de 48% de plagioclásio. Tal mineral, apesar de ser um silicato, cuja composição é predominantemente silício e alumínio, apresentar potencial de fornecer ao solo elevados teores de Cálcio (Renner et al., 2011; Nardy, 2012).

Foi verificada elevada associação (P = 0,001) entre a finalidade de uso das áreas e classes de interpretação da análise de solo para o teor de Mg (Tabela 6). Os cultivos destinados ao repouso de animais, neste sentido, apresentaram 93,8 % de suas áreas com teor de Mg classificado como “muito alto”, enquanto os cultivos anuais e perenes apresentaram 82,2 % e 80,6 % de suas áreas esta classificação para o teor de Mg, respectivamente.

Foi verificada elevada associação (P < 0,05) entre a finalidade de uso das áreas e a classe de interpretação da análise de solo para CTC, pH e V% (Tabela 7). Verificou-se, neste sentido, que os cultivos destinados ao repouso de animais apresentaram maior quantidade de áreas com CTC mais elevada (68,8 % das áreas CTC classificada como alta) em relação aos cultivos anuais e perenes, o que pode ser reflexo do maior conteúdo de MO.

Tabela 7. Frequências relativas percentuais referente às áreas classificadas em função da finalidade de uso e classes de interpretação da análise do solo para capacidade de troca de cátions (CTC), saturação por bases (V%) e pH

Itens	Anuais			Perenes			Repouso		
	CTC	V%	pH	CTC	V%	pH	CTC	V%	pH
MB	0,0	0,0	2,2	0,0	0,0	3,2	0,0	0,0	0,0
B	0,0	36,7	20,0	0,0	6,4	6,4	0,0	0,0	12,5
M	42,2	15,6	31,1	63,1	16,1	25,8	31,2	18,8	37,5
A	55,6	55,6	26,7	38,7	45,2	25,8	68,8	37,5	43,8
MA	2,2	22,2	20,0	0,0	32,2	22,6	0,0	43,8	18,8
CE	NA	NA	NA	NA	NA	16,1	NA	NA	NA
Total de áreas	45	45	45	31	31	31	16	16	16
Teste de independência									
χ^2 - P valor	0,001	0,018	0,001	--	--	--	--	--	--

Capacidade de troca de cátions (CTC, cmol/dm^3 = muito baixo - MB < 5; baixo - B 5 – 7; médio - M 8 – 14; alto - A 15 – 24; muito alto - MA > 24); pH (MB < 4; B 4 - 4,4; M 4,5 - 4,9; A 5 - 5,5; MA > 5,5; condição a evitar - CE > 6); saturação por bases (V, % = MB < 20; B 21 - 35; M 36 - 50; A 51 - 70; MA > 70; CE > 90); NA = não se aplica.

Os cultivos perenes apresentaram maior número de áreas com menor CTC (63,1 % e 38,5 % das áreas com CTC “média” e alta, respectivamente), enquanto os cultivos anuais apresentaram valores intermediários para CTC do solo, com 42,2 % e 55,6 % das áreas com CTC “médio” e “alto”, respectivamente. Esses cultivos foram os únicos a apresentar áreas com CTC do solo “muito alta” (2,2 % das áreas com cultivos anuais). Vale destacar que, se a maior parte da CTC do solo está ocupada por cátions essenciais como Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ , pode-se dizer que esse é um solo bom para a nutrição das plantas. Por outro lado, se grande parte da CTC está ocupada por cátions potencialmente tóxicos como H^+ e Al^{3+} este será um solo pobre. Um valor baixo de CTC indica que o solo tem pequena capacidade para reter cátions em forma trocável; nesse caso, não se devem fazer as adubações e as calagens em grandes quantidades de uma só vez, mas sim de forma parcelada para que se evitem maiores perdas por lixiviação (Ronquim, 2010).

Os cultivos destinados para repouso de animais apresentaram 43,8 % do total de suas áreas com V% “muito alta” (70-90 %), enquanto os cultivos anuais e perenes apresentaram V% classificada como “muito alta” em apenas 22,2 % e 32,2 % de suas áreas, respectivamente (Tabela 7). A maior V% verificada em áreas de repouso de animais pode

estar associada ao maior conteúdo MO, que contém grande quantidade de cátions essenciais (Mello et al., 1983). As culturas anuais, por outro lado, apresentaram maior número de áreas com V% classificada como “baixa” (36,7 % das áreas anuais) em relação às áreas perenes e destinadas ao repouso de animais, que apresentaram 6,4 % e 0,0 % de suas áreas com esta classificação para V%. Estes resultados podem estar associados a menor fertilidade destas áreas, o que pode estar associado ao uso intensivo para produção de grãos e silagem, bem como com o manejo inadequado do solo (e.g. manejo de palhada inadequado, inexistência de terraços). Neste estudo, dentre as 102 áreas amostradas, foram identificadas cinco áreas cultivadas com milho silagem, cultura caracterizada por exportar valores médios de 21 kg de N, 76 kg de K, 20 kg de Ca e 3,5 kg de Mg a mais por hectare em relação ao cultivo de milho para grãos (Ueno et al., 2012). Além disso, verificou-se a ausência de terraços em praticamente todas as áreas amostradas da região de estudo, o que, de forma geral, foi atribuído pelos produtores ao pequeno tamanho das áreas cultivadas e a dificuldade que os terraços impõem para colheita.

Os cultivos destinados ao repouso de animais foram aqueles que apresentaram maior número de áreas com pH dentro da faixa adequada para os cultivos agrícolas (5,5-6,0), com 43,8 % de suas áreas com pH classificado como “alto” (Tabela 7). Estes resultados podem estar associados ao conteúdo de matéria orgânica das áreas de repouso de animais, que foi classificado em 100% destas áreas como “muito alto”. Segundo Soares et al. (2018), em áreas sob dejetos verifica-se aumento da MO, de íons trocáveis (P, Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+) e do pH do solo. Os cultivos anuais, por outro lado, apresentaram o maior número de áreas com pH “baixo” (20,0 % das áreas com cultivos anuais), o que pode ser explicado pelo número de áreas com V% classificada como “baixa” (36,7 % das áreas com cultivos anuais (Tabela 7). Baixo índice de V% indica pequenas quantidades de cátions saturando as cargas negativas dos colóides e que a maioria delas está sendo neutralizada por H^+ e Al^{3+} (Ronquim, 2010). As pastagens perenes, por sua vez, foram as únicas que apresentaram áreas com pH classificado como “condição a se evitar”, o que é característica de inadequado manejo de calagem (excesso de calagem e/ou elevada utilização de cama de aviário). Neste estudo, foram identificadas 13 áreas com utilização de cama de aviário (média de 6 ton ha^{-1}) como adubo orgânico, em que oito eram cultivadas com pastagens perenes (61,5 % das aplicações), três com pastagens anuais (milheto) e duas com cultura de grãos (soja).

As áreas de repouso de animais se distribuíram nas classes de interpretação do teor de Al^{3+} “muito baixo” (81,2 % das áreas de repouso) e “baixo” (18,8 % das áreas de repouso) (Tabela 8). As áreas de cultivos anuais se distribuíram entre as classes de interpretação do teor

de Al^{3+} “muito baixo” (71,1 % das áreas anuais), “baixo” (17,8 % das áreas anuais), “médio” (8,9 % das áreas anuais) e “muito alto” (2,2 % das áreas anuais). Já as áreas com pastagens perenes se distribuíram entre as classes “muito baixo” (77,4 % das áreas perenes), “baixo” (6,4 % das áreas perenes) e “médio” (16,1 % das áreas perenes). Estes resultados demonstram que as áreas de repouso de animais apresentam, de forma geral, menores teores de Al^{3+} no solo, enquanto as áreas com cultivos anuais apresentam os maiores valores para este elemento no solo. A saturação por Al^{3+} , entretanto, se caracterizou pela maior concentração de áreas de repouso na classe “médio” (56,3 % das áreas de repouso), enquanto as áreas de cultivos perenes e anuais se distribuíram de forma similar entre as classes “baixo” e “médio”.

Tabela 8. Frequências relativas percentuais referentes às áreas classificadas em função da finalidade de uso e classes de interpretação da análise do solo para teor de Al^{3+} e saturação por Al^{3+} (m%)

Itens	Anuais		Perenes		Repouso	
	Al^{3+}	m%	Al^{3+}	m%	Al^{3+}	m%
MB	71,1	4,4	77,4	0,0	81,2	0,0
B	17,8	64,4	6,4	67,8	18,8	43,7
M	8,9	31,1	16,1	32,3	0,0	56,3
A	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
MA	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total de áreas	45	45	31	31	16	16
Teste de independência						
χ^2 - P valor	0,006	0,042	--	--	--	--

Alumínio (Al^{3+} , $cmol/dm^3$ = MB < 0,3; B 0,3 – 0,7; M 0,8 – 1,5; A 1,6 – 2,5; MA > 2,5); Saturação por Al (m, % = MB < 5; B 5 – 10; M 11 - 20; A 21 – 50; MA > 70; CE > 90).

4.3 Histórico de adubação e calagem

O histórico de calagem demonstra que as áreas destinadas ao repouso de animais foram aquelas que apresentaram ($P < 0,05$) maior período decorrido desde a última calagem, não havendo diferença entre o período decorrido da última calagem entre os cultivos perenes e anuais (Tabela 9). Não houve diferença para a quantidade de calcário aplicado entre as áreas classificadas de acordo com a finalidade de uso.

Tabela 9. Histórico de adubação e calagem de acordo com a finalidade de uso das áreas

Itens	Anual	Perene	Repouso	P valor
Calagem, anos	4,57 ^b	3,89 ^b	8,87 ^a	0,025
Calagem, kg/ha	3,24	2,73	2,26	0,208
Adubação (NPK), meses	4,69 ^c	16,86 ^b	75,06 ^a	0,002
Adubação (NPK), kg/ha	308,07 ^a	308,07 ^a	117,08 ^b	0,001
N na base, kg/ha	10,15 ^a	9,23 ^a	2,37 ^b	0,001
P na base, kg/ha	81,03 ^a	69,95 ^b	21,30 ^c	0,001
K na base, kg/ha	142,47 ^a	118,61 ^b	29,14 ^c	0,001
N em cobertura, kg/ha	68,79	71,87	36,79	0,094

P = fósforo, K = potássio, N = nitrogênio. Médias seguidas de letras diferentes na linha diferem pelo teste Kruskal Wallis.

As áreas destinadas ao repouso de animais foram aquelas com maior ($P < 0,05$) período de tempo desde a última adubação, seguida pelos cultivos perenes (Tabela 9). As áreas com cultivos anuais receberam adubação mais frequente. Não foi verificada diferença ($P > 0,05$) para a quantidade de N aplicado em função da finalidade de uso das áreas. Os cultivos anuais receberam maiores ($P < 0,05$) aportes de P e K via fertilizantes químicos, seguido pelos cultivos perenes. As áreas destinadas ao repouso de animais foram aquelas que receberam menores ($P < 0,05$) quantidades de P e K via fertilizantes químicos.

Os resultados apresentados corroboram com o que já foi salientado referente ao manejo das pastagens perenes, as quais recebem fertilizações menos frequentes e em menores quantidades em relação aos cultivos anuais. O período de tempo transcorrido da última adubação (NPK) dos cultivos anuais demonstra que as áreas com estes cultivos receberam adubação a cada novo cultivo, o que girou em torno de cinco meses. Já nos cultivos perenes, o período desde a última adubação indica que a fertilização dos pastos com fertilizantes químicos (N, P, K) foi superior a um ano, o que certamente prejudica a produção de forragem.

No entanto, Pauletti e Motta (2017) trazem orientações sobre critérios para adubação e calagem, como a definição de doses e estratégias de aplicação de nutrientes, adubos e corretivos para as principais espécies cultivadas no Estado do Paraná, os autores sugerem uma faixa de doses para facilitar a decisão do técnico no momento da recomendação no campo, servindo como base para futuras intervenções a serem realizadas com o manejo do solo, afim de evitar ações prejudiciais à produção.

4.4 Atributos produtivos (animal e vegetal) de pequenas propriedades de produção de leite

A massa de forragem não diferiu ($P < 0,05$) entre os cultivos anuais e perenes (Tabela 9). Entretanto, o número de animais em lactação, a lotação animal e a carga animal foram superiores ($P < 0,05$) para as áreas com pastagens perenes em relação às áreas com pastagens anuais. Estes resultados, juntamente com a produção de leite ha^{-1} , demonstram que a exportação de nutrientes das áreas de pastagens perenes por vacas leiteiras tende a ser maior em relação às áreas com pastagens anuais (milheto e seu consórcio com capim sudão). Segundo Gourley et al. (2012) a produção de leite/ha é o principal determinante da exportação de nutrientes em propriedades leiteiras, o que é resultado da lotação animal.

Tabela 10. Variáveis relacionadas com a capacidade suporte da pastagem, produção e qualidade do leite em propriedades de agricultura familiar

Itens	Pastagens		P valor	Mínimo	Máximo
	Anuais de verão	Perenes			
MF, kg MS/ha	2000,00	2554,50	0,163	500,00	4000,00
Vacas em lactação, n°	4,59 ^b	9,59 ^a	0,012	3,73	12,71
Carga animal, kg PV/ha	1837,30 ^b	3835,20 ^a	0,012	1493,22	5087,58
Lotação, UA/ha	4,08 ^b	8,52 ^a	0,012	3,32	11,30
Leite, kg/dia	13,75	12,40	0,643	6,91	18,59
Leite 4% gordura, kg/dia	12,85	11,61	0,533	6,72	17,28
Leite, kg/ha	65,56 ^b	119,02 ^a	0,046	51,37	158,53
Leite 4% gordura, kg/ha	53,03 ^b	108,56 ^a	0,020	57,21	141,37
Gordura do leite, %	3,64	3,72	0,925	3,13	5,25
Proteína do leite, %	3,16	3,08	0,851	2,70	3,69
CCS, mil cel/mL	583,80	650,00	0,708	69,00	1647,00
CBT, mil UFC/mL	969,30	1149,00	0,111	6,00	6359,00

CCS = contagem de células somáticas, UFC = unidade formadora de colônias, MS = matéria seca, PV = peso vivo. Médias seguidas de letras diferentes na linha diferem pelo teste Kruskal Wallis.

A produção de leite/vaca não diferiu ($P > 0,05$) entre pastagens anuais e pastagens perenes (Tabela 10). Estes resultados não eram esperados, visto que pastagens anuais normalmente apresentam maior qualidade que pastagens perenes. Conduto é possível que a falta de diferença para a produção de leite/animal esteja associada ao manejo das pastagens. Neste sentido, verificaram-se manejos incorretos mais frequentes nas pastagens anuais,

especialmente as de verão. Nestas, o superpastejo era normalmente frequente (ANEXOS 10 a 18), o que pode estar associado a inadequada evolução do rebanho (ajuste da lotação das propriedades), planejamento forrageiro e/ou manejo das pastagens. Entretanto, quando a produção de leite foi expressa como kg/ha, verificou-se que a produção de leite foi superior ($P < 0,05$) nas pastagens perenes em relação às pastagens anuais, o que foi resultado da maior lotação animal adotada.

A qualidade do leite não diferiu ($P < 0,05$) entre as pastagens perenes e anuais (Tabela 10). De forma geral, esperava-se maior conteúdo de gordura para as pastagens perenes em razão do maior conteúdo de fibra em detergente neutro em relação às pastagens anuais de verão. Entretanto, possivelmente o superpastejo das pastagens anuais determinou maior ingestão de colmos, equilibrando o consumo de fibra e a percentagem de gordura do leite. Por outro lado, verificou-se que apenas 39% das propriedades atenderam os requisitos mínimos para CCS e CBT (IN 62/2011), considerando as alterações desta instrução normativa ao longo dos anos deste estudo. Vale destacar que para a região Sul, Sudeste e Centro-oeste, a partir de julho/2014 os requisitos para CCS eram de < 500.000 cel/mL e para CBT eram de < 300.000 cel/mL). A partir de julho/2016 a IN62/2011 estabeleceu que os requisitos mínimos de CBT e CCS, para estas regiões, de 100.000 cel/mL e 400.000 cel/mL.

5 CONCLUSÕES

Em propriedades leiteiras, que utilizam vacas especializadas, cujos animais pernoitam em áreas próximas a sala de ordenha, a exportação de nutrientes reduz a fertilidade do solo das áreas de pastagens e aumenta a concentração de nutrientes do solo nas áreas destinadas ao repouso de animais, que podem apresentar representatividade elevada frente ao total da área das propriedades da agricultura familiar.

Áreas destinadas ao repouso de animais em propriedades de agricultura familiar de produção de leite apresentam, de forma geral, elevada fertilidade do solo, constituindo grande oportunidade para produção de forragem e aumento da produção de leite.

Áreas voltadas para produção de grãos, ao longo dos anos, apresentam maiores problemas de acidez do solo em razão dos seguidos cultivos e da maior exportação de nutrientes em relação às áreas de pastagens perenes com produção de leite a pasto. Por outro lado, áreas com pastagens perenes são àquelas que apresentam com maior frequência valores de pH do solo acima do recomendado para os cultivos agrícolas.

Durante o período de vazio forrageiro de outono e primavera as pastagens perenes possibilitam maior produção de leite/ha em razão da maior lotação animal.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A região de estudo apresenta solos de elevada fertilidade, entretanto, a produtividade ao longo do ano é variável, com grande margem para elevação.

Inúmeros problemas de manejo foram identificados, por outro lado, parte da baixa produtividade de leite se deve aos aspectos relacionados com o manejo de pastagens, o que envolve o manejo de calagem e adubação, bem como o manejo do pastejo. De forma geral, o manejo do pastejo não segue instruções técnicas, sendo realizado de forma intuitiva pelos produtores, fazendo com que o manejo de calagem e adubação seja negligenciado, especialmente nas pastagens perenes.

Verificou-se elevado número de animais nas propriedades levando em consideração o tamanho das áreas, o que implica em dificuldades no manejo, e ocasiona o superpastejo.

Os períodos de maior déficit de forragem acontecem no outono (vazio forrageiro de outono) e primavera (vazio forrageiro de primavera), nestes períodos as propriedades que se utilizam do sistema de integração lavoura pecuária e que não dispõem de pastagens perenes são aquelas que mais sofrem para atender a demanda de alimento pelas vacas em lactação. Nestes casos, as áreas com pastagens anuais de verão são pequenas, o que denota dificuldade na realização do planejamento forrageiro e adequação da lotação animal das propriedades.

O inadequado manejo nas pastagens anuais de verão é o fato mais grave, nas propriedades que executam a integração lavoura pecuária e que dispõem de pastagens perenes apresentam menor dificuldade nos períodos críticos de produção de forragem, em que os problemas de manejo são menos graves, o que em parte está associado ao tipo de gramínea (normalmente um *Cynodon*), que apresenta grande capacidade suporte e menores perdas de forragem pelo pisoteio em razão do crescimento prostrado.

Quanto aos sistemas integrados de produção, verificam-se vários aspectos deficientes, o que se deve em grande parte a inexistência de assistência técnica especializada aos produtores. Verificou-se a utilização do repouso zero entre as pastagens de inverno e a cultura de grãos (plantio do azevém antes da colheita da soja) em apenas uma propriedade.

A totalidade das propriedades não utiliza terraços.

O plantio direto nem sempre é realizado de forma correta, em que a palhada após a pastagem de inverno é baixa (< 1.500 kg de matéria seca/ha). Em função disso, verificaram-se áreas com erosão e notável adensamento do solo, o que ocorre normalmente áreas com cultivos de grãos. Todavia, também se detectou adensamento do solo em áreas de pastagens perenes.

A rotação de cultura envolve basicamente a cultura de milho, soja e pastagem de inverno. Contudo, em função do preço do grão de soja, esta é utilizada com muito mais frequência em relação à cultura de milho.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAMOVAY, R. **Paradigmas do Capitalismo Agrário em questão**. São Paulo: Unicamp/HUCITEC, 1992. 29p.

ALTIERI, M. A. **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável**. Guaíba: Editora Agropecuária, 2002. 400p.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; PAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, p. 711-728, 2013.

ASSMANN, A. L.; SOARES, B. A.; ASSMANN, S. T. **Integração lavoura-pecuária para a agricultura familiar**. Londrina: IAPAR, 2008. 49 p.

AZEVÊDO, C. L. L. **Sistema de Produção de Citros para o Nordeste**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2003. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Citros/CitrosNordeste/autores.htm>>. Acesso em: 05 maio 2018.

BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; PAVINATO, A.; DIECKOW, J. Carbon sequestration in two Brazilian Cerrado soils under no-till. **Soil Tillage Research**, n. 86, p. 237-245, 2006.

BISSANI, C. A.; GIANELLO, C.; CAMARGO, F. A. O.; TEDESCO, M. J. **Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas**. Porto Alegre: Editora Metrópole, 2008. 344p.

CAMARGOS, S. L. **Conceitos de Fertilidade e Produtividade**. 2005. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/mod/resource/view.php?id=622033>. Acesso em: 24 de março de 2018.

CASSOL F. J. P.; ANGHINONI, I.; CASSOL, L. C.; FACCIO, P. C.; DAL BELO L. J. G.; ISQUIERDO F. T. Atributos físicos do solo e rendimento de soja em sistema plantio direto em integração lavoura pecuária com diferentes pressões de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 4, p. 771-780, 2007.

CASSOL, L.C. **Relação solo-planta-animal num sistema de integração lavoura-pecuária em semeadura direta com calcário na superfície**. 2003. 157p. (Doutorado em Agronomia) –Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

CASTRO, C. N. Desafios da agricultura familiar: o caso da assistência técnica e extensão rural. **Boletim regional, urbano e ambiental**, n. 12, 2015.

CUNHA, T. J. F.; MENDES, A. S. M.; GIONGO, V. Matéria orgânica do solo. In: NUNES, R. R.; REZENDE, M. O. O. (Org.). **Recurso solo: propriedades e usos**. São Carlos: Cubo, 2015. 832p.

DELGADO, G. C.; BERGAMASCO, S. M. P. P. **Agricultura familiar brasileira: desafios e perspectivas de futuro**. Brasília: SEAF, 2017. 474p.

DENARDIN, J. E.; KOCHHANN, R. A.; BERTON, A.; TROMBETTA, A.; FALCÃO, H. **Terraceamento em plantio direto**. Comunicado Técnico, EMBRAPA, n. 8, p. 1-4. 1998.

DEPARTAMENTO DE ECONOMIA RURAL. **Tabela de produção agrícola por município**. Disponível em: <<http://www.agricultura.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=137>>. Acesso em: 18 de março de 2018.

DERPSCH, R.; ROTH, C. H.; SIDIRAS N.; KÖPKE U. **Controle da erosão no Paraná, Brasil: Sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo**. Eschborn, 1991. 268 p.

DUARTE, J.; CASTRO, A. M. G. de. **Comunicação e tecnologia na cadeia produtiva da soja em Mato Grosso**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 275 p.

- ELTZ, F. L.F.; PEIXOTO, R. T. G.; JASTER, F. Efeitos de sistemas de preparo do solo nas propriedades químicas e físicas de um latossolo bruno álico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 13, n. 2, p. 259-267, 1989.
- EMBRAPA. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa, 2013. 356p.
- EMBRAPA. **Práticas de conservação de solo e água**. Circular técnica, Campina Grande; Embrapa Solos, 2012. 24p.
- EMBRAPA. **Solos do Estado de Santa Catarina**. Circular técnica, Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004. 721p.
- EPAGRI/CEPA. **Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina 2016-2017**. Florianópolis: Epagri/Cepa, 2017. 203p.
- FRANCHINI, J. C.; COSTA, J. M.; DEBIASI, H.; TORRES, E. **Importância da rotação de culturas para a produção agrícola sustentável no Paraná**. Londrina: Embrapa Soja, 2011.
- GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. Porto Alegre: Editora UFRGS, 2000. 653p.
- GOURLEY, C. J. P.; WARWICK, J.; DOUGHERTY, W.J.; WEAVER, D. M.; AARONS, S. R.; AWTY, I. M.; DONNA, A.; MURRAY, G. A.; ANDREW, H. A.; SMITH, P.; PEVERILL, K. I. Farm-scale nitrogen, phosphorus, potassium and sulfur balances and use efficiencies on Australian dairy farms. **Animal Production Science**, v. 52, p. 929–944, 2012.
- INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONOMICO E SOCIAL. **Paraná: diagnostico social e econômico**. Curitiba: IPARDES, 2003. 29p.
- LANE, D. R.; BASSIRIRAD, H. Differential responses of tallgrass prairie species to nitrogen loading and varying ratios of NO_3^- to NH_4^+ . **Functional Plant Biology**, v.29, p.1227-1235, 2002.
- MACEDO, M. C. M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.133-146, 2009.
- MIFS - **MANUAL INTERNACIONAL DE FERTILIDADE DO SOLO**. Tradução adaptada de LOPES, A. S. Piracicaba, 1998. 177p.

MELLO, V. F.; WYPYCA, F. VII Caulinita e halosita. In MELO, V. F.; ALEONI, L. R. F. **Química e mineralogia do solo: Parte I – Conceitos básicos**, 2009. 510p.

MELLO, M. A. de; SCHMIDT, W. Agricultura familiar e a cadeia produtiva do leite no Oeste catarinense: possibilidade para a construção de modelos heterogêneos. In: PAULILO, Maria Ignez Silveira; SCHMIDT, Wilson. (Org.) **Agricultura e o espaço rural em Santa Catarina**. Florianópolis: UFSC, 2003.

MELLO, F. de A.; BRASIL SOBRINHO, M. de O. C.; ARZOLLA, S.; SILVEIRA, R. I.; COBRA NETO, A.; KIEHL, J. de C. **Fertilidade do solo**. São Paulo: Nobel, 1983. 400 p.

MENDES, A. M. S. **Introdução a fertilidade do solo**. In: CURSO DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 2007, Barreiras: MAPA; SFA-BA: Embrapa Semi-Árido; Embrapa Solos - UEP Recife, 2007. 1 CD-ROM.

MEURER, E. J. Fatores que influenciam o crescimento e o desenvolvimento das plantas. In: NOVAIS et al. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 65-90.

MEYER, L. D.; FOSTER, G. R.; RÖMKENS, M. J. M. Source of soil eroded by water from upland slopes. **Agriculture Research Service**, v. 40, p. 177-189, 1975.

MIGUEL, P. S. B.; GOMES, F. T.; ROCHA, W. S. D.; MARTINS, C. E.; CARVALHO, C. A.; OLIVEIRA, A. V. Efeitos tóxicos do alumínio no crescimento das plantas: mecanismos de tolerância, sintomas, efeitos fisiológicos, bioquímicos e controles genéticos. **CES Revista**, v. 24, 2010.

MIRANDA, N. L. **Amostragem de solo para análise química**. Planaltina: EMBRAPA - CPAC, 1982. 13 p.

MOCELLIN, R. S. P. **Princípios da adubação foliar**. Canoas: Coletânea de dados e revisão Bibliográfica, 2004. 83p.

MORAES, A.; PIVA, J. T.; SARTOR, L. R.; CARVALHO, P. C. F. Avanços científicos em integração lavoura-pecuária no Sul do Brasil. **Synergismus scyentifica**, v. 6, n. 2, p.1-9, 2011.

MORAES, A.; PELISSARI, A.; ALVES, S. J.; CARVALHO, P. C. F. CASSOL, L. C. **Integração lavoura-pecuária no sul do Brasil**. In: ENCONTRO DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA NO SUL DO BRASIL, 1, Pato Branco, 2002. p. 3-42

MORAES, A.; ALVES, S. J.; CARVALHO, P. C. F.; POLI, C. H. E. C. Utilização de pastagens em sistemas integrados agricultura/pecuária: avaliação de sistemas de produção de leite a pasto que poderão prevalecer nas principais regiões produtoras de leite do País. In: BRESSAN, M.; MARTINS, C. E.; VILELA, D. (Org.). **Sustentabilidade da pecuária de leite do país**. Juiz de Fora: Embrapa Gado, 2000, p. 65-88.

NARDY, A. J. R.; OLIVEIRA, M. A. F.; BETANCOURT, R. H. S.; VERDUGO, D. R. H.; MACHADO, F. B. Geologia e Estratigrafia da Formação Serra Geral. **Geociências**, v. 21, n. 1, p. 15-32. 2002.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. Washington: D.C, 2001. 381p.

NETO, A. E. F.; VALE, F. R.; RESENDE, A. V.; GUILHERME, L. R. G.; GUEDES, G. A. A. **Fertilidade do Solo**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 261p.

NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.) **Fertilidade do Solo**. Viçosa: SBCS, 2007. 1017 p.

PAULETTI, V.; MOTTA, A. C. V. **Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná**. Curitiba: SBCS/NEPAR, 2017. 482p.

REEVES, D. W. **Soil management under no-tillage: Soil physical aspects**. In: **Seminário Internacional do Sistema Plantio Direto**, Passo Fundo: Embrapa-CNPT, 1995. p.127-130.

RENNER, C. L.; HARTMANN, A. L.; WILDNER, W.; MASSONNE, H.; THEYE, T. Coeficientes de distribuição de elementos-traço em clinopiroxênio e plagioclásio de sillsbasálticos da Formação Serra Geral, Brasil. **Pesquisas em Geociências**, n. 38, p. 158-167, 2011.

RIBAS, C. **Caracterização da fertilidade atual dos solos da região de Guarapuava-PR**. 2010. 66p. Dissertação (Mestrado em Produção – vegetal) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, 2010.

ROMEIRO, A. R. **Meio ambiente e dinâmica de inovações na agricultura**. São Paulo: Annablume FAPESP, 1998. 272p.

RONQUIM, C. C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010. 26 p.

RUSSELL, E. W.; RUSSELL, E. J. **Soil conditions and plant growth**. Londres: Longmans Green, 1973. 849 p.

SALDANHA, R. K. **O perfil da agricultura familiar do sudoeste paranaense segundo o histórico da economia agrícola da região e as estatísticas mais recentes**. 2014. 71p. Monografia apresentada ao Curso de Ciências Econômicas - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

SANTA CATARINA. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de Santa Catarina**. Santa Maria: SUDESUL –UFSM – SAG, 1973. 495 p.

SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. **Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo**. Viçosa: Folha de Viçosa, 2013. 100 p.

SANTOS, L. M. R.; SANTOS, R. H.; ARENALES, M. N.; RAGGII, L. A. Um modelo para a programação de rotações de culturas. **Pesquisa Operacional**, v. 27, n. 3, p. 535-547, 2007.

SARMENTO, P.; NASCIMENTO, R. C. do; MARTINS, A. T.; CRUZ, M. C. P. da; FERREIRA, M. E. Nutrientes limitantes ao desenvolvimento do capim-tifton 85 em Argissolo Vermelho-Amarelo. **Boletim de Indústria Animal**, v. 63, p. 11-18, 2006.

SAVOLDI, A.; CUNHA, L. A. Uma abordagem sobre a agricultura familiar, PRONAF e a modernização da agricultura no sudoeste do Paraná na década de 1970. **Revista Geografar**, v. 5, n. 1, p. 25-45, 2010.

SCHEIBE, L. F. **A geologia de Santa Catarina: sinopse provisória**. Florianópolis: GEOSUL, 1986. 7p.

SCHNEIDER, S. Teoria social, agricultura familiar e pluriatividade. **Revista Brasileira de Ciências Sociais**, v. 18, n. 51, p.24, 2003.

SHUKLA, M. K.; LAL, R.; EBINGER, M. Determining soil quality indicators by factor analysis. **Soil Tillage Research**, v. 87, p. 194-204, 2006.

- SOARES, A. B.; MISSIO, R. L.; SCHIMITT, D.; AIOLFI, R. B.; DEIFIELD, F. L. C. Componente Animal em Sistemas Integrados de Produção Agropecuária. In: SOUZA et al. (Org.). **Sistemas Integrados de Produção Agropecuária**. Tubarão: Copiart, 2018. p. 187-210.
- SOUZA, G. S.; LIMA, J. S. S.; XAVIER, A. C.; ROCHA, W. S. D. Krigagem ordinária e inverso do quadrado da distância aplicados na espacialização de atributos químicos de um argissolo. **Scientia Agraria**, v. 11, n. 1, p. 73-81. 2009.
- STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. Efeitos do sistema de preparo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 395-401, 2001.
- TIECHER, T.; MARTINS, A. P.; PERETTO, E. S.; FINK, J. R.; SANTOS, L. S.; TIECHER, T. L. **Evolução e estado da fertilidade do solo no Norte do Rio Grande do Sul e Sudeste de Santa Catarina**. Porto Alegre: UFRGS, 2016. 53 p.
- UENO, R. K.; NEUMANN, M.; MARAFON, F.; BASI, S.; ROSÁRIO, J. G. Dinâmica dos nutrientes do solo em áreas destinadas à produção de milho para forragem. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v. 4, n. 1, p. 182-203, 2011.
- URCHEI, M. A. **Efeitos do plantio direto e do preparo convencional sobre alguns atributos físicos de um Latossolo Vermelho Escuro argiloso e no crescimento e produtividade do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) sob irrigação**. 1996. 150p. (Tese de Doutorado) - Universidade Estadual de São Paulo, Botucatu, 1996.
- WADT, P. G. S.; PEREIRA, J. E. S.; GONÇALVES, R. C.; SOUZA, C. B. C.; ALVES, L. S. **Práticas de conservação do solo e recuperação de áreas degradadas**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2003. 29p.
- WANDERLEY, M. N. B. **Agricultura familiar e campesinato: rupturas e continuidade**. Rio de Janeiro: Estudos Sociedade e Agricultura, 2014. 64p.
- ZANELLA, C. R.; MISSIO, R. L.; CANDIOTTO, L. C. Aspectos gerais das áreas de pastagens perenes de verão em propriedades leiteiras do sudoeste do Paraná. Seminário de Extensão inovação da UTFPR – 6º SEI. **Anais...** Francisco Beltrão: UTFPR, 2016.

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1 – Vaca holandesa em pastagem de milho manejado em sistema lotação intermitente em novembro de 2016 - Propriedade de Mario Polônio – Município de Mariópolis - PR.....	56
ANEXO 2. Pastagem de milho após a saída das vacas em lactação e roçada do resíduo em novembro de 2016 - Propriedade de Mario Polônio – Município de Mariópolis - PR.....	57
ANEXO 3. Pastagem de milho manejado em sistema lotação intermitente no mês de novembro de 2016 - Propriedade de Nilza Maciel – Município de Mariópolis - PR.	58
ANEXO 4. Pastagem de milho manejado em sistema lotação intermitente em novembro de 2016 - Propriedade de Nilza Maciel – Município de Mariópolis - PR.	59
ANEXO 5 – Pastagem de milho e capim sudão manejada conjuntamente para pastejo em faixas no mês de setembro de 2015 - Propriedade de Sidiney Ângelo Brizolin – Município de Mariópolis - PR.	60
ANEXO 6. Pastagem de milho e capim sudão manejada conjuntamente para pastejo em faixas após uma noite de pastejo no mês de setembro de 2015 - Propriedade de Sidiney Ângelo Brizolin – Município de Mariópolis - PR.....	61
ANEXO 7 – Pastagem de milho sob lotação intermitente no mês de maio de 2017 – Propriedade de Rosalino Gagliotto – Município de Mariópolis – PR.	62
ANEXO 8 - Vacas em lactação pastando pastagem de aveia preta no mês de setembro 2016 – Propriedade de Evanil Torma Cordeiro – Município de Clevelândia – PR.	63
ANEXO 9 - Pastagem de Tifton manejada sob lotação contínua no mês de novembro de 2015 – Propriedade de Eduardo Galiotto – Município de Mariópolis – PR.....	64

ANEXO 1 – Vaca holandesa em pastagem de milho manejado em sistema lotação intermitente no mês de novembro de 2016 - Propriedade de Mario Polônio – Município de Mariópolis - PR.



Foto: Regis Luis Missio

ANEXO 2. Pastagem de milheto após a saída das vacas em lactação e roçada do resíduo em novembro de 2016 - Propriedade de Mario Polônio – Município de Mariópolis - PR.



Foto: Regis Luis Missio

ANEXO 3. Pastagem de milho manejado em sistema lotação intermitente no mês de novembro de 2016 - Propriedade de Nilza Maciel – Município de Mariópolis - PR.



Foto: Regis Luis Missio

ANEXO 4. Pastagem de milheto manejado em sistema lotação intermitente no mês de novembro de 2016 - Propriedade de Nilza Maciel – Município de Mariópolis - PR.



Foto: Regis Luis Missio

ANEXO 5 – Pastagem de milho e capim sudão manejada conjuntamente para pastejo em faixas no mês de setembro de 2015 - Propriedade de Sidiney Ângelo Brizolin – Município de Mariópolis - PR.



Foto: Regis Luis Missio

ANEXO 6. Pastagem de milho e capim sudão manejada conjuntamente para pastejo em faixas após uma noite de pastejo no mês de setembro de 2015 - Propriedade de Sidiney Ângelo Brizolin – Município de Mariópolis - PR.



Foto: Regis Luis Missio

ANEXO 7 – Pastagem de milho sob lotação intermitente no mês de maio de 2017 – Propriedade de Rosalino Gagliotto – Município de Mariópolis – PR.



Foto: Regis Luis Missio

ANEXO 8 - Vacas em lactação pastejando pastagem de aveia preta no mês de setembro de 2016 – Propriedade de Evanil Torma Cordeiro – Município de Clevelândia – PR.



Foto: Regis Luis Missio

ANEXO 9 - Pastagem de Tifton manejada sob lotação contínua no mês de novembro de 2015
– Propriedade de Eduardo Galiotto – Município de Mariópolis – PR.



Foto: Regis Luis Missio