

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CÂMPUS DE BOTUCATU

VERÔNICA FREITAS DE PAULA MELO

SILAGEM DE MILHO CONSORCIADO COM CAPIM-MARANDU E FEIJÃO GUANDU
E SOBRESSEMEADURA DE AVEIA-PRETA: DESEMPENHO, MITIGAÇÃO DE
METANO ENTÉRICO E QUALIDADE DA CARCAÇA E DA CARNE DE CORDEIROS
SEMI-CONFINADOS

Tese apresentada ao programa de Pós-
graduação em Zootecnia como parte das
exigências para obtenção do título de Doutora
em Zootecnia

BOTUCATU – SP

Abril - 2019

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CAMPUS DE BOTUCATU

SILAGEM DE MILHO CONSORCIADO COM CAPIM-MARANDU E FEIJÃO-GUANDU
E SOBRESSEMEADURA DE AVEIA-PRETA: DESEMPENHO, MITIGAÇÃO DE
METANO ENTÉRICO E QUALIDADE DA CARÇA E DA CARNE DE CORDEIROS
SEMI-CONFINADOS

VERÔNICA FREITAS DE PAULA MELO

Zootecnista

Orientador: Prof. Dr. Ciniro Costa

Tese apresentada ao programa de Pós-
graduação em Zootecnia como parte das
exigências para obtenção do título de Doutora
em Zootecnia

BOTUCATU – SP

Abril - 2019

M528s Melo, Verônica Freitas de Paula

Silagem de milho consorciado com capim-marandu e feijão guandu e sobressemeadura de aveia preta : desempenho, mitigação de metano entérico e qualidade da carcaça e da carne de cordeiros semi-confinados / Verônica Freitas de Paula Melo. -- Botucatu, 2019
113 f. : il., tabs.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu
Orientador: Ciniro Costa

1. Silagem. 2. Ovinos. 3. Guando. 4. Gases estufa. 5. Carne
Qualidade. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

BIOGRAFIA DO AUTOR

Verônica Freitas de Paula Melo, nascida em 27 de maio de 1990, no município de Sorocaba/SP. De 1997 a 2002, iniciou o ensino fundamental no Colégio Carlos Renné Egg (até a 5ª série) e, de 2003 a 2004, completou os estudos no Colégio Humanus (até a 8ª série). Em 2005, iniciou o ensino médio no Colégio Anglo Sorocaba, dando continuidade nos anos de 2006 e 2007 no Colégio Objetivo Sorocaba, curso noturno. Em 2008 entrou para o Cursinho Pré-Vestibular Anglo Sorocaba e no 2º semestre de 2009, ingressou no curso de Zootecnia da Universidade Estadual Paulista (UNESP) - Câmpus de Ilha Solteira, onde graduou-se em 2013. Durante a graduação, foi membro discente do Grupo de Estudos em Produção de Ovinos e Caprinos (GEPOC), desenvolvendo atividades práticas e de pesquisa junto ao setor de Ovinocultura e Caprinocultura da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da UNESP de Ilha Solteira (2010/2015). Mestra em Ciência e Tecnologia Animal pela Universidade Estadual Paulista (UNESP) - Câmpus de Ilha solteira (2014/2015). Em 2016, ingressou no curso de doutorado no programa de pós-graduação em Zootecnia pela UNESP - Câmpus de Botucatu, conceito 6 (CAPES).

Contato: (15) 99111-3794

ve.fpmelo@yahoo.com.br

Dedico esta conquista aos meus pais, Marco Antônio e Maria Andreia, sem os quais jamais conseguiria.

Dedico também ao meu avô, Ordélio Cabral de Freitas (in memoriam), por ter sido meu exemplo de fé e por sempre ter acreditado em mim.

AGRADECIMENTO

À Deus por ter me dado força sempre que precisei e por me mostrar tantas vezes o caminho para que eu não perdesse o foco.

À minha família, principalmente aos meus pais, Andreia e Marco, sem os quais seria impossível esta conquista. Obrigada pelo apoio, carinho e confiança. Eu devo esta conquista a vocês, muito obrigada por todo o esforço que tiveram para que eu pudesse chegar até aqui. Amo muito vocês!

Aos meus amigos e companheiros que me deram força até mesmo nos piores momentos, em especial ao meu namorado Lucas e ao meu companheiro de todas as horas, Caco.

Às minhas amigas, Cíntia e Betsabéia, por dividirem comigo não só a casa durante minha estadia em Botucatu, mas também momentos de alegria, companheirismo e compreensão. As minhas amigas da república Cai & Pira de Ilha Solteira, que mesmo distantes sempre apoiaram e incentivaram minha caminhada na pós-graduação.

Aos meus amigos e colaboradores do setor de Forragicultura da FMVZ/UNESP, em especial Verena, Marina, Daniel e Lara, pelo apoio e companheirismo durante o período experimental, sem os quais não teria sido possível o desenvolvimento da tese. Agradeço também aos servidores da FMVZ/UNESP pelo auxílio durante a execução do projeto.

Agradeço, em especial, ao Prof. Dr. Paulo Roberto de Lima Meirelles, Dr. Cristiano Magalhães Pariz, Dr. André Michel de Castilhos, Prof. Dr. Roberto de Oliveira Roça, Prof. Dr. Ives Claudio da Silva Bueno e aos colegas Carolina Toledo Santos, Katiéli Caroline Welter e Gabriela Benetel, pelo apoio e aprendizagem concedidos durante algumas etapas do processo.

À Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, pela oportunidade de aprendizagem. Assim como ao meu orientador Prof. Dr. Ciniro Costa.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) (2013/23853-9) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (458225/2014-2) pelos auxílios à pesquisa.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

RESUMO

O objetivo foi avaliar o efeito dos consórcios de milho com capim-marandu (S/G) e de milho com capim-marandu e feijão guandu (C/G) para ensilagem, com posterior sobressemeadura de aveia-preta em linha ou a lanço, sobre a disponibilidade de forragem para pastejo, desempenho animal, qualidade da carcaça e da carne de cordeiros suplementados com essas silagens em semi-confinamento, além da capacidade da mitigação de metano entérico das dietas e a viabilidade econômica da terminação de cordeiros nos sistemas integrados de produção agropecuária (SIPA) propostos. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 2 x 2, sendo dois tipos de silagem: milho com capim-marandu (S/G) e milho com capim-marandu e feijão guandu cv. BRS Mandarin (C/G); e duas modalidades de sobressemeadura da aveia-preta: em linha ou a lanço. O experimento foi realizado durante três anos experimentais (2013/2014; 2014/2015; 2015/2016), utilizando-se 48 cordeiros machos, não castrados, provenientes de cruzamentos comerciais. Em cada ano, a pastagem representou aproximadamente 30% da ingestão de matéria seca em todos os tratamentos, sendo que a quantidade remanescente foi fornecida na forma de concentrado e as respectivas silagens (60:40), de acordo com a necessidade diária, permitindo 10% de sobras. A sobressemeadura da aveia preta na área de produção de silagem de milho C/G proporcionou cerca de 40% de aumento ($P < 0.0001$) na disponibilidade de forragem (DF) para pastejo comparado a área S/G. O consumo de suplemento pelos animais alimentados com silagem de milho S/G foi superior ($P < 0,05$), sem influenciar o ganho de peso. O método de sobressemeadura da aveia não interferiu ($P > 0,05$) na DF, assim como no desempenho dos cordeiros. A produção de gases *in vitro* (ml. g⁻¹ MSD) não foi influenciada ($P > 0,05$) pelas dietas, porém devido ao maior consumo dos animais alimentados com silagem de milho S/G, houve maior emissão de gases entérico por animal. Não houve diferença ($P > 0,05$) nas características de carcaça e qualidade de carne dos cordeiros alimentados com as diferentes dietas. A terminação de cordeiros com silagem de milho C/G proporciona maior retorno econômico, devido ao menor custo com a dieta. O consórcio do milho com capim-marandu e feijão guandu proporciona volumoso de qualidade para a produção animal e benefício para a cultura da aveia. O método de sobressemeadura a lanço, com posterior incorporação das sementes com gradagem leve, em áreas de SIPA pode ser utilizado como método alternativo à sobressemeadura em linha, quando não se dispõe de semeadora-adubadora para sementes miúdas, sem interferir na produtividade da aveia preta e, conseqüentemente, no desempenho animal.

Palavras-chave: Leguminosa, metano, milho, ovinos, sobressemeadura, *Urochloa*

ABSTRACT

The aimed was to evaluate the effect of the maize intercropped with marandu grass and maize with marandu grass and pigeon pea for silage, with subsequent overseeded black oat in line or broadcasted, on the availability of forage for grazing, animal performance, carcass characteristics and meat quality of lambs supplemented with these silages in semi-confinement, as well as the mitigation of enteric gases capability of the diets and the economic viability of lamb termination in integrated crop-livestock system (ICLS). The experimental design was completely randomized, in a 2 x 2 factorial arrangement, being two types of silage: maize with marandu grass (S/G) and maize with marandu grass and pigeon pea cv. BRS Mandarin (C/G); and two types of overseeded black oats: in line or broadcasted. The experiment was carried out for three years (2013/2014, 2014/2015, 2015/2016), using 48 male lambs, uncastrated, from commercial crosses. In all treatments, the pasture represented approximately 30% of the dry matter intake, with the remaining amount being supplied as the respective silages and concentrate (60:40), according to the daily requirement, allowing 10% of leftovers. The overseeded black oat in the maize silage production area C/G provided a 40% increase ($P < 0.0001$) in the availability of forage (DF) for grazing compared to the S/G area. Supplement intake by animals fed corn silage S/G was higher ($P < 0.05$), without influencing weight gain. Oat overseeded method did not interfere ($P > 0.05$) in DF, as did lambs performance. *In vitro* gas production (ml. g^{-1} DDM) was not influenced ($P > 0.05$) by diets, however, due to the higher intake of animals fed with maize silage S/G, there was a higher production of enteric gases per animal. There was no difference ($P > 0.05$) in carcass characteristics and meat quality of lambs fed with the different diets. The finishing of lambs with maize silage C/G provides higher economic returns, due to the lower cost with the diet. The maize intercropped with marandu grass and pigeon pea provides roughage quality for animal production and benefits for oat crop. The overseeded method in broadcasted, with subsequent incorporation of the seeds with light disking, into ICL areas can be used as an alternative method to in line overseeded, when no seed-fertilizer is available for small seeds, without interfering with the yield of black oats and the animal performance.

Key-words: Legume, maize, methane, overseeded, sheep, *Urochloa*

SUMÁRIO

CAPÍTULO I – CONSIDERAÇÕES INICIAIS	9
Introdução	10
1. SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA (SIPA).....	11
2. SOBRESSEMEADURA DE AVEIA.....	13
3. OVINOCULTURA E SISTEMA DE PRODUÇÃO.....	13
4. CARACTERÍSTICAS DA CARCAÇA E QUALIDADE DA CARNE DE CORDEIROS	15
5. POTENCIAL DE MITIGAÇÃO DE EMISSÕES DE GASES ENTÉRICO NO SISTEMA INTEGRADO DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA.....	16
JUSTIFICATIVA, HIPÓTESE E OBJETIVO.....	19
REFERÊNCIAS.....	20
CAPÍTULO II.....	26
Efeito da inclusão de silagem de milho em consórcio com capim-marandu e feijão guandu na dieta de cordeiros semi-confinados em pastagem de aveia preta sobre o desempenho, mitigação de metano entérico e custos de produção	27
RESUMO	27
1. Introdução.....	28
2. Material e métodos	30
2.1. Descrição do local	30
2.2. Produção de silagem e sobressemeadura da aveia preta	32
2.4. Amostragem e análises.....	37
2.4.1. Disponibilidade e altura para pastejo.	37
2.4.2. Desempenho dos cordeiros	38
2.4.3. Cinética ruminal.....	38
2.5. Avaliação econômica	40
2.6. Design experimental e Análise estatística.....	40
3. Resultados	41
3.1. Condições climáticas.....	41
3.3. Desempenho dos cordeiros	42
3.4. Cinética ruminal.....	43
3.5. Avaliação econômica	43
4. Discussão	44
4.1. Condições climáticas.....	44
4.2. Disponibilidade de forragem e altura de relvado	44

4.3. Desempenho dos cordeiros	46
4.4. Cinética ruminal.....	47
5. Conclusão	50
Referências	51
CAPÍTULO III	72
Características de carcaça e qualidade de carne de cordeiros semi-confinados em pastagem de aveia preta sobressemeada em linha e a lanço e suplementados com diferentes silagens produzidas em sistema integrado de produção agropecuária	73
RESUMO	73
1. Introdução.....	74
2. Material e métodos	76
2.1. Descrição do local	76
2.2. Produção de silagem e sobressemeadura da aveia preta	78
2.3. Manejo dos cordeiros.....	80
2.4. Amostragem e análise	82
2.4.1. Características de carcaça.....	83
2.4.2. Qualidade de carne	84
2.6. Design experimental e Análise estatística.....	85
3. Resultados	86
4. Discussões	87
5. Conclusão	91
Referências	92
CAPÍTULO IV - IMPLICAÇÕES.....	110

CAPÍTULO I

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Introdução

A produção de cordeiros no Brasil é considerada uma atividade com grande potencial de crescimento. Dados da FAO (2016) apontam que o país detém aproximadamente 18,4 milhões de ovelhas, sendo que o rebanho mundial teve um crescimento de mais de 10% nos últimos 10 anos. No entanto, a produção de cordeiros ainda não atende à demanda interna, mesmo com o baixo consumo, determinando assim, a necessidade de importação de carne ovina (VIANA, MARES, DORNELES, 2015).

Para que haja o abastecimento do mercado interno é necessário reduzir a sazonalidade na escala de produção, considerada um dos obstáculos para a consolidação da ovinocultura no Brasil. A pastagem que é o principal alimento utilizado para produção de carne no país, caracterizada principalmente pelo cultivo de capins tropicais, os quais apresentam estacionalidade na produção de massa de forragem no período seco que coincide com o inverno brasileiro no centro-sul do país. A redução na oferta de forragem nesse período, implica em menor disponibilidade de alimento de qualidade para a produção animal.

No Brasil, 80% das áreas de pastagens apresentam algum grau de degradação (DIAS-FILHO, 2014) proporcionando baixa taxa de lotação animal, o que mostra a necessidade de recuperação de áreas degradadas com redução dos custos de produção. O sistema integrado de produção agropecuária (SIPA) sob sistema plantio direto (SPD) tem sido uma alternativa para atender essas necessidades. A principal vantagem do SIPA para a pecuária, consiste na recuperação de áreas degradadas, corrigindo o solo fisicamente e quimicamente, possibilitando além do estabelecimento da pastagem, a produção de forragem conservada e grãos, que podem ser utilizados para complementar a dieta dos animais no inverno/primavera.

O consórcio do milho com capim-marandu (*Urochloa brizantha* cv. Marandu) nos sistemas integrados, pode ser uma excelente opção para recuperar áreas degradadas e ainda produzir alimento para a produção animal. Nesse contexto, Oliveira et al. (2011) observaram também resultados positivos utilizando feijão guandu (*Cajanus cajan*) em consórcio com o milho, podendo ser utilizado como forma de elevar o aporte de nitrogênio no solo, contribuindo para a melhoria na qualidade das pastagens, assim como na qualidade da silagem produzida, por meio do incremento de proteína do material ensilado. Outra possibilidade de SIPA, é a rotação ou sucessão de culturas de verão como o milho, sorgo, soja e milheto com forrageiras de inverno, como é o caso da aveia, podendo ser uma alternativa para minimizar os efeitos da escassez de forragem sobre o ganho de peso por animal no período seco do ano.

Apesar de serem mais nutritivas, as forrageiras de inverno são menos produtivas quando comparadas as forrageiras tropicais e por isso proporcionam menor ganho por área, sendo o sistema de semi-confinamento uma opção viável para auxiliar no aumento da produtividade por área, por meio da suplementação no cocho. No entanto, é preciso ter cautela em relação aos custos de produção, visto que os alimentos concentrados, principalmente os proteicos, comumente utilizados na suplementação animal, tendem a ser mais onerosos. Nesse contexto, torna-se interessante pesquisas que avaliem a terminação de cordeiros semi-confinados em pastagem de inverno, suplementados com silagens produzidas em SIPA, avaliando as possíveis interações dos componentes sobre o desempenho animal, qualidade de carne e a viabilidade econômica do sistema de produção.

1. SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA (SIPA)

No Brasil, nos últimos anos, houve crescimento significativo das áreas de cultivos de grãos, principalmente no Cerrado (MERTEN; MINELLA, 2013). Por outro lado, houve decréscimo nas áreas destinadas a pecuária em todos os estados brasileiros, exceto na Amazônia que teve aumento de 34% das áreas destinadas à produção de carne (MERTEN et al., 2010), por meio do desmatamento de áreas florestais.

Apesar do agronegócio ser um importante setor para a economia brasileira, representando mais de 20% do PIB do país (CEPEA, 2017), há um custo ambiental a ser considerado se o crescimento econômico e social não for sustentável. De acordo com Merten e Minella (2013) cerca de 60% dos 237 milhões de hectares do Brasil utilizados para a agricultura, estão ocupados por pastagens cultivadas ou nativas, sendo que em grande parte destas áreas as pastagens encontram-se degradadas, especialmente na região do Cerrado.

A necessidade de recuperação de áreas degradadas, redução dos custos de produção e uso intensivo da área durante todo o ano, são realidades não só no Brasil como em diversas regiões do mundo. O sistema integrado de produção agropecuária (SIPA) sob sistema plantio direto (SPD) tem sido uma alternativa para atender essas necessidades com resultados socioeconômicos e ambientais positivos (PARIZ et al., 2009; HOANG, 2013).

Os principais objetivos do SIPA envolvem a recuperação de pastagens degradadas, melhoria das qualidades físicas e químicas do solo, produção de pastagem, forragem conservada e grãos para a alimentação animal, diminuir a dependência por insumos externos e reduzir os custos de produção nas atividades agrícola e pecuária (ALVARENGA; NOCE, 2005). Na última década, tem-se reconhecido que produtores que utilizam o SIPA valorizam os resíduos

das culturas, às vezes tanto quanto os grãos, por sua importância para utilização como alimento na pecuária, principalmente na época seca do ano (PARIZ, 2013).

Como alternativa para recuperação das pastagens degradadas ou rotação de culturas em áreas sob SPD com fertilidade do solo corrigida, iniciou-se o consórcio de culturas graníferas (milho, sorgo, milheto, arroz e soja) com forrageiras tropicais, principalmente do gênero *Urochloa* (syn. *Brachiaria*), em sistema integrado (KLUTHCOUSKI; YOKOYAMA, 2003). Tal técnica antecipa a formação da pastagem para pastejo, silagem, silagem seguida de pastejo, fenação e, ainda formação de palhada para a continuidade do SPD.

A utilização de forrageiras leguminosas em consórcio com o milho também tem apresentado resultados produtivos positivos (OLIVEIRA et al., 2011), objetivando aumentar o aporte de nitrogênio (N) no solo, via fixação biológica do N atmosférico, visto que os sistemas integrados ainda são limitados pela carência de N, com alta dependência do uso de adubo nitrogenado para o sucesso da produção (ROSOLEM et al., 2011).

Pesquisas comprovam que o uso de leguminosas em consórcio com gramíneas pode reduzir os gastos diretos com fertilizantes, aumentar a qualidade e a diversificação da dieta consumida pelos animais, melhorar a disponibilidade de forragem pelo aporte de nitrogênio ao sistema por meio de sua ciclagem e transferência para a gramínea consorciada e aumentar também o período de utilização das pastagens (BARCELLOS et al., 2008). No consórcio do milho com o capim-marandu e feijão guandu (*Cajanus cajan.*), tem-se a vantagem de melhoria na qualidade das pastagens, com aumento do teor de proteína bruta na dieta dos animais, justamente no período seco do ano.

O consórcio do feijão guandu com gramíneas com a finalidade de fornecer incremento na dieta dos animais também tem sido utilizado nos Estados Unidos, principalmente nas regiões secas como no sul das Grandes Planícies, por meio da semeadura em cobertura após o cultivo do trigo de inverno, para fornecer aporte de forragem no verão (período seco), quando as gramíneas nativas da região apresentam baixo valor nutritivo para a produção de carne (SULC; FRANZLUEBBERS, 2014). As vantagens do feijão guandu neste sistema são as mesmas observadas nas pesquisas brasileiras, como melhorias no uso de água e nutrientes abaixo da profundidade do enraizamento do trigo e a fixação de N para o seu próprio crescimento e para a safra de trigo de inverno subsequente (RAO; COLEMAN; MAYEUX, 2002).

Ferreira et al. (2015) observaram que a produção de massa seca do milho para silagem não diferiu quando consorciado exclusivamente com *U. brizantha* ou com *U. brizantha* e o feijão guandu, demonstrando que a leguminosa não afeta a produtividade. Portanto, o guandu pode proporcionar maior diversidade na cobertura de solo, além de aumentar o teor de proteína bruta

do material ensilado. Resultados de melhoria da composição química de pastagens de capim-piatã em consórcio com tal leguminosa também foram relatados por Silva et al. (2010).

Assim, a justificativa para o uso de leguminosa associada a uma gramínea em SIPA, além da melhoria da fertilidade do solo proporciona, ainda, elevação do teor de proteína bruta da silagem, podendo reduzir os custos de produção.

2. SOBRESSEMEADURA DE AVEIA

A sobressemeadura de forrageiras de inverno em pastagem formadas com espécies perenes de clima tropical é uma opção a ser considerada para reduzir a estacionalidade, aumentar a produção e principalmente o valor nutritivo da forragem durante a estiagem. Taffarel et al. (2010) relataram que a sobressemeadura de aveia em pastagem de capim-marandu proporciona aumento da produção de forragem, podendo gerar impacto econômico e operacional no sistema de produção, pela redução da necessidade de alimentos concentrados e área para produção de volumosos (TUPY et al., 2006).

Na região sul do Brasil, as pastagens anuais de inverno são formadas principalmente por aveia e azevém, após o cultivo de soja ou milho no verão, e são boas alternativas para a produção de grãos, forragem e carne (LOPES et al., 2008). Porém, em meta-análise de sistemas integrados de produção agropecuária (SIPA) realizada por Fernandes et al. (2010), a *U. brizantha* foi utilizada em 19,4% dos trabalhos, enquanto a aveia foi utilizada em apenas 2,7%. De acordo com Rodrigues, Avanza e Dias (2011) ainda há uma necessidade de que mais estudos sejam realizados com o intuito de conhecer as interações das culturas de inverno e as forrageiras de clima tropical.

Em pequenas propriedades rurais, o método de sobressemeadura de culturas de inverno mais empregado é a lanço, em função da ausência de semeadoras específicas (ADAMI; PITTA, 2012). Porém, Adami e Pitta (2012) destacaram que os métodos de sobressemeadura de aveia a lanço, ou em linha, com semeadora-adubadora para sementes miúdas em SPD podem influenciar na germinação, emergência das plântulas e estabelecimento da cultura, comprometendo os resultados produtivos de forragem e/ou animal no inverno. Assim, visando elevar a adoção da técnica de sobressemeadura de aveia, tornam-se necessários estudos que determinem qual o melhor método a ser utilizado em cada situação.

3. OVINOCULTURA E SISTEMA DE PRODUÇÃO

Apesar dos índices brasileiros serem promissores, a oferta de carne no mercado interno e o consumo per capita de carne ovina ainda são baixos em relação a outras espécies animais. Isto se deve aos sistemas de produção, e seu baixo nível de organização da cadeia produtiva, refletindo em baixos índices de produtividade, na qualidade do produto e na falta de regularidade da oferta (LEITE; MEDEIROS, 2014).

Atualmente o consumidor de carne ovina tem procurado carne mais tenra, com menor teor de gordura e sabor suave, estimulando o abate de cordeiros (BROCHIER; CARVALHO, 2009). O cordeiro apresenta maior eficiência de ganho e qualidade de carcaça, sendo que essas características podem ser alcançadas pela manipulação da nutrição e uso de sistemas adequados de terminação. Assim, o estudo das características da carcaça e da qualidade da carne se faz importante, como a possibilidade de avaliar a carne como o produto final.

Os ovinos são capazes de utilizar uma grande variedade de fontes de alimentos e apresentam maior eficiência de pastejo em relação aos bovinos, devido à forma de apreensão de forragem. Desta maneira, a forragem tem um papel importante em todos os sistemas de produção de ovinos, onde o ganho de peso por animal e por área é fortemente influenciado pela disponibilidade diária de massa seca e pela capacidade de lotação dos pastos (CARNEVALLI et al., 2001).

Durante o período seco do ano, o pasto costuma ter baixa qualidade nutritiva, levando os animais a realizarem longas caminhadas para suprir suas necessidades nutricionais diárias, implicando em consideráveis perdas de energia, além da redução da taxa de lotação. Desta forma, é necessário buscar alternativas que visem melhorar o aporte nutricional dos cordeiros para obter incrementos na produção de carne ovina.

O SIPA pode ser uma alternativa para intensificar a produção de ovinos, por meio da confecção de volumosos (silagem) para suplementação e pastagem de qualidade durante o inverno/primavera, intensificando a produção em regime de semi-confinamento. Cavasano (2013) observou ganhos que variaram de 190 g.dia⁻¹ a 221 g.dia⁻¹ em cordeiros terminados em semi-confinamento no inverno/primavera, utilizando a pastagem de capim-marandu com suplementação em SIPA. Este sistema melhora o uso da terra, pois reduz o tempo de terminação em pasto, por meio da otimização dos suplementos na dieta (LONGHINI, 2016).

Moraes et al. (2014) relataram que poucos estudos avaliaram o componente animal (5,4%) no sistema integrado, sendo ainda mais escassos os trabalhos que envolvem os componentes solo/planta/animal (4,67%). Em meta-análise de SIPA realizada por Fernandes et al. (2010), mais de 87% dos trabalhos utilizaram a espécie bovina como unidade de estudo,

sendo que apenas 11,4% avaliaram a espécie ovina. Assim, pesquisas que relacionem os ovinos com o SIPA tornam-se fundamentais para a avaliação do seu desempenho.

4. CARACTERÍSTICAS DA CARCAÇA E QUALIDADE DA CARNE DE CORDEIROS

Para atender às exigências do mercado consumidor, o setor produtivo precisa conhecer os fatores que interferem nas características físicas e químicas da carne (MARTÍNEZ-CEREZO; SAÑUDO; PANEA, 2005), fundamentais na avaliação da qualidade da carne ovina no Brasil. Esses fatores são importantes, tendo em vista que o objetivo central da indústria agropecuária é produzir carne de alta qualidade que atenda às demandas e expectativas dos consumidores (JIANG et al., 2015).

O músculo e a gordura representam a fração comestível e apresentam maior valor comercial em comparação aos demais componentes da carcaça (Silva et al., 2008). As características da carcaça são determinadas pela espessura e cobertura uniforme de gordura subcutânea, bem como, rendimento, peso de cortes, área de olho de lombo, perdas por resfriamento, pH e temperatura.

O cordeiro apresenta maior eficiência de ganho e qualidade de carcaça, sendo que essas características podem ser alcançadas pela manipulação da nutrição e uso de sistemas adequados de terminação, sendo o primeiro um dos principais fatores ambientais que afetam a qualidade da carcaça e da carne (FRASER; ROWARTH, 1996). Muitos estudos relataram que a dieta demonstrou influenciar os perfis de ácidos graxos, as propriedades antioxidantes, a taxa de síntese de proteínas, a cor, o sabor, a maciez e outras propriedades da qualidade da carne (WOOD et al., 2004; KIM et al., 2013). Embora as possibilidades de alterar a composição de ácidos graxos em ruminantes sejam muito mais limitadas do que em animais monogástricos, as pesquisas se concentram nas formas de manipulação dietética do perfil lipídico por meio de várias estratégias de alimentação de ruminantes ou sistemas de produção.

O desenvolvimento de sistemas de terminação de ovinos em pasto se tornou objetivo de pesquisas no Brasil, impulsionados também, pela relação positiva entre as dietas à base de forragens e a qualidade nutricional da carne. Essas dietas permitem a obtenção de carne com menor teor de gordura intramuscular e colesterol, melhor relação entre os ácidos graxos ômega-6:ômega-3 (GATELLIER; MERCIER; RENERRE, 2004; CIVIDINI; LEVART; ZGUR, 2008; CIVIDINI et al., 2014) e maior concentração de ácido linoleico conjugado (CLA), características benéficas à saúde humana (MONTOSI; SAÑUDO, 2004). Além disso, a

utilização da pastagem no processo de terminação dos cordeiros pode reduzir os custos de produção (WOODWARD; FERNÁNDEZ, 1999) e promover melhor uso dos recursos naturais da propriedade agropecuária.

Em meta-análise de efeitos do pasto sobre a composição lipídica na carne de cordeiros feita por Popova, Gozales-Barron e Cadavez (2015), o tipo de pastagem contribuiu para que os dados de gordura intramuscular fossem heterogêneos, o que mostra a importância de estudos com diferentes forrageiras, com o propósito de buscar por melhorias na nutrição e, conseqüentemente, na composição química e física da carne.

Para que a terminação de cordeiros em pasto seja eficiente, deve proporcionar ganhos de peso iguais ou superiores a $200 \text{ g animal}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, permitindo o abate precoce e com adequada deposição de gordura subcutânea. Porém, nem sempre isso é possível utilizando-se forrageiras tropicais, principalmente na entressafra (inverno), período em que apresentam redução na produção de massa e na qualidade nutritiva. Gramíneas de inverno, como a aveia, neste aspecto, permitem ganho por animal ($\text{g kg}^{-1} \text{ MS}$) superior por apresentarem maior degradação dos nutrientes, principalmente da fração proteica (SANDERSON; WEDIN, 1989), porém proporcionam menor capacidade de suporte, o que implica em menor ganho por área (kg.ha^{-1}).

Portanto, para que a terminação de cordeiros no inverno/primavera seja eficiente, com ganho de peso satisfatório, sem interferir na produtividade por área, muitas vezes só é possível com a estratégia de semi-confinamento, fornecendo ração à base de silagem e/ou concentrado aos animais (MONTEIRO et al., 2009). Cunha et al. (2001) relataram que o uso da silagem de milho proporciona elevado consumo voluntário e fornece altos teores de nutrientes digestíveis totais, resultando em bom desempenho de cordeiros. Portanto, a terminação de cordeiros semi-confinados com pastagem de inverno em áreas utilizadas para produção de silagem em SIPA pode ser uma alternativa para elevar a produção de carne de qualidade dessa espécie animal.

5. POTENCIAL DE MITIGAÇÃO DE EMISSÕES DE GASES ENTÉRICO NO SISTEMA INTEGRADO DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA

As mudanças climáticas no planeta devido ao aquecimento global são decorrentes principalmente das emissões de dióxido de carbono (CO_2) e de outros gases de efeito estufa (GEE), como o metano (CH_4) e o óxido nitroso (N_2O), provenientes de atividades antrópicas (ESTEVEZ et al., 2010).

No Brasil, existem duas fontes principais de emissão de GEE, o uso incorreto do solo e redução da área florestal, e a agropecuária (CARVALHO et al., 2010), sendo esta última a que

apresenta maior repercussão na mídia. Esse fato se deve aos ruminantes emitirem CH_4 proveniente da fermentação ruminal, óxido nitroso (N_2O) por meio da decomposição dos dejetos e o aumento de CO_2 decorrente do desmatamento florestal para abertura de novas áreas de pastagem para a atividade. Sendo assim, seja pelo conceito de sustentabilidade ou pela pressão exercida pelo mercado consumidor, a necessidade de se reduzir as emissões de GEE por unidade de produto cresceu nos últimos anos e tem sido uma perspectiva mundial da pecuária.

O levantamento do potencial de emissão de CH_4 pelos diferentes sistemas agropecuários, bem como a avaliação de estratégias mitigatórias, deve ser realizado sob uma visão holística, levando-se em consideração a dinâmica do fluxo de carbono em todo o sistema de produção. Segundo Machado (2010), as instituições de pesquisa nacionais têm papel fundamental no desenvolvimento de inventários sobre a emissão de GEE no Brasil, possibilitando o questionamento dos dados apresentados pelas organizações internacionais e o desenvolvimento de soluções sustentáveis para os sistemas de produção.

No Brasil, Carvalho et al. (2014) mencionaram que o sistema integrado de produção agropecuária (SIPA) se tornou notório, recentemente, como promovedor de sequestro de carbono, tendo sido incluído na agenda da produção agrícola mitigadora dos GEE (Plano de Agricultura de Baixa Emissão de Carbono, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento). Resultados de pesquisa comprovam que, quando o SIPA é conduzido seguindo seus fundamentos, utilizando práticas conservacionistas, a produção das culturas agrícolas é igual ou maior que a monocultura. De acordo com Nicoloso et al. (2006), há redução da produtividade das culturas da soja e do milho em sucessão às pastagens anuais de inverno somente quando se eleva a frequência e pressão de pastejo, em função da posterior redução da palhada. Aliado a isso, a adoção do SIPA em maior escala diminuiria o desmatamento e a degradação das pastagens, principalmente no Cerrado e na Amazônia, diminuindo inclusive as taxas de emissão de GEE por unidade de alimento produzido (MACEDO, 2009).

O CH_4 entérico representa uma perda de energia do processo fermentativo do alimento e as emissões variam de acordo com a quantidade e a qualidade do alimento digerido (OWENS; GOETSCH, 1988). Portanto, compreender a relação da dieta com a produção de CH_4 é essencial para reduzir as incertezas nos inventários sobre emissão de GEE e para identificar estratégias viáveis de redução. Maiores emissões de CH_4 estão geralmente associadas à maior ingestão de matéria seca e com menor densidade energética (KURIHARA et al., 1999). Na nutrição animal, em ordem decrescente de emissão de CH_4 encontram-se os capins tropicais, os capins de clima temperado e por fim as dietas com maior inclusão de concentrados.

O decréscimo do pH ruminal é a principal razão pela qual as dietas com inclusão de concentrado resultam em menores produções de CH_4 . Porém, a digestão da fibra no rúmen é diminuída com esse decréscimo, devido às bactérias celulolíticas ruminais serem sensíveis a pH abaixo de 6,2 (OWENS; GOETSCH, 1988). Então, devem-se evitar estratégias para reduzir metanogênese que impliquem em redução na digestão da fibra. Dessa forma, avaliar a eficiência ou as ineficiências no aproveitamento da dieta pelos pequenos ruminantes, tais como os ovinos, mensuradas pela emissão de gases, é de grande importância.

O maior potencial de produção de CH_4 dos capins tropicais está associado a produção de acetato e butirato, predominante durante a fermentação de carboidratos fibrosos, resultando em liberação líquida de hidrogênio que favorece a metanogênese (MACHADO, 2010). A alimentação dos ruminantes pode alterar os padrões fermentativos no rúmen, principalmente no que diz respeito a relação acetato:propionato, podendo intensificar ou diminuir a produção de GEE. Isto porque a redução na relação acetato:propionato, torna o rúmen energeticamente mais eficiente e reduz a formação de CH_4 . As vias metabólicas de propionato, além de não gerar H^+ como acontece com as rotas de produção de acetato e butirato, utilizam H^+ como substrato, desta forma, o aumento na produção de propionato compete com as arqueias metanogênicas pelo mesmo substrato (MACHADO, 2010).

As regiões tropicais caracterizam-se pelo grande número de espécies forrageiras com potencial para serem utilizadas na alimentação de ruminantes, portanto a determinação do seu valor nutritivo é de grande importância para a produtividade, assim como para o conhecimento do seu potencial metanogênico. Ensaio *in vivo* que envolvem a produção animal e a digestibilidade são os métodos mais precisos para essa determinação, porém estes métodos trazem dificuldades ao experimento, pois necessitam o uso de animais, alimentos, mão-de-obra, tempo e elevado custo financeiro, limitando sua aplicabilidade (MAURICIO et al., 2003).

Tentando descrever a cinética ruminal e evitar a superestimação da fermentação ruminal tem se utilizado a técnica de produção de gases (MAURICIO et al. 1999). De acordo com Mauricio et al (2003) a técnica semi-automática *in vitro* de produção de gases possibilita a estimativa dos valores de digestibilidade aparente *in vivo* e fornece informações sobre a cinética de fermentação ruminal das dietas avaliadas. São escassos estudos que avaliem a fermentabilidade da silagem de milho em consórcio com outras culturas agrícolas, principalmente leguminosa.

O grande desafio no sistema produtivo de ruminantes é desenvolver dietas e sistemas de manejo que minimizem a produção de CH_4 , possibilitando maior eficiência produtiva e redução da contribuição da pecuária para o aquecimento global. No Brasil, pela variabilidade dos

modelos de produção animal, estratégias de redução das emissões de CH₄ devem ser orientadas para as bases da produção, envolvendo necessariamente a manipulação do componente forrageiro. Aliado a isso, o desenvolvimento de estratégias de manejo para mitigar as emissões de CH₄ entérico dos ovinos é possível e desejável.

Nesse sentido, o presente trabalho foi redigido na forma de capítulos.

O Capítulo II, intitulado **“Inclusão de silagem de milho em consórcio com capim-marandu e feijão guandu na dieta de cordeiros semi-confinados em pastagem de aveia preta sobre o desempenho e mitigação de metano entérico e custos de produção”**, foi adequado com as normas estabelecidas pelo periódico *Animal Feed Science and Technology*, exceção feita ao idioma.

O Capítulo III, intitulado **“Características de carcaça e qualidade de carne de cordeiros semi-confinados em pastagem de aveia preta sobressemeada em linha e a lanço e suplementados com silagens produzidas em sistema integrado de produção agropecuária”**, foi adequado com as normas estabelecidas pelo periódico *Meat Science*, exceção feita ao idioma.

O Capítulo IV, no qual são apresentadas as **Implicações** pertinentes ao estudo.

JUSTIFICATIVA, HIPÓTESE E OBJETIVO

A silagem proveniente do consórcio do milho com o capim-marandu e feijão guandu possibilita suplementar os animais que permanecerão na pastagem de sucessão após a colheita do milho, em sobressemeadura com aveia preta (*Avena strigosa*, Schreb), que poderá auxiliar no aumento da produção de massa, do período de utilização e, principalmente, do valor nutritivo da forragem.

Desta forma, considerando que o SIPA pode intensificar a produção de ovinos, otimizando o uso de suplementos para animais em pastejo, tem-se como hipóteses que:

1) A silagem de milho proveniente do consórcio com capim-marandu e feijão guandu proporciona melhor desempenho dos cordeiros em semi-confinamento, bem como melhorias na carcaça e na carne, com baixa emissão de metano entérico, em SIPA.

2) A sobressemeadura da aveia a lanço, após a colheita do milho para ensilagem é uma alternativa ao método de sobressemeadura em linha, não interferindo na produção de massa.

Pelo exposto, o estudo tem por objetivo avaliar o desempenho, as características de carcaça e qualidade da carne, a composição química, fermentabilidade e capacidade de mitigação de metano entérico das dietas, além da viabilidade econômica da terminação de

cordeiros semi-confinados em pastagem de aveia preta e alimentados com silagens produzidas em SIPA.

REFERÊNCIAS

- ADAMI, P.F.; PITTA, C.S.R. **Pastagem e bovinocultura de leite**. Curitiba: IFP, 2012. 80p.
- ALVARENGA, R.C.; NOCE, M.A. **Integração lavoura e pecuária**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2005. 14p. (Embrapa Milho e Sorgo, Documentos, 47), 2005.
- BARCELLOS, A.O.; RAMOS, A.K.B.; VILELA, L.; MARTHA JUNIOR, G.B. Sustentabilidade da produção animal baseada em pastagens consorciadas e no emprego de leguminosas exclusivas, na forma de banco de proteína, nos trópicos brasileiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Piracicaba, v. 37, p.51-67, 2008. (supl. especial)
- BROCHIER, M.A.; CARVALHO, S. Efeito de diferentes proporções de resíduo úmido de cervejaria sobre as características da carcaça de cordeiros terminados em confinamento. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 61, p.190-195, 2009.
- CARNEVALLI, R.A.; SILVA, S.C.; FAGUNDES, J.L.; SBRISIA, A.F.; CARVALHO, C.A.B.; PINTO, F.L.M.; PEDREIRA, C.G.S. Desempenho de ovinos e respostas das pastagens de Tifton-85 (*Cynodon spp.*) sob lotação contínua. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 58, p.7-15, 2001.
- CARVALHO, J.L.N.; AVANZI, J.C.; SILVA, M.L.N.; MELLO, C.R.; CERRI, C.E.P. Potential of soil carbon sequestration in different biomes of Brazil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 34, n. 2, versão online, 2010. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832010000200001 > <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832010000200001>
- CARVALHO, P.C.F.; MORAES, A.; PONTES, L.S.; ANGHINONI, I.; SULC, R.M.; BATELLO, C. Definições e terminologias para sistema integrado de produção agropecuária. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 45, n. 5 (Especial), p.1040-1046, 2014.
- CAVASANO, F.A. **Terminação de cordeiros semi-confinados em sistema de integração lavoura-pecuária**. 2013. 108 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. Universidade Estadual de São Paulo, Botucatu, 2013.
- CEPEA - Centro de estudos avançados em economia aplicada. O Mercado de Trabalho do Agronegócio Brasileiro - Resultados Preliminares 2015. Piracicaba: Universidade de São Paulo. Disponível em: <<http://www.cepea.esalq.usp.br/br/documentos/texto/mercado-de-trabalho-do-agronegocio-brasileiro-resultados-preliminares.aspx>>. Acesso em: 10 mai. 2017.

CIVIDINI, A.; LEVART, A.; ZGUR, S. Fatty acid composition as effect by production system, weaning and sex. **Acta Agriculturae Slovenica**, Liubliana, v. 2, p. 47-52, 2008. (suplemento).

CIVIDINI, A. et al.; LEVART, A.; ZGUR, S.; KOMPAN, D. Fatty acid composition of lamb meat from the autochthonous Jezersko-Solcava breed reared in different production systems. **Meat Science**, Champaign, v. 97, p. 480-485, 2014.

CUNHA, E.A.; BUENO, M.S.; SANTOS, L.E.; RODA, D.S.; OTSUK, I.P. Desempenho e características de carcaça de cordeiros Suffolk alimentados com diferentes volumosos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 4, p.671-676, 2001.

DIAS-FILHO, M. B. **Diagnóstico das pastagens no Brasil**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2014. 36 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 402).

ESTEVES, S.N.; BERNARDI, A.C.C.; VINHOLIS, M.M.B.; PRIMAVESI, O. **Estimativas da emissão de metano por bovinos criados em sistema de integração lavoura-pecuária em São Carlos, SP**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2010. 7p. (Embrapa Pecuária Sudeste, Circular técnica, 65).

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAOSTAT database. Disponível em: <<http://faostat3fao.org/browse/Q/QA/E>>. Acesso em: 07 mar 2018.

FERNANDES, P.C.C.; CHAVES, S. S. de F.; FREITAS, D. R.; SILVA, A. V.; SILVEIRA FILHO, A.; ALVES, L. W. R. Meta-análise quantitativa da produção bibliográfica dos Sistemas de Integração Agropecuários. In: Workshop integração lavoura-pecuária-floresta em Rondônia, 1., 2010, Porto Velho. **Anais...** Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2010. p. 86-92. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/31571/1/Meta-Ana769lise-Paulo.pdf>>

FERREIRA, L.G.; CLÁUDIO, F.L.; SANTOS, L.C.; ALVES, E.M.; PAIM, T.P. Produção de silagem em sistemas consorciados de milho (*Zea mays*), guandu (*Cajanus cajan*) e braquiária (*Urochloa brizantha*). In: IV Congresso Estadual de Iniciação Científica do IF Goiano, 4, 2015, Goiania. **Anais...** Goiania: Instituto Federal Goiano, 2015. p.

FRASER, T.J.; ROWARTH, J. Legumes, herbs or grass for lamb performance? **Proceedings of the New Zealand Grassland Association**, Oamaru, v. 58, p. 49-52, 1996.

GATELLIER, P., MERCIER, Y.; RENERRE, M. Effect of diet finishing mode (pasture or mixed diet) on antioxidant status of Charolais bovine meat. **Meat Science**, Champaign, v. 67, p.385-394, 2004.

HOANG, V. Analysis of productive performance of crop production systems: An integrated analytical framework. **Agricultural Systems**, Oxford, v. 116, n. 1, p.16-24, 2013.

JIANG, H.; WANG, Z.; MA, Y.; QU, Y.; LU, X.; GUO, H.; LUO, H. Effect of dietary lyco-pene supplementation on growth performance, meat quality, fatty acid profile and meat lipid oxidation in lambs in summer conditions. **Small Ruminants Research**, Amsterdam, v. 131, p. 99-106, 2015.

KIM, Y.H.B.; STUART, A.; ROSENVOLD, K.; MACLENNAN, G. Effect of forage and retail packaging types on meat quality of long term-chilled lamb loins. **Journal of Animal Science**, Oxford, v. 91, p.5998-6007, 2013.

KLUTHCOUSKI, J.; YOKOYAMA, L.P. Opções de integração lavoura-pecuária. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária**. 1.ed. Santo Antônio de Goiás: Embrapa, 2003. p.131-141.

KURIHARA, M.; MAGNER, T.; HUNTER, R.A.; McCRABB, G.J. Methane production and energy partition of cattle in the tropics. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 81, p.227-234, 1999.

LEITE, E. R.; MEDEIROS, J. X. Agronegócio da Ovinocultura deslanada no Brasil. In: SELAIVE, A. B; OSÓRIO, J. C. S. **Produção de Ovinos no Brasil**. São Paulo: Roca, 2014. p. 563-582.

LONGHINI, V.G. **Comportamento ingestivo, desempenho e características de carcaça de cordeiros semiconfinados em sistema integrado de produção**. 2016. 71 f. Dissertação (mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2016.

LOPES, M.L.T.; CARVALHO, P.C.F.; ANGHINONI, I.; SANTOS, D.T.; KUSS, F.; FREITAS, F.K.; FLORES, J.P.C. Sistema de integração lavoura-pecuária: desempenho e qualidade de carcaça de novilhos superprecoces terminados em pastagem de aveia e azevém manejada sob diferentes alturas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, p.178-184, 2008.

MACEDO, M.C.M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, supl. especial, p.133-146, 2009.

MACHADO, F.S. **Consumo, digestibilidade aparente, partição de energia e produção de metano em ovinos alimentados com silagens de sorgo em diferentes estádios de maturação**. 2010. 107 f. Dissertação (Doutorado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

MARTÍNEZ-CEREZO, S.; SAÑUDO, C.; PANEA, B. Breed, slaughter weight and ageing time effects on consumer appraisal of three muscles of lamb. **Meat Science**, Champaign, v. 69, p.795-805, 2005.

MAURICIO, R.M.; MOULD, F.L.; DHANOA, M.S.; OWEN, E.; CHANNA, K.S.; THEODOROU, M.K. A semi-automated in vitro gas production technique for ruminant feedstuff evaluation. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 79, n.4, p.321-330, 1999.

MAURICIO, R. M.; PEREIRA, L. G. R.; GONCALVES, L. C.; RODRIGUES, N. M.; MARTINS, R. G. R.; RODRIGUES, J. A. S. Potencial da Técnica *in Vitro* Semi-Automática de Produção de Gases para Avaliação de Silagens de Sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 4, p.1013-1020, 2003.

MERTEN, G.H.; MINELLA, J.P.G.; MORO, M.; MAIER, C. Expansion of Brazilian Agriculture Territory: Changes in Land Use. **Advances in Geocology**, Stuttgart, v. 41, p.13-21, 2010.

MERTEN, G.H.; MINELLA, J.P.G. The expansion of Brazilian agriculture: soil erosion scenarios. **International Soil and Water Conservation Research**, Beijing, v. 1, n. 3, p.37-48, 2013.

MONTEIRO, A.L.G.; SILVA, C.J.A.; FERNANDES, S.R. Criação e terminação de cordeiros a pasto: Implicações econômicas e qualidade do produto final. In: Simpósio mineiro de ovinocultura, 5, 2009, Lavras. **Anais...** Lavras: Editora da UFLA, 2009. p.89-146.

MONTOSI, F.; SAÑUDO, C. (Ed.). Evaluación y promoción de la calidad de la carne y otros productos agroalimentarios uruguayos en base a los estándares de calidad de la Unión Europea y en función de distintos sistemas productivos del Uruguay: Componente carnes Montevideo. Uruguay: INIA, 2004. 56p.

MORAES, A.; CARVALHO, P.C.F.; LUSTOSA, S.B.C.; LANG, C.R.; DEISS, L. Research on Integrated Crop-livestock Systems in Brazil. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 45, p.1024-1031, 2014.

NICOLOSO, R.S.; LANZANOVA, M.E.; LOVATO, T. Manejo das pastagens de inverno e potencial produtivo de sistemas de integração lavoura-pecuária no Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 6, p.1799-1805, 2006.

OLIVEIRA, P.; KLUTHCOUSK, J.; FAVARIN, J.L.; SANTOS, D.S. Consórcio de milho com braquiária e guandu-anão em sistema de dessecação parcial. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 10, p.1184-1192, 2011.

OWENS, F.N.; GOETSCH, A. L. Ruminal fermentation. In: CHURCH, D.C. (Ed.) **The ruminant animal: digestive physiology and nutrition**. Englewood Cliffs: Waveland Press, 1988. p.145-171

PARIZ, C.M.; ANDREOTTI, M.; TARSITANO, M.A.A.; BERGAMASCHINE, A.F.; BUZETTI, S.; CHIODEROLI, C.A. Desempenhos técnicos e econômicos da consorciação de milho com forrageiras dos gêneros *Panicum* e *Brachiaria* em sistema de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 4, p.360-370, 2009.

PARIZ, C.M. **Produção de silagem de milho em consórcio com braquiárias e sobressemeadura de aveia para terminação de cordeiros**. 2013. 141 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade do Estado de São Paulo, Botucatu, 2013.

POPOVA, T.; GONZALES-BARRON, U.; CADAVEZ, V. A meta-analysis of the effect of pasture access on the lipid content and fatty acid composition of lamb meat. **Food Research International**, Amsterdam, v. 77, p. 476-483, 2015.

RAO, S.C.; COLEMAN, S.W.; MAYEUX, H.S. Forage production and nutritive value of selected pigeon pea ecotypes in the Southern Great Plains. **Crop Science**, Madison, v. 42, p.1259-1263, 2002.

RODRIGUES, D. A.; AVANZA, M. F. B.; DIAS, L. G. G. G. Sobressemeadura de aveia e azevém em pastagens tropicais no inverno revisão de literatura. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, Garça, v. 9, n. 16, p. 22, 2011.

ROSOLEM, C.A.; SORATTO, R.P.; CRUSCIOL, C.A.C. Análise da situação geral. In: SORATTO, R.P.; ROSOLEM, C.A.; CRUSCIOL, C.A.C. (ed.). **Integração lavourapecuária-floresta: alguns exemplos no Brasil Central**. Botucatu: Editora FEPAF, 2011. p.103-104.

SANDERSON, M.A.; WEDIN, W.F. Nitrogen in the detergent fiber fractions of temperate legumes and grasses. **Grass and Forage Science**, v. 44, p.159-168, 1989.

SILVA, N.V.; SILVA, J.H.V.; COELHO, M.S.; OLIVEIRA, E.R.A.; ARAÚJO, J.A.; AMÂNCIO, A.L.L. Características de carcaça e carne ovina: uma abordagem das variáveis metodológicas e fatores de influência. **Acta Veterinaria Brasilica**, Mossoró, v. 2, n. 4, p.103-110, 2008.

SILVA, F.B.; TAFFAREL, L.E.; NERES, M.A.; OLIVEIRA, P.S.R.; NEUHAUS, E.; HEIZEN, E.L. Composição bromatológica da forragem produzida pelas associações do capim-piatã com feijão guandu cvs. Super N e Mandarin. In: Congresso Nordestino De Produção Animal, 6, 2010, Mossoró. **Anais...** Mossoró: UFERSA, 2010. p.1-4.

SULC, R.M.; FRANZLUEBBERS, A.J. Exploring integrated crop-livestock systems in different ecoregions of the United States. **European Journal of Agronomy**, v. 57, p.21-30, 2014.

TAFFAREL, L.E.; CASTAGNARA, D.D.; MESQUITA, E.E.; NERES, M.A.; OLIVEIRA, P.S.R.; BATISTA, P.B. Produção de forrageiras de inverno sobressemeadas à lanço em pastagem de *Brachiaria*

brizantha. In: Congresso nordestino de produção animal, 6, 2010, Mossoró. **Anais...** Mossoró: UFERSA, 2010. (CD-ROM).

TUPY, O.; OLIVEIRA, P.P.A.; VINHOLIS, M.M.B.; PRIMAVESI, O.; BERNARDI, A.C.C. **Avaliação dos impactos econômicos, sociais e ambientais de tecnologias da Embrapa Pecuária Sudeste. 8. Sobressemeadura de aveia forrageira em pastagens tropicais irrigadas no período seco.** São Carlos: Embrapa, 2006. 37p. (Embrapa Pecuária Sudeste, Documentos, 61).

VIANA, J.G.A.; M.R.E., MARAES; DORNELES, J.P. Dinâmica das importações de carne ovina no Brasil: análise dos componentes temporais. **Semina: Ciências Agrárias**, Maringá, v. 36, n. 3, p.2223-2234, 2015. (Supl. 1)

WOOD, J.D.; RICHARDSON, R.I.; NUTE, G.R.; FISHER, A.V.; CAMPO, M.M.; KASAPIDOU, E.; SHEARD, P.R.; ENSER, M. Effects of fatty acids on meat quality: A review. **Meat Science**, Champaign, v. 66, p.21-32, 2004.

WOODWARD, B.W.; FERNÁNDEZ, M.I. Comparison of conventional and organic beef production system II. Carcass characteristics. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 61, p. 225-231, 1999.

CAPÍTULO II

Inclusão de silagem de milho em consórcio com capim-marandu e feijão guandu na dieta de cordeiros semi-confinados em pastagem de aveia preta sobre o desempenho, mitigação de metano entérico e custos de produção

RESUMO

O objetivo desse estudo foi avaliar a utilização de silagens produzidas em sistema integrado de produção agropecuária (SIPA), por meio dos consórcios de milho com capim-marandu e feijão guandu (C/G) e milho com capim-marandu (S/G), no desempenho de cordeiros semi-confinados em pastagem de aveia preta sobressemeada em linha ou a lanço, assim como a capacidade de mitigação de metano entérico das dietas propostas e a viabilidade econômica dos sistemas de terminação. O estudo foi conduzido no mesmo local por três anos experimentais (2013/2014; 2014/2015; 2015/2016) em Botucatu, São Paulo, Brasil. Nos três anos, a entrada dos animais na área experimental foi no período de julho a setembro, sendo a avaliação de desempenho realizada em dois ciclos de pastejo, totalizando 69 dias experimentais. O delineamento foi inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 2 x 2, sendo dois tipos de silagem (C/G e S/G) e dois métodos de sobressemeadura da aveia (linha e a lanço, após a ensilagem do milho), considerando as diferenças significativas em $P \leq 0,05$. O método de sobressemeadura da aveia não interferiu ($P > 0,05$) na disponibilidade de forragem (DF), assim como no desempenho dos cordeiros. A sobressemeadura da aveia preta na área de produção de silagem de milho C/G proporcionou cerca de 40% de aumento ($P < 0,0001$) na DF para pastejo comparado a área S/G. O consumo de suplemento pelos animais alimentados com silagem de milho S/G foi superior ($P < 0,05$), sem influenciar o ganho de peso. A produção de gases *in vitro* não foi influenciada pelas dietas, mesmo quando expresso em metano.kg^{-1} de carne produzida ($P > 0,05$). As dietas propostas apresentaram qualidade semelhante, porém a utilização da silagem de milho em consórcio com capim-marandu e feijão guandu na

terminação de cordeiros em semi-confinamento proporcionou menor emissão de metano por animal, devido ao menor consumo de matéria seca. A terminação de cordeiros com silagem de milho C/G proporciona maior retorno econômico, devido ao menor custo com a dieta. Os resultados sugerem que a presença do feijão guandu no consórcio do milho com capim-marandu proporciona volumoso de qualidade para a produção animal, bem como benefícios para culturas subsequentes, evidenciado pela maior DF de aveia. O método de sobressemeadura a lanço, em áreas de SIPA sob sistema de plantio direto, pode ser utilizada como método alternativo a sobressemeadura em linha, por pequenos produtores, sem interferir na produtividade da aveia preta.

Palavras-chaves: *Cajanus cajan*; fermentação entérica; leguminosa; ovinos; sistema integrado; sobressemeadura

Abreviações: A, curva assintótica de produção de gases; AR, altura de relvado; C, ciclo de pastejo; C/G, silagem de milho em consórcio com capim-marandu e feijão guandu; CH₄, metano; CMS, consumo de matéria seca; D, dias de pastejo; DF, disponibilidade de forragem; FP, fator de partição; GEE, gases de efeito estufa; L, lag time; MS, matéria seca; MSD, matéria seca degradada; MOD, matéria orgânica degradada; N-NH₃, nitrogênio amoniacal; PG, produção de gases; PV, peso vivo; S/G, silagem de milho em consórcio com capim-marandu; t_{1/2}, tempo em que metade da curva assintótica de produção de gases é atingida.

1. Introdução

Nos países latino-americanos, a maior parte da forragem consumida diariamente pelos ruminantes é proveniente de gramíneas de média a baixa qualidade (Salazar et al., 2018), como no caso das pastagens presentes no cerrado brasileiro, e tem sido associada a altas emissões de gases de efeito estufa (GEE), principalmente de metano entérico. No Brasil, 80 % das áreas de

pastagem encontram-se degradadas ou em processo de degradação (Dias-Filho, 2014), o que contribui para a redução na qualidade das pastagens e no aumento dos custos de produção. Dentro do Plano Brasileiro de Mitigação e Adaptação às Mudanças Climáticas, um dos principais compromissos é recuperar 15 milhões de hectares de pastagens degradadas até 2020 e evitar a degradação de novas pastagens por meio do manejo correto (Figueiredo et al., 2017).

O consórcio de culturas graníferas, como o milho, com forrageiras tropicais, principalmente do gênero *Urochloa*, em sistema integrado de produção agropecuária (SIPA), tem sido utilizado para recuperar áreas degradadas, melhorar o acúmulo de carbono no solo e compensar as emissões de GEE na produção de ruminantes (Salton et al., 2011; Carvalho et al., 2014), possibilitando antecipar a formação de pastagem e ainda produzir silagem de qualidade para a alimentação animal.

A utilização de forrageiras leguminosas no consórcio com gramíneas também tem apresentado resultados produtivos positivos (Oliveira et al., 2011; Sulc e Franzluebbers, 2014), além de auxiliar na melhoria da qualidade da dieta (Peyraud et al., 2014), por meio do aumento no teor de proteína da silagem. Em relação as diferentes espécies de leguminosas, o feijão guandu (*Cajanus cajan*) tem sido amplamente estudado devido a elevada adaptabilidade ao ambiente tropical. Porém, poucos estudos avaliaram o componente animal no sistema integrado, sendo ainda mais escasso a utilização da espécie ovina (Fernandes et al., 2010; Moraes et al., 2014)

Em sistemas integrados de produção agropecuária, a rotação ou sucessão de culturas de verão com forrageiras de inverno, como no caso da aveia, é uma alternativa viável para suprir a falta de forragem no inverno e primavera (Lopes et al., 2008; Bell et al., 2014; Moraes et al., 2014) e também pode contribuir na mitigação de GEE nos sistemas de produção de carne, melhorando a qualidade da dieta no período de escassez. No entanto, os métodos de sementeira da aveia, a lanço ou em linha, podem influenciar na germinação, emergência

das plântulas e estabelecimento da cultura (Adami e Pita, 2012), comprometendo os resultados produtivos da forragem, e consequentemente, do animal no inverno.

Apesar de serem mais nutritivas, as forrageiras de inverno são menos produtivas quando comparadas as forrageiras tropicais e por isso proporcionam menor ganho por área, sendo o sistema de semi-confinamento uma opção viável para auxiliar no aumento da produtividade por área, por meio da suplementação no cocho. No entanto, é preciso ter cautela em relação aos custos de produção, visto que os alimentos concentrados, principalmente os proteicos, comumente utilizados na suplementação animal, tendem a ser mais onerosos. Pelo exposto, o objetivo desse estudo foi avaliar a utilização de silagens produzidas em sistema integrado de produção agropecuária, por meio dos consórcios de milho com capim-marandu e milho com capim-marandu e feijão guandu, sobre o desempenho de cordeiros semi-confinados em pastagem de aveia preta sobressemeada em linha ou a lanço, assim como a capacidade de mitigação de metano entérico das dietas propostas e a viabilidade econômica dos sistemas de terminação.

2. Material e Métodos

Todos os procedimentos realizados neste estudo foram aprovados pela Comissão de Ética de Uso de Animais (CEUA) da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia de Botucatu, São Paulo, Brasil, sob o protocolo número 106/2014-CEUA.

2.1. Descrição do local

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental Lageado, pertencente à Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FMVZ/UNESP), localizada no município de Botucatu, São Paulo, Brasil (22°51'01"S e 48°25'28"W, com altitude de 777 metros), durante três anos experimentais consecutivos (2013/2014, 2014/2015 e 2015/2016). O solo da área

experimental é um Latossolo Vermelho distrófico (Santos et al., 2006), com 280, 90 e 630 g kg⁻¹ de areia, silte e argila, respectivamente.

Para avaliação inicial da fertilidade do solo para implantação do experimento, coletou-se vinte perfis de sondagem para que constituíssem uma amostra composta que apresentou os seguintes resultados nas profundidades de 0 - 0,20 e 0,20 - 0,40 m, respectivamente: pH (CaCl₂) = 5,1 e 4,8; matéria orgânica = 38,1 e 38,0 g dm⁻³; P (resina) = 12,2 e 5,5 mg dm⁻³; acidez potencial em pH 7 (H + Al), K⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺ = 41,4 e 59,6; 1,0 e 0,7; 31,5 e 21,9; 15,8 e 11,4 mmolc dm⁻³, respectivamente, capacidade de troca catiônica (CTC) = 89,7 e 93,6 mmolc dm⁻³ e saturação por bases (V%) = 53,8 e 36,9%. O pH do solo foi determinado em uma suspensão 0,01 mol L⁻¹ CaCl₂ (1:2,5 solo/solução). O P e o Ca e Mg trocáveis foram extraídos com resina trocadora de íons e determinados por colorimetria e espectrofotometria de absorção atômicas, respectivamente. O K foi determinado por fotometria de chama. Os valores de CTC e saturação por bases foram calculados utilizando os resultados de bases trocáveis e acidez potencial em pH 7 (H + Al) (Van Raij et al., 2001).

Durante quatro anos experimentais, até outubro de 2010, a área experimental permaneceu em pousio, com predominância de capim-braquiaria (*Urochloa decumbens* cv. Basilisk) e plantas daninhas de ciclo anual. Nos anos experimentais 2010/2011 e 2011/2012, a área foi utilizada para produção de silagem de milho em consórcio com capim-marandu (*Urochloa brizantha* cv. Marandu) e capim-piatã (*Urochloa brizantha* cv. Piatã) no verão/outono e sobressemeadura de aveia-amarela (*Avena byzantina* ‘São Carlos’) para pastejo por cordeiros no inverno/primavera (Pariz et al., 2017a). No ano experimental 2012/2013, a área foi utilizada para produção de silagem de soja em consórcio com capim-aruãna (*Megathyrsus maximus* cv. Aruãna) no verão/outono e a pastagem foi submetida a cortes no inverno/primavera (Pariz et al., 2016; 2017b).

O tipo climático é Cwa, caracterizado¹ como clima tropical com invernos secos e verões quentes e chuvosos, de acordo com o sistema de classificação climática de Köppen (Alvares et al., 2013). As temperaturas médias (máximas e mínimas) anuais de longo prazo (1955–2015) foram 26,1 e 15,3 °C, respectivamente, com precipitação anual média de 1.359 mm (CEPAGRI, 2013). Os dados de fotoperíodo, precipitação pluviométrica, temperatura máxima e mínima foram mensurados diariamente, durante o período experimental na Estação Meteorológica da Fazenda Experimental Lageado, pertencente ao Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, calculando-se as médias mensais (Tabela 1).

2.2. Produção de silagem e sobressemeadura da aveia preta

A dessecação das plantas da área experimental no primeiro (2013/2014), segundo (2014/2015) e terceiro ano experimental (2015/2016) foi efetuada em 09 de dezembro, 02 de dezembro e 16 de novembro, respectivamente, com a aplicação dos herbicidas Glifosato [sal isopropilamina de N-(fosfonometil) glicina] e 2,4-D amina (2,4-ácido diclorofenoxiacético) nas doses de 1,44, 1,92 e 1,08 kg ha⁻¹ do equivalente ácido e 0,67, 1,00 e 1,34 kg do ingrediente ativo, respectivamente. A aplicação sequencial do herbicida Glifosato no primeiro, segundo e terceiro ano experimental foi efetuada em 20 de dezembro de 2013, 17 de dezembro de 2014 e 04 de dezembro de 2015, nas doses de 1,08, 1,44 e 1,44 kg ha⁻¹ do equivalente ácido, respectivamente. No segundo e terceiro ano, ainda foi efetuada a aplicação de 2-4 D amina nas doses de 0,67 kg do ingrediente ativo. Em ambas aplicações, utilizou-se volume de calda de 200 l ha⁻¹.

O híbrido simples (HS) de milho 2B587 HX (precoce) foi semeado em 16 de dezembro de 2013, 16 de dezembro de 2014 e 14 de dezembro de 2015, no primeiro, segundo e terceiro ano experimental, respectivamente, na profundidade de 0,04 m, com espaçamento entrelinhas de 0,45 m e densidade de 65 a 70.000 sementes ha⁻¹, utilizando semeadora-adubadora para

sistema de plantio direto (SPD) dotada de mecanismo para abertura de sulco do tipo haste sulcadora. Na parcela onde foi semeado o milho em consórcio com o capim-marandu (*Urochloa brizantha* cv. Marandu) e feijão guandu (*Cajanus cajan*), primeiro semeou-se o feijão guandu na profundidade de 0,04 m e espaçamento de 0,45 m, utilizando-se a mesma semeadora-adubadora para SPD e 15 sementes por metro (aproximadamente 35 kg de sementes ha⁻¹), conforme recomendação de Oliveira et al. (2011) e em seguida, nas entrelinhas, semeou-se o milho com capim-marandu.

O capim-marandu foi semeado na quantidade de 600 pontos de valor cultural (VC) ha⁻¹, conforme recomendação de Pariz et al. (2009), em ambos os consórcios. As sementes de capim-marandu foram misturadas ao fertilizante de semeadura utilizando-se uma betoneira, minutos antes da semeadura, acondicionadas no compartimento de fertilizantes da semeadora-adubadora e depositadas na profundidade de 0,08 m. Nos três anos experimentais, a adubação mineral nos sulcos de semeadura constou de 36, 126 e 72 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente (450 kg ha⁻¹ do adubo formulado 08-28-16 + 2% de Ca, 2% de S e 0,5% de Zn), seguindo as recomendações de Cantarella et al. (1997).

Em 15 de janeiro de 2014, 13 de janeiro de 2015 e 13 de janeiro de 2016, primeiro, segundo e terceiro ano experimental, respectivamente, quando as plantas de milho se encontravam no estágio vegetativo V4, 50% das plantas com quatro folhas totalmente desdobradas (Fancelli e Dourado Neto, 2000), foi realizada a adubação mineral de cobertura com aplicação manual de 150, 37,5 e 150 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente (750 kg do fertilizante mineral formulado 20-05-20), nas entrelinhas das plantas de milho em consórcio com o capim-marandu, sem incorporação, seguindo as recomendações de Cantarella et al. (1997) para a cultura do milho destinado à produção de silagem de planta inteira.

Nos três anos experimentais, em 10 de abril de 2014, 08 de abril de 2015 e 04 de abril de 2016, respectivamente, realizou-se a colheita mecânica para ensilagem com colhedora de

forragem modelo JF C-120 (12 facas) e plataforma de duas linhas em espaçamento reduzido de 0,45 m entrelinhas. A altura de corte foi de 0,45 m em relação à superfície do solo (Pariz et al., 2017b), no estágio de ¼ de grão leitoso. O material colhido foi picado em partículas médias de 1,0 cm, sendo os grãos cortados pelas facas da colhedora e o material foi armazenado em silo tipo “bag” de 1,50 m de diâmetro, com compactação de 600 kg m⁻³ de massa verde, para posterior suplementação dos cordeiros. Portanto, um silo foi constituído de silagem de milho em consórcio com capim-marandu e feijão guandu (C/G) e outro com milho em consórcio com capim-marandu (S/G), perfazendo os tratamentos.

Em 05 de maio de 2014, 22 de abril de 2015 e 13 de abril de 2016 dos três anos experimentais, respectivamente, realizou-se as duas modalidades de sobressemeadura da aveia preta (*Avena strigosa*). Na semeadura em linha, as sementes foram depositadas na profundidade de 0,03 m, com espaçamento de 0,17 m e densidade de 65 kg ha⁻¹ de sementes puras viáveis, utilizando semeadora-adubadora para SPD. Na semeadura à lanço, as sementes foram distribuídas manualmente sobre a superfície do solo na densidade de 120 kg ha⁻¹ de sementes puras viáveis, incorporando-as ao solo com gradagem leve (discos totalmente fechados para revolvimento mínimo do solo). Nas duas modalidades de sobressemeadura, foram seguidas as recomendações de Adami e Pitta (2012). A emergência plena da aveia preta nas duas modalidades de sobressemeadura ocorreu nos dias 29 de maio de 2014, 05 de maio de 2015 e 03 de maio de 2016, respectivamente, no primeiro, segundo e terceiro ano experimental.

2.3. Manejo dos cordeiros

Nos três anos experimentais (2013/2014, 2014/2015 e 2015/2016) a entrada dos cordeiros na área foi durante o período de julho a setembro. No primeiro ano experimental, foram utilizados 48 cordeiros machos cruzados, não castrados, Dorper x Texel x Ile de France com idade média de sete meses e peso vivo inicial de 27,0 ± 3,2 kg. No segundo ano

experimental, foram avaliados 48 machos cruzados, não castrados, Poll Dorset x Corriedale com idade média de sete meses, peso vivo inicial de $24,4 \pm 3,4$ kg e 16 cordeiros para ajustar a taxa de lotação. No terceiro ano experimental, foram utilizados 48 machos cruzados, não castrados, Dorper x Texel com idade média de sete meses e peso vivo inicial de $26,4 \pm 3,5$ kg.

Os cordeiros foram blocados com base na variação do peso corporal inicial e distribuídos aleatoriamente aos tratamentos: silagem de milho em consórcio com capim-marandu (S/G) x sobressemeadura da aveia em linha; silagem de milho consorciado com capim-marandu (S/G) x sobressemeadura da aveia a lanço; silagem de milho em consórcio com capim-marandu e feijão guandu (C/G) x sobressemeadura da aveia em linha; silagem de milho consorciado com capim-marandu e feijão guandu (C/G) x sobressemeadura da aveia a lanço.

No período pré-experimental, que teve duração de 14 dias, foi realizada a adaptação dos animais às dietas. Além disso, todos os animais foram pesados, identificados, vacinados (Polistar, Vallée, Brazil) e desverminados com anti-helmíntico (Diantel®, Closantel, Hipra Animal Health, Brazil). Durante todo o experimento, a verminose foi monitorada a cada 15 dias pelo método OPG (ovos por grama de fezes), conforme técnica descrita por Gordon e Whitlock (1939).

Nos três anos experimentais, foram alocados 12 cordeiros por tratamento, utilizando-se o método de pastejo rotacionado e taxa de lotação fixa ($1144 \text{ kg PV ha}^{-1}$). O período de ocupação foi de três dias e 33 dias de descanso, totalizando 12 piquetes por subparcela (tratamento). As avaliações de desempenho foram realizadas em dois ciclos de pastejo, com duração de 36 e 33 dias no primeiro e segundo ciclo, respectivamente, totalizando 69 dias experimentais.

Os piquetes foram delimitados com cerca eletrificada de seis fios, totalizando 48 piquetes (12 piquetes para cada tratamento) de 9 m de largura e 25 m de comprimento (225 m^2) e os animais tiveram livre acesso à água em bebedouro coletivo com sistema de boia. Também

foram disponibilizados sombrites para maior conforto térmico dos animais nas horas mais quentes do dia. Nos três anos experimentais, a partir das 06:00 h os cordeiros eram alocados em seus respectivos piquetes e recolhidos às 16:30 h em um galpão coberto de 225 m² (15 × 15 m), com cortinas laterais e piso de terra batida forrado com casca de café, no qual os animais de cada tratamento foram alocados em baia coletiva de 25 m² (5,0 × 5,0 m), totalizando quatro baias. Após o recolhimento no final da tarde nas baias, os cordeiros foram suplementados com silagem do mesmo tratamento (C/G ou S/G) + concentrado e tiveram livre acesso a água em bebedouros com capacidade de 15 l, abastecidos e limpos diariamente. No segundo ciclo de pastejo, em função da menor disponibilidade de forragem, principalmente no terceiro dia de pastejo no piquete, 1/3 do suplemento foi fornecido durante o dia na pastagem e 2/3 do suplemento foi fornecido durante a noite no galpão coberto.

Nos dias 19 de agosto e 29 de setembro de 2014, 19 de agosto e 12 de setembro de 2015 e 19 de agosto e 12 de setembro de 2016, início e final do período experimental do primeiro, segundo e terceiro ano experimental, respectivamente, para a estimativa da composição química da dieta que os animais consumiram em pastejo, foram coletadas aproximadamente 500g de forragem por piquete segundo o método de simulação de pastejo ou “hand-plucking” (coleta manual da forragem, após prévia observação do hábito de pastejo dos animais) conforme proposto por Sollenberger e Cherney (1995). Posteriormente as amostras foram pesadas e colocadas em estufa de ventilação forçada a 55°C até peso constante e posteriormente moídas em moinho tipo Wiley em peneira com crivos de 1 mm, retornando à estufa por 12 horas a 105°C para determinação de matéria seca (MS; método 930.15) e determinação laboratorial dos teores de proteína bruta (PB; método 990.03), extrato etéreo (EE, método 920.39), matéria mineral (MM; método 942.05) e fibra em detergente ácido (FDA; método 935.70), descrita por AOAC (1995). O teor de fibra em detergente neutro (FDN) e lignina foi determinado conforme metodologia descrita por van Soest (1991) adaptado por Mertens (2002)

e a digestibilidade da matéria seca (DIVMS) foi realizada de acordo com técnicas descritas por Tilley e Terry (1963) adaptado utilizando equipamento ANKOM®. Os teores de nutrientes digestíveis totais (NDT) foram estimados pelo NRC (2001). As mesmas análises foram realizadas para a determinação da composição química das silagens (Tabela 2) e dietas experimentais.

A estimativa de ganho médio diário de 200g (NRC, 2007). A relação volumoso:concentrado (40:60) foi calculada com base na disponibilidade de forragem da pastagem e a qualidade da silagem produzida, levando em consideração o valor de NDT e a quantidade de grãos presente nas silagens (Tabela 2). Em todos os tratamentos, a pastagem representou aproximadamente 30% da ingestão de matéria seca. A quantidade remanescente foi fornecida na forma de silagem e concentrado, de acordo com a necessidade diária, permitindo 10% de sobras. A dieta dos cordeiros foi formulada utilizando o programa computacional Small Ruminant Nutrition System (SRNS) com base na estrutura do Cornell Net Carbohydrate and Protein System (2000) para ovinos. Os ingredientes e a composição nutricional das dietas fornecidas aos cordeiros durante o período experimental nos três anos experimentais se encontram na Tabela 3.

2.4. Amostragem e análises

2.4.1. Disponibilidade e altura para pastejo.

Nos três anos experimentais, foram realizadas amostragens para determinação da disponibilidade de forragem e altura de relvado adotando-se o seguinte manejo: antes da entrada dos cordeiros nos piquetes foram coletados dezesseis pontos de altura e 0,25 m² da forragem em dois pontos representativos de cada piquete com auxílio de um bastão graduado e moldura metálica, respectivamente. A forragem contida no interior da moldura foi ceifada rente ao solo com tesoura de poda. Posteriormente as amostras foram pesadas e colocadas em

estufa de ventilação forçada a 55°C até atingir peso constante, sendo os valores extrapolados para kg. ha⁻¹ de massa seca de forragem.

2.4.2. Desempenho dos cordeiros

A cada 14 dias, os cordeiros foram pesados individualmente em balança eletrônica móvel com gaiola retangular de 1,30 × 0,60 m para ajuste da quantidade de alimento a ser fornecido, bem como, para o acompanhamento do desempenho dos animais durante os ciclos de pastejo. Ao final do segundo ciclo de pastejo, realizou-se a última pesagem para obter o peso vivo final. O ganho médio diário foi calculado nos ciclos de pastejo, pela diferença entre o peso final no ciclo e o peso no primeiro dia do ciclo de pastejo, dividido pela quantidade de dias respectivos de cada ciclo (36 e 33 dias, respectivamente). O consumo médio diário (kg dia⁻¹) de suplemento (silagem + concentrado) foi calculado pela diferença entre o fornecido e a sobra, assim como o consumo médio diário durante os ciclos de pastejo em função dos dias de duração de cada ciclo. O consumo médio em relação ao peso corporal (%) por animal foi estimado por meio da relação consumo e ganho médio total, obtido pela diferença entre o peso vivo final e peso vivo inicial, multiplicando o resultado por 100.

2.4.3. Cinética ruminal

Para a avaliação da cinética ruminal *in vitro*, utilizou-se dois animais de cada tratamento (C/G e S/G), abatidos no abatedouro da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA/USP), Pirassununga, SP, Brasil. A análise foi realizada de acordo com a metodologia de Theodorou et al. (1994) e Mauricio et al. (1999), adaptado por Bueno et al. (2005).

Após o abate, para a obtenção dos inóculos, foram colhidas diretamente do rúmen as frações sólida e líquida (50% sólido: 50% líquido), acondicionadas em garrafas térmicas e sacos plásticos e levados imediatamente ao Laboratório de Fermentabilidade Ruminal da FZEA. Para processamento dos inóculos, foi realizada uma amostra composta das frações de dois animais de cada tratamento, batida em liquidificador insuflado com CO₂ por

aproximadamente 10 segundos. Após o preparo, a mistura foi filtrada em tecido de algodão e transferida para um erlenmeyer em banho-maria a 39°C e insuflado com CO₂, sendo esta operação repetida para cada um dos inóculos.

Para a determinação da produção de metano entérico, foram adicionados 25 mL do inóculo + 50 mL de solução (solução tampão, solução de macro e microminerais, solução rezasurim, meio B e água destilada) em cada frasco de 160 mL, contendo 0,5 g da dieta (30% forragem e 70% suplemento), sendo realizadas medições utilizando-se um transdutor e um datalogger (PressData 800) a cada 3 horas em um período de 24 horas. Foram coletados os gases para mensuração da produção de metano de cada tratamento e transferidos para tubos de coleta a vácuo onde foi obtido o acúmulo de 24 horas de fermentação e a mensuração foi realizada utilizando o cromatógrafo em fase gasosa (GC-2014, Shimadzu, Japão).

Para a determinação da produção acumulativa de gases, foram adicionados 10 mL do inóculo + 90 mL da solução (solução tampão, solução de macro e microminerais, solução rezasurim, meio B e água destilada) em cada frasco de 160 mL, contendo 1 g da dieta (30% forragem e 70% suplemento), sendo realizadas as medições utilizando-se um transdutor e um datalogger (PressData 800), registrada após 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 30, 36, 48, 60, 72 e 96 horas de incubação. O modelo matemático utilizado para expressar a cinética fermentativa foi o de France et al. (1993).

A degradabilidade *in vitro* da matéria seca e matéria orgânica foi determinada após 24 e 96 horas de incubação pela recuperação da fração não degradada, utilizando filtração do resíduo de acordo com a técnica descrita por Bueno et al. (2005; 2008). Para determinação do N-amoniacal (N-NH₃) nos tempos de 24 e 96 horas foram coletados 2 mL de líquido dos frascos sendo posteriormente adicionados 1 mL de ácido sulfúrico (1N), essa concentração foi determinada por colorimetria segundo método descrito por Weatherburn (1967).

As concentrações de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) no fluido ruminal foram medidas por cromatografia em fase gasosa (GC-2014, Shimadzu, Japão), através de uma coluna capilar (Stabilwax®, Restek, EUA) a 145°C (isotérmica) e um injetor split/splitless e detector dual FID a 250°C, utilizando o método descrito por Erwin et al. (1961), adaptado por Getachew et al. (2002). Hélio foi utilizado como gás de arraste, o ar sintético como comburente e o hidrogênio como combustível. As amostras foram descongeladas a temperatura ambiente e centrifugadas a $14500 \times g$ durante 10 min. O sobrenadante (800 μ l) foi transferido para um frasco seco e limpo com 200 μ l de ácido fórmico 98-100% PA ACS e 100 μ l do padrão interno (ácido 2-etil-butírico 100 mM, Chemservice, USA). O padrão externo foi preparado com ácidos acético, propiônico, isobutírico, butírico, isovalérico e valérico (Chemservice, USA). O software GCSolution® (Shimadzu, Japão) foi utilizado para os cálculos.

2.5. Avaliação econômica

Os custos operacionais totais foram estimados de acordo com a estrutura do custo operacional de produção utilizada pelo Instituto de Economia Agrícola (IEA), proposta por Matsunaga et al. (1976), utilizando os coeficientes técnicos (insumos e operações) extrapolados para 1 ha e ajustados de acordo com os preços de mercado no estado de São Paulo, Brasil. A receita foi calculada com base no peso médio de carcaça fria de cordeiros em kg ha^{-1} de cada tratamento, utilizando o preço médio nacional dos últimos 5 anos (Cepea, 2018). A margem de contribuição foi calculada segundo Santos et al. (2008), por meio da receita menos os custos operacionais totais. Ainda reportou-se ao ponto de nivelamento da produção, caracterizado pela capacidade mínima de produção para cobertura dos custos operacionais totais (Martin et al., 1998).

2.6. Design experimental e análise estatística

Todos os dados foram distribuídos normalmente ($W \geq 0,90$) e analisados utilizando o procedimento PROC MIXED na aproximação SAS (SAS, 2015. Inst. Inc., Cary, NC) para um

delineamento fatorial 2 x 2 (dois tipos de silagem e dois métodos de sobressemeadura). A unidade experimental foi o animal para as variáveis desempenho e produção de gases, e para a massa de forragem e altura de relvado, os piquetes (subparcelas) foram considerados como unidade experimental. Os sistemas de produção de silagem, as modalidades de sobressemeadura da aveia preta, os ciclos de pastejo, os anos experimentais e suas interações foram considerados um efeito fixo. Foi utilizado um ensaio repetido, com os ciclos de pastejo especificados como a variável repetida. Os animais ou o paddock (sistemas de produção de silagem × modalidades de sobressemeadura da aveia preta × ciclos de pastejo × anos experimentais) foram um efeito aleatório. A estrutura de covariância utilizada nas análises foi autorregressiva, o que proporcionou o melhor ajuste de acordo com o critério de informação Akaike. Os resultados foram relatados como médias de mínimos quadrados e separados por comparações pré-planeadas em pares (PDIFF). As separações médias foram realizadas utilizando testes LSD. As diferenças entre os tratamentos foram consideradas significativas em $P \leq 0,05$ e discutidos como efeitos principais se nenhuma interação foi significativa ou de acordo com a interação de ordem mais alta detectada.

3. Resultados

3.1. Condições climáticas

No primeiro ano experimental (2013/2014), a precipitação de 754 mm foi 44% menor que a média histórica (1359 mm) e a temperatura média anual de 22,5 °C foi similar a média histórica (20,7 °C). No segundo (2014/2015) e terceiro (2015/2016) ano experimental, as precipitações de 1776 e 1969 mm foram 30% e 44% maiores, respectivamente, que a média histórica e as temperaturas média anuais foram similares, 21,1 e 20,1°C, respectivamente. No período que corresponde a sobressemeadura da aveia preta para formação de pastagem de inverno, a precipitação pluvial para o primeiro, segundo e terceiro ano foi de 86, 174 e 168

mm, respectivamente. Após a formação da pastagem de aveia preta, ocorreram chuvas de 133, 360 e 86 mm no primeiro, segundo e terceiro ano, respectivamente.

3.2. Disponibilidade de forragem e altura de relvado

A sobressemeadura da aveia preta na área de consórcio C/G proporcionou cerca de 40% de aumento ($P < 0.0001$) na disponibilidade de forragem (DF) para pastejo (kg MS ha^{-1}) e altura de relvado (Tabela 4) comparado a área S/G. No entanto, no segundo ciclo de pastejo, independente da área de consórcio em que a aveia foi semeada, houve redução da DF e da altura de relvado ($P < 0.0001$), provavelmente em virtude do manejo de pastagem adotado com taxa de lotação fixa.

As diferenças nas condições climáticas entre os anos experimentais, principalmente em relação à precipitação pluvial (Tabela 1), influenciaram no desenvolvimento da pastagem de inverno, visto que houve interação dos anos experimentais (2013/2014, 2014/2015, 2015/2016) com o tipo de consórcio (C/G e S/G; $P = 0.0001$) e com o ciclo de pastejo (C1 e C2; $P < 0.0001$) sobre a DF para pastejo (Figura 1). Em relação às áreas em que a aveia preta foi sobressemeada, observou-se diferença na DF para pastejo no segundo e terceiro ano experimental (Fig. 1; a), sendo mais acentuada no terceiro ano, com média de 5024 e 2896 kg MS ha^{-1} nas áreas onde foram realizados os consórcios C/G e S/G, respectivamente. O mesmo pode ser observado entre os ciclos de pastejo, com menor DF no segundo ciclo, apenas no segundo e terceiro ano experimental (Fig. 1; b).

3.3. Desempenho dos cordeiros

Não houve diferença no ganho de peso dos animais ao final do experimento, assim como no ganho médio diário e conversão alimentar (Tabela 5). Porém, os cordeiros alimentados com silagem de milho S/G apresentaram maior consumo diário de massa seca (kg dia^{-1}) em relação aos alimentados com silagem de milho C/G ($P = 0.002$). Comparando-se o desempenho dos animais entre os ciclos de pastejo, o ganho médio diário, o consumo de massa

seca e a conversão alimentar foram superiores ($P = 0.0001$) no segundo ciclo (Tabela 6), com médias de $0,254 \text{ kg dia}^{-1}$, $0,992 \text{ kg MS}^{-1}$ e $4,37 \text{ kg MS}$, respectivamente.

Houve interação do ciclo de pastejo com o tipo de silagem (C/G, S/G) utilizada na dieta ($P = 0.04$) e com os dias de permanência ($P = 0.0001$) em cada piquete (D1, D2, D3) sobre o consumo de massa seca (Tabela 6). O consumo foi superior quando utilizado a silagem de milho S/G na dieta dos animais, apenas no segundo ciclo de pastejo. A diferença no consumo entre os dias de permanência em cada piquete também pode ser observada apenas no segundo ciclo, com maior consumo no último dia de pastejo (D3), provavelmente devido a menor DF. Observou-se, também no segundo ciclo, variação no consumo de massa seca e conversão alimentar entre os anos experimentais, sendo estes superiores no segundo, seguido do primeiro e terceiro ano.

3.4. Cinética ruminal

A produção total de gases (A), $t_{1/2}$, *lag time* e metano produzidos no processo de fermentação *in vitro*, bem como a produção acumulada de gases (PG, $\text{ml. g}^{-1} \text{ MS}$) e degradabilidade da matéria seca (% MSD), não apresentaram efeito da dieta (Tabela 7), independente do período de incubação (24 e 96h). A degradabilidade da matéria orgânica (% MOD), no entanto, variou em relação a dieta apenas para o período de 24h (MOD 24h), sendo maior quando utilizado a silagem de milho S/G. As dietas não tiveram influência sobre a produção de N-NH_3 e a concentração molar parcial ($\text{mmol, g}^{-1} \text{ MSD}$) dos ácidos graxos de cadeia curta para os períodos de incubação de 24 e 96 horas (Tabela 8).

3.5. Avaliação econômica

O ganho de carcaça fria e a receita obtida (Tabela 9) com a venda das carcaças dos cordeiros terminados em semi-confinamento não diferiram ($P > 0,05$) entre os sistemas integrados propostos (C/G e S/G). Porém, a utilização da silagem de milho C/G na dieta dos cordeiros, proporcionou menor custo de produção, e conseqüentemente, maior margem de

contribuição. Além disso, o consórcio de milho, capim-marandu e feijão guandu, resultou maior retorno econômico com silagem extra e menor ponto de nivelamento de produção de carcaça fria por hectare. Na avaliação dos três anos experimentais, o segundo ano (2015) apresentou o maior custo de produção, com menor margem de contribuição e o menor retorno com silagem extra.

4. Discussão

4.1. Condições climáticas

A ausência de chuvas antes da semeadura no primeiro ano experimental (2013/2014) afetou a germinação da aveia preta. As chuvas ocorreram somente 17 dias após a semeadura, considerado um volume baixo segundo Ferreira et al. (1991), os quais concluíram que a demanda hídrica da aveia preta para o período de desenvolvimento inicial (1 a 10 dias) é de 1 mm dia⁻¹.

Nos demais anos experimentais, o volume de chuvas foi considerado suficiente para o desenvolvimento da cultura sem estresse hídrico (Ferreira et al., 1991). No segundo ano experimental (2014/2015), a precipitação de 36,3 mm três dias antes da semeadura proporcionou melhores condições do solo para a incorporação das sementes. Além disso, um dia e dez dias após a semeadura a precipitação foi de 1 mm e 34,4 mm, respectivamente. Da mesma forma, as chuvas no terceiro ano (2015/2016) favoreceram o desenvolvimento inicial da aveia, a qual ocorreu 12 dias após a semeadura (13 mm).

4.2. Disponibilidade de forragem e altura de relvado

Em rotação de culturas agrícolas, como ocorre no SIPA, a participação da leguminosa pode beneficiar a cultura subsequente (Oliveira et al., 2011), por meio de melhorias nas condições do solo. Práticas agrícolas em que os resíduos da leguminosa em consórcio com gramíneas são retidos após a colheita do material para a alimentação animal, apresentam grande

impacto sobre os benefícios subsequentes de fixação de nitrogênio (N) para as culturas seguintes e também para o balanço de N no sistema (Kluthkouski and Yokoyama, 2003; Flavel and Murphy, 2006; Adu-Gyamfi et al., 2007). Em concordância, a DF para pastejo observada nas áreas em que foi realizado o consórcio do milho com o capim-marandu e feijão guandu evidenciam o benefício da leguminosa sobre a pastagem de aveia preta sobressemeada.

A produtividade da aveia preta mostrou-se dentro do intervalo médio (Tabela 5) encontrado na literatura consultada, de 3000 a 12000 kg MS ha⁻¹ (Primavesi et al., 2004; Bortolini et al., 2005; Pin et al., 2011), variação que ocorre devido as diferentes regiões, condições climáticas e sistemas de produção em que os estudos foram conduzidos. Esse resultado mostra que o método de sobressemeadura a lanço, sem a utilização de semeadora-adubadora de sementes miúdas para sistema de plantio direto, pode ser utilizado sem interferir nos aspectos produtivos da aveia.

A menor DF observada no segundo ciclo de pastejo (Tabela 4), em virtude do manejo da pastagem, provavelmente está relacionada à perda de vigor na rebrotação da aveia, atribuído à eliminação do meristema apical pelo pastejo dos animais, devido ao alongamento do caule provocado pelo florescimento, resultado também observado por outros autores (Bortolini et al., 2005; Moreira et al., 2007; Pariz et al., 2017b), além da baixa e irregular precipitação no período (Tabela 1).

As condições climáticas desfavoráveis no primeiro ano experimental (Tabela 1) interferiram no desenvolvimento da aveia preta, proporcionando menor massa de forragem para pastejo (Tabela 4). A ausência de chuvas antes da semeadura dificultou a incorporação das sementes no solo, prejudicando a germinação da aveia, além de tornar as sementes mais propensas ao ataque por pássaros. Desta forma, o fato de não ter apresentado diferença na DF entre as áreas de consórcio C/G e S/G, apenas no primeiro ano experimental (Fig. 1; a), pode ser atribuído as condições climáticas desfavoráveis, e a ausência do efeito da leguminosa em

curto prazo, visto que os resultados observados no segundo e terceiro ano evidenciam os benefícios do feijão guandu sobre a pastagem.

Segundo Franke et al. (2018), apesar de haver aumento na produtividade logo após o primeiro ciclo de rotação, o número de estudos que relataram vários ciclos rotacionais de leguminosas e cereais são muito pequenos para observar os benefícios da incorporação da leguminosa sobre a produção em culturas subsequentes ao longo do tempo. No presente estudo a diferença na DF entre as áreas de consórcio tornou-se mais acentuada no terceiro ano experimental, sugerindo possível aumento do efeito residual a longo prazo do feijão guandu sobre o solo. Sendo assim, pode-se dizer que as leguminosas podem constituir um componente importante no manejo da fertilidade do solo no SIPA e aumentar a produtividade, além dos benefícios do N no sistema (Vanlauwe et al., 2010, Vanlauwe et al., 2015; Franke et al., 2018).

4.3. Desempenho dos cordeiros

De acordo com Carvalho et al. (2009), a estrutura ideal de pastejo para ovinos é aquela que permite que a captura de forragem pelo bocado seja otimizada. No caso da pastagem de aveia, o desempenho dos animais é otimizado em alturas entre 25 e 30 cm no pré-pastejo (Primavesi et al., 2000; Lopes et al., 2008). Segundo Lopes et al. (2008), maiores alturas podem comprometer o ganho de peso dos animais devido ao menor consumo de forragem, em virtude do aumento no tempo dispendido para procura e apreensão da forragem disponível, além da possibilidade de ocorrer o acamamento dos perfilhos com a entrada dos animais na área (Gouveia et al., 2017). Em concordância, Palhano et al. (2007) observaram que em condições de elevada oferta de forragem, a eficiência do processo de pastejo foi limitada pela dificuldade de apreensão das lâminas foliares. Nesse contexto, mesmo com a maior DF no segundo ano (2014/2015) em comparação ao primeiro ano experimental (2013/2014), a elevada altura de relvado (Tabela 4) pode ter sido uma das causas do aumento no consumo de suplemento e

melhor conversão alimentar (Tabela 6), em decorrência da menor ingestão de forragem no período.

A relação consumo e disponibilidade de forragem para pastejo são determinantes para a suplementação, quando a massa ou qualidade de forragem tornam-se fator limitante (Zhang et al., 2014). A DF para pastejo foi a principal responsável pela diferença observada no consumo de suplemento e conversão alimentar no presente estudo. O maior consumo observado pelos animais alimentados com silagem de milho S/G (Tabela 5) em resposta a oferta de forragem limitante, supriu as necessidades nutricionais que não foram atendidas pela pastagem, promovendo ganho de peso similar aos animais alimentados com silagem de milho C/G. Isso demonstra que a suplementação pode ser uma estratégia benéfica para otimizar o desempenho dos animais que não consomem energia suficiente no pasto (Zhang et al., 2014).

Para expressar o máximo potencial produtivo para a característica de ganho de peso é necessário que as exigências nutricionais do animal sejam atendidas. Portanto, no segundo ciclo de pastejo (Tabela 6), quando a oferta de forragem foi reduzida, o aumento do consumo de suplemento principalmente no último dia de permanência nos piquetes (D3), justifica o maior ganho de peso observado no ciclo.

Nesse sentido, pode-se inferir quem em condições não irrigadas, como no caso do presente experimento, devido às condições desfavoráveis ao desenvolvimento das plantas forrageiras no final do período seco do ano, especialmente nos meses de agosto e setembro, a suplementação constitui estratégia fundamental quando se deseja manter o ritmo de desenvolvimento para terminação dos animais em SIPA.

4.4. Cinética ruminal

Apesar da degradabilidade da matéria orgânica no período de 24h (MOD 24h) de incubação ter apresentado diferença entre as dietas (Tabela 7), com média de 66,6 e 61,1% para a dieta contendo silagem S/G e C/G respectivamente, não foi possível observar diferença para

o fator de partição (FP, mg MOD/ml), medida que correlaciona o desaparecimento do substrato e a produção cumulativa de gases. No presente estudo, o FP mostrou-se dentro da amplitude estimada por Makkar (2004), que varia de 2,74 a 4,41 sendo que, qualquer valor acima ou abaixo desse alcance, deve ser criticamente avaliado.

A ausência de efeito das dietas sobre a concentração de $N-NH_3$ (Tabela 8) no processo de fermentação *in vitro*, provavelmente está associado a hipótese de que não tenha havido diferença na degradabilidade da proteína entre as dietas, bem como na absorção por bactérias celulolíticas, visto que a amônia é a fonte de nitrogênio mais importante para esse grupo (Hungate, 1966). Isso porque, diferente da fermentação ruminal que ocorre no trato gastrointestinal do animal, como não há reciclagem por meio do metabolismo endógeno ou absorção de NH_3 no processo de fermentação *in vitro*, a quantidade de amônia presente no ambiente é resultante da degradação do substrato, morte bacteriana (liberação de amônia) e a utilização pelos microrganismos (Getachew et al., 2000).

A produção de ácidos graxos de cadeia curta varia conforme o tempo de incubação e o tipo de alimento, sendo este fenômeno importante para compreender as variações observadas nas produções de gases. A proporção de ácido acético e propiônico está associada a eficiência energética e, conseqüentemente, ao potencial de produção de metano das dietas, sendo que quanto menor a relação, menor a emissão de GEE. A relação dos ácidos acético:propiônico no presente estudo foi de 1,63 e 1,68 para as dietas contendo silagem de milho C/G e S/G, respectivamente, considerada uma baixa relação e sugerindo menor potencial de produção de metano em comparação a literatura consultada (Passini et al., 2003; Getachew et al. 2005; Homem Junior et al., 2010; Witzig et al., 2018).

Segundo o MCT (2010), quanto maior o consumo de alimento, maior será a emissão de metano pelo animal e quanto melhor a qualidade desta dieta, menor a produção de metano por unidade de alimento ingerido. Nesse contexto, pode-se dizer que as dietas avaliadas

apresentaram qualidade semelhante, visto que não houve diferença na produção de gases por unidade de MSD, no entanto, o maior consumo de matéria seca (Tabela 5) observado pelos animais alimentados com silagem de milho S/G sugere maior emissão de metano por animal quando comparado aos animais alimentados com silagem de milho C/G.

Entretanto, em meta-análise sobre as estratégias de mitigação de metano entérico, Veneman et al. (2016), encontraram variação entre 6 e 25% no potencial de redução de metano entre as estratégias identificadas como eficazes e, segundo os autores, a avaliação da eficácia de diferentes estratégias de mitigação deve ser comparada com a intensidade do metano, expressa em uma unidade de produto (leite, ganho de peso vivo, lã ou carne). Desta forma é possível compreender melhor a heterogeneidade nos resultados de mitigação de metano e a aplicabilidade das estratégias. No presente estudo, a produção de metano entérico expresso em quilograma de carne produzida não variou entre as dietas avaliadas, produzindo em média 75,18 mL de metano kg^{-1} de carne (Tabela 7). De acordo com Veneman et al. (2016), os dados sobre esses parâmetros ainda são muito limitados, principalmente em estudos com pequenos ruminantes.

4.5. Avaliação econômica

Os alimentos concentrados utilizados na suplementação animal, apresentam custos mais elevados quando comparado as pastagens cultivadas e, por isso, seu consumo pode determinar maior ou menor retorno econômico da atividade. No presente estudo, a menor DF (Tabela 4) nas áreas em que foi realizado o consórcio de milho com capim-marandu (S/G), proporcionou efeito de substituição da forragem pelo suplemento (silagem + concentrado), encarecendo o sistema de terminação dos cordeiros em semi-confinamento (Tabela 9).

Independentemente do tipo de consórcio realizado, no segundo ano do estudo também pode ser observado maior consumo de suplemento, principalmente no segundo ciclo de pastejo (Tabela 6), resultando em maior custo de produção em relação aos demais anos avaliados

(Tabela 9). Porém, o decréscimo de ingestão de forragem foi consequência da elevada altura de relvado na entrada dos animais na área para pastejo (Tabela 4), o que mostra a importância do manejo das pastagens sobre a rentabilidade do sistema de terminação de cordeiros em semi-confinamento.

O custo operacional médio por hectare para a produção de silagem e formação de pastagem de inverno em SIPA foram de R\$ 3839,08 e R\$ 4193,28 para o consórcio de milho com capim-marandu (S/G) e o consórcio milho com capim-marandu e feijão guandu (C/G), sendo esses valores próximos aos custos estimados no Brasil, para recuperação de pastagens degradadas utilizando cultivares de *U. brizantha* (Anualpec, 2016). Esses resultados evidenciam a viabilidade da adoção do SIPA, uma vez que o sistema fornece alimento concentrado/volumoso de qualidade para a produção animal e ainda auxilia na recuperação de pastagens degradadas.

Em concordância, Pariz et al. (2017b) encontraram melhores resultados econômicos na terminação de cordeiros em semi-confinamento utilizando silagem de milho em consórcio com *U. brizantha* e sobressemeadura de aveia amarela em comparação a silagem exclusiva de milho. Outros estudos também encontraram resultados econômicos positivos utilizando SIPA para milho em consórcio com *U. brizantha* (Pariz et al., 2009; Crusciol et al., 2012; Crusciol et al., 2014). Contudo, apesar da evolução científica sobre os benefícios do SIPA, a adoção do sistema no Brasil ainda é baixa (Balbino et al., 2011), devido a restrições relacionadas a recursos financeiros, falta de infraestrutura, mão de obra especializada e complexidade do sistema (Dias-Filho, Ferreira, 2008; Macedo, 2009; Euclides et al., 2010).

5. Conclusão

O consórcio do milho com capim-marandu e feijão guandu proporciona volumoso de qualidade para a produção animal e benefício para a cultura da aveia, proporcionando menor

emissão de gases de efeito estufa entérico por animal e melhor retorno econômico na terminação de cordeiros em semi-confinamento.

O método de sobressemeadura a lanço, com posterior incorporação das sementes com gradagem leve, em áreas de sistema integrado de produção agropecuária pode ser utilizado como método alternativo à sobressemeadura em linha, quando não se dispõe de semeadora-adubadora para sementes miúdas, sem interferir na produtividade da aveia e desempenho animal.

Referências

- Adami, P. F. and C. S. R. Pitta. 2012. Pastagem e bovinocultura de leite. Instituto Federal do Paraná, Curitiba, PR. 80p.
- Adu-Gyamfi, J.J., F. A. Myaka, W.D. Sakala, R. Odgaard, J.M. Vesterager and H. Hogh-Jensen. 2007. Biological nitrogen fixation and nitrogen and phosphorus budgets in farmer-managed intercrops of maize–pigeon pea in semi-arid southern and eastern Africa. *Plant and Soil*, 295:127-136. <https://doi.org/10.1007/s11104-007-9270-0>
- Alvares, C. A., J. L. Stape, P. C. Sentelhas, J. L. M. Gonçalves, and G. Sparovek. 2013. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorol. Zeitschrift*, 22(6):711-728. doi:10.1127/0941-2948/2013/0507
- Anualpec, 2016. Anuário da Pecuária Brasileira. Instituto FNP, São Paulo, São Paulo.
- AOAC. 1995. Official Methods of Analysis. 15th ed. Assoc. Off. Anal. Chem., Washington, DC.
- Balbino, L.C., Cordeiro, L.A.M., Porfírio-da-Silva, V., Moraes, A., Martínez, G.B., Alvarenga, R.C., Kichel, A.N., Fontaneli, R.S., Santos, H.P., Franchini, J.C., Galerani, P.R., 2011. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-

- pecuária-floresta no Brasil. *Pesq. Agrop. Bras.*, 46(10), 1-12.
- <https://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2011001000001>
- Bell, L.W., A.D. Moore and J. A. Kirkegaard. 2014. Evolution in crop–livestock integration systems that improve farm productivity and environmental performance in Australia. *Eur. J. Agron.*, 57:10-20. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2013.04.007>
- Bortolini, P. C., A. Moraes, and P. C. F. Carvalho. 2005. Produção de forragem e de grãos de aveia branca sob pastejo. *Rev. Bras. Zootec.*, 34(6):2192-2199. doi: 10.1590/S1516-35982005000700005.
- Bueno, I. C. S., S. L. S. Cabral Filho, S. P. Gobbo, H. Louvandini, D. M. S. S. Vitti, and A. L. Abdalla. 2005. Influence of inoculum source in a gas production method. *Anim. Feed Scie. Tech.*, 123–124:95–105. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2005.05.003
- Bueno, I. C. S., D. M. S. S. Vitti, H. Louvandini, and A. L. Abdalla. 2008. A new approach for in vitro bioassay to measure tannin biological effects based on a gas production technique. *Anim. Feed Scie. Tech.*, 41:153-170. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2007.04.011
- Cantarella, H., B. Van Raij, and C. E. O. Camargo. 1997. Cereais. In: B. Van Raij, H., Cantarella, J. A. Quaggio, e A. M. C. Furlani, editor, *Boletim Técnico 100: Recomendação de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo*. 2.ed. Instituto Agrônômico, IAC, Campinas, SP. p.43-71.
- Carvalho, J.L.N., G.S. Raucci, L.A. Frazão, C.E.P. Cerri, M. Bernoux and C.C. Cerri. 2014. Crop-pasture rotation: a strategy to reduce soil greenhouse gas emissions in the Brazilian Cerrado. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 183:167-175.
- <https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.11.014>
- Carvalho, P.C.F., S. Macari, L. Oliveira, S.J. Souza, Jr., C.H.E.C. Poli, F. Jochins, C.E Pinto, C. Bremm, A.L.G. Monteiro, H.V.L. Piazzetta and V. Fischer. 2009. Desafios da busca e da apreensão da forragem pelos ovinos em pastejo: construindo estruturas de pasto que

- otimizem a ingestão. In IV Simpósio Internacional sobre Caprinos e Ovinos de corte. João Pessoa, 2009. CD-ROM
- Cepagri – Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura. 2013. UNICAMP, Campinas, SP. (https://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_086.html)
- Cepea – Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. Departamento de Economia, Administração e Sociologia da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP. (<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/indicador/ovinos.aspx>)
- Crusciol, C.A.C., Mateus, G.P., Nascente, A.S., Martins, P.O., Borghi, E., Pariz, C.M., 2012. An innovative crop-forage intercrop system: early cycle soybean cultivars and palisade grass. *Agron. J.*, 104, 1085-1095. <https://doi.org/10.2134/agronj2012.0002>
- Crusciol, C.A.C., Nascente, A.S., Mateus, G.P., Pariz, C.M., Martins, P.O., Borghi, E., 2014. Intercropping soybean and palisade grass for enhanced land use efficiency and revenue in a no till system. *Eur. J. Agron.*, 58, pp. 53-62. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2014.05.001>
- Dias-Filho, M.B. and J.N. Ferreira. 2008. Influência do pastejo na biodiversidade do ecossistema da pastagem. In: Pereira, O. G.; Obeid, J. A.; Fonseca, D. M. da; Nascimento Júnior, D. do. (Ed.). Simpósio sobre manejo estratégico da pastagem. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2008, p. 47-74. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2903.1525>
- Dias-Filho, M. B. 2014. Diagnóstico das pastagens no Brasil. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 36 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 402).
- Erwin, E.S., G. J. Marco, and E. M. Emery. 1961. Volatile fatty acid analyses of blood and rumen fluid by gas chromatography. *J. Dairy Sci.*, 44(9):1768-1771. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(61)89956-6

- Euclides, V.P.B., Valle, C.B., Macedo, M.C.M., Almeida, R.G., Montagner, D.B., Barbosa, R.A., 2010. Brazilian scientific progress in pasture research during the first decade of XXI century. *Rev. Bras. Zootec.* 39, suppl.spe, 151–168. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010001300018>.
- Fancelli, A. L. and D. Dourado Neto. 2000. *Produção de Milho*. Ed. Agropecuária, Guaíba. 360 p.
- Fernandes, P.C.C., S.S.F. Chaves, D.R Freitas, A.V. Silva, A. Silveira Filho, & L.W.R. Alves. (2010). Meta Análise Quantitativa da Produção Bibliográfica dos Sistemas de Integração Agropecuários. In: Workshop integração lavoura-pecuária-floresta em rondônia, 1., 2010, Porto Velho. Resumos expandidos... Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2010. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/31571/1/Meta-Ana769lise-Paulo.pdf>
- Ferreira, E. J., S. Bernardo, G. C. Sedyama, D. Nascimento Junior, D., and A. A. Soares. 1991. Evapotranspiration (ETc) and crop coefficient (kc) of irrigated black oats (*Avena strigosa*, Schreb). *Revista Ceres*, 38(215):25-35.
- Figueiredo, E.B., S. Jayasundara, R.O. Bordonal, T.T. Berchielli, R.A. Reis, C. Wagner-Riddle and N. La Scala, Jr. 2017. Greenhouse gas balance and carbon footprint of beef cattle in three contrasting pasture-management systems in Brazil. *J. Clean. Prod.*, 142:420-431. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.03.132>
- Flavel, T.C. and D.V. Murphy. 2006. Carbon and nitrogen mineralization rates after application of organic amendments to soil. *J. Environ. Qual.*, 35:183-193. <http://doi.org/10.2134/jeq2005.0022>
- France, J., M. S. Dhanoa, M. K. Theodorou. 1993. A model to interpret gas accumulation profiles with "in vitro" degradation of ruminant feeds. *J. Theoretical Biol.*, 163:99-111. doi: 10.1006/jtbi.1993.1109

- Franke, A.C., G.J. van den Brand, B. Vanlauwe and K.E. Giller. 2018. Sustainable intensification through rotations with grain legumes in Sub-Saharan Africa: A review. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 261:172-185. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.09.029>
- Gordon H.M. and H.V.A., Whitlock. 1939. A new technique for counting nematode eggs in sheep faeces. *J. Counc Sci. Ind. Res., Australia*, 12:50-52.
- Getachew, G., H. P. Makkar, and K. Becker. 2000. Effects of polyethylene glycol on in vitro digestibility on nitrogen and microbial protein synthesis from tannin-rich browse and herbaceous legumes. *British J. Nut.*, 84:73-83. doi:10.1017/S0007114500001252
- Getachew, G., G. M. Groveto, M. Fondevila, U. Krishnamoorthy, B. Singh, m. Spanghero, H. Steingass, P. H. Robinson, and M. M. Kailas. 2002. Laboratory variation of 24h in vitro gas production and estimated metabolizable energy of ruminant feeds. *Anim. Feed Sci. Tech.*, 102:169-180. doi: 10.1016/S0377-8401(02)00212-2
- Getachew, G., P. H. Robinson, E. J. Depeters, S. J. Taylor, D. D. Gisi, G. E. Higginbotham, and T. J. Riordan. 2005. Methane production from commercial dairy rations estimated using a in vitro gas technique. *Anim. Feed Sci. Tec.*, 123:391-402. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2005.04.056
- Gouveia, F.S., D.M. Fonseca, M.E.R. Santos, V.M. Gomes and A.N. Carvalho. 2017. Altura inicial e período de diferimento em pastos de capim-braquiária. *Cien. Ani. Bras.*, 18:e43744. <http://dx.doi.org/10.1590/1089-6891v18e-43744>
- Homem Junior, A. C., J. M. B. Ezequiel, V. R. Fávaro, P. S. N. Oliveira, A. P. D'aurea, V. C. Santos, and J. S. Gonçalves. 2010. Fermentação ruminal de ovinos alimentados com alto concentrado e grãos de girassol ou gordura protegida. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 62:144-153. doi:10.1590/S0102-09352010000100020.
- Hungate, R. E. 1966. The rumen and its microbes. Academic Press, New York, NY. p.533.

- Kluthcouski, J. and L.P. Yokoyama. 2003. Opções de integração lavoura-pecuária. In Kluthcouski, J., L. F. Stone and H. Aida (Ed.). Integração lavoura-pecuária. 1.ed. Santo Antônio de Goiás, GO: Embrapa, 131-141.
- Lopes, M.L.T., P.C.F. Carvalho, I. Anghinoni, D.T. Santos, F. Kuss, F.K. Freitas and J.P.C. Flores. 2008. Sistema de integração lavoura-pecuária: desempenho e qualidade de carcaça de novilhos superprecoces terminados em pastagem de aveia e azevém manejada sob diferentes alturas. *Ciência Rural*, 38:178-184. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782008000100029>
- Macedo, M.C.M., 2009. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. *R. Bras. Zootec.*, 38, 133146. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982009001300015>
- Makkar, H. P. S. Recent advances *in vitro* gas method for evaluation of nutritional quality of feed resources. Itália: FAO, 2004. Disponível em: <http://www.fao.org/DOCREP/ARTICLE/AGRIPPA/570_en_toc.htm>. Acesso em: 10 fev. 2019.
- Martin, N. B.; Oliveira, M. D. M.; Ângelo, J. A.; Okawa, H., 1998. Sistema integrado de custos agropecuários. *Custragri. Informações econômicas*, São Paulo, 28,7-28.
- Matsunaga, M., Bemelmans, P.F., Toledo, P.E.N., Dulley, R.D., Okawa, H., Pedroso, L.A., 1976. Metodologia de custo de produção utilizada pelo IEA. *Agricultura em São Paulo*, 23, 123-139.
- Mauricio, R., F. L. Mould, M. S. Dhanoa, E. Owen, K. S. Channa, and M. K. Theodorou. 1999. A semi-automated *in vitro* gas production technique for ruminant feedstuff evaluation. *Anim. Feed Scie. Tech.*, 79(4): 321-330. doi: 10.1016/S0377-8401(99)00033-4
- MCT - Ministério da Ciência e Tecnologia. Relatório de referência para o Inventário nacional de emissão de gases de efeito estufa por atividades agrícolas: emissão de metano proveniente da pecuária no Brasil. Brasília, 2010.

- Mertens, D.R. 2002. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: collaborative study. *J. AOAC Int.*, 85:1217-1240.
- Moraes, A., P.C.F. Carvalho, I. Anghinoni, S.B.C. Lustosa, S.E.V.G.A. Costa and T.R. Kunrath. 2014. Integrated crop-livestock systems in the Brazilian subtropics. *Eur. J. Agron.*, 57:4-9. [http://doi.org/ 10.1016/j.eja.2013.10.004](http://doi.org/10.1016/j.eja.2013.10.004)
- Moreira, A. L., R. A. Reis, A. C. Ruggieri, and A. J. Saran Junior. 2007. Avaliação de forrageiras de inverno irrigadas sob pastejo. *Ciênc. agrotec.*, 31(6):1838-1844. doi:10.1590/S1413-70542007000600035
- NRC. 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. 7th. rev. ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC.
- NRC. 2007. Nutrient requirements of small ruminants. Natl. Acad. Press, Washington, DC.
- Oliveira, P., J. Kluthcouski,, J. L. Favarin, D. C. Santos. 2011. Consórcio de milho com braquiária e guandu-anão em sistema de dessecação parcial. *Pesq. Agropec. Bras.*,46(1):1184-1192. doi: 10.1590/S0100-204X2011001000010
- Palhano, A.L., P.C.F. Carvalho, J.R. Dittrich, A.Moraes, S.C. Silva and A.L.G Monteiro. 2007. Características do processo de ingestão de forragem por novilhas holandesas em pastagens de capim-mombaça. *R. Bras. Zootec.*, 36(4):1014-1021. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982007000500005>.
- Passini, R., P. H. M. Rodrigues, A. L. Castro, and A. C. Silveira. 2003. Parâmetros de fermentação ruminal em bovinos alimentados com grãos de milho ou sorgo de alta umidade ensilados. *R. Bras. Zootec.*, 32(5):1266-1274. doi:10.1590/S1516-35982003000500030.
- Pariz, C. M., M. Andreotti, M. A. A. Tarsitano, M.A.A., A. F. Bergamaschine, S. Buzetti, and C. A. Chioderolli. 2009. Desempenhos técnicos e econômicos da consorciação de milho

- com forrageiras dos gêneros *Panicum* e *Brachiaria* em sistema de integração lavoura-pecuária. *Pesq. Agropec. Trop.*, 39(4):360-370.
- Pariz, C.M., C., Costa, C. A. C., Crusciol, P. R. L., Meirelles, A.M., Castilhos, M., Andreotti, N.R., Costa, J.M., Martello, D.M., Souza, J.R.W., Sarto, A.J. and Franzluebbbers. 2016. Production and soil responses to intercropping of forage grasses with corn and soybean silage. *Agron. J.* 108:2541–2553. <http://dx.doi.org/10.2134/agronj2016.02.0082>
- Pariz, C.M., C., Costa, C.A.C., Crusciol, P.R.L., Meirelles, A.M., Castilhos, A.M., M., Andreotti, N.R., Costa, J.M., Martello, D.M., Souza, V.M., Protes, V.Z., Longhini, and A.J., Franzluebbbers. 2017a. Production, nutrient cycling and soil compaction to grazing of grass companion cropping with corn and soybean. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* Online First. <http://dx.doi.org/10.1007/s10705-016-9821-y>.
- Pariz, C.M., C., Costa, C.A.C, Crusciol, A.M., Castilhos, P.R.L., Meirelles, R.O., Roça, R.S.B, Pinheiro, F.A., Kuwahara, J.M., Martello, F.A., Cavasano, J.I., Yasuoka, J.R.W., Sarto, V.F.P., Melo, and A.J., Franzluebbbers. 2017b. Lamb production responses to grass grazing in a companion crop system with corn silage and oversowing of yellow oat in a tropical region. *Agric. Syst.* 151:1-11. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agsy.2016.11.004>
- Peyraud., J.L., M. Taboada and L. Delaby. 2014. Integrated crop and livestock systems in Western Europe and South America: A review. *Eur. J. Agron.*, 57:31-42. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2014.02.005>
- Pin, E. A., A. B. Soares, J. C. Possenti, and J. M. Ferrazza. 2011. Forage production dynamics of winter annual grasses sown on different dates. *R Bras Zootec.* 40:509-517. doi:10.1590/S1516-35982011000300007
- Primavesi, A.C., A.A. Rodrigues and R. Godoy. 2000. Recomendações técnicas para o cultivo de aveia (Cap. 10, pp. 23-25). São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste.

- Primavesi, A. C., O. Primavesi, H. Cantarella, and R. Godoy. 2004. Resposta da aveia branca à adubação em Latossolo vermelho-amarelo em dois sistemas de plantio. *Rev. Bras. Zootec*, 33:79-86. doi: 10.1590/S1516-35982004000100011
- Salazar, S.S.V., Vázquez, A.T.P., Botero, I.C.M., Balbuena, F.J.L., Nárvaez, J.J.U., Campos, M.R.S., Avilés, L.R., Sanchés, F.J.S., Vera, J.C.K. 2018. Potential of *Samanea saman* pod meal for enteric methane mitigation in crossbred heifers fed low-quality tropical grass. *Agr. For. Met.*, 258, 108-116. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2017.12.262>
- Salton, J.C., J. Mielniczuk, C. Bayer, A.C. Fabricio, M.C.M. Macedo and D.L. Broch. 2011. Teor e dinâmica do carbono no solo em sistemas de integração lavoura-pecuária. *Pesq. Agrop. Bras.*, 46(10): 1349-1356. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2011001000031>
- Santos, H.G., P. K. T. Jacomine, L. H. C. Anjos, V. A. Oliveira, J. B. Oliveira, M. R. Coelho, J. F. Lumberras and T. J. F. Cunha. 2006. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2 ed. Rio de Janeiro, RJ. 306p.
- Santos, G.J., Marion, J.C., Segatti, S., 2008. Administração de custos na agropecuária (third ed.), Atlas, São Paulo.
- Sollenberger, L. E. and D. J. R. Cherney. 1995. Evaluating forage production and quality. *The Science of Grassland Agriculture*. Ames: Iowa State University Press, p. 97-110.
- Sulc, R.M. and A.J. Franzluebbbers, 2014. Exploring integrated crop-livestock systems in different ecoregions of the United States. *Eur. J. Agron.*, 57:21-30.
- Theodorou, M.K., B.A. Williams, M.S. Dhanoa, A.B. McAllan and J. France. 1994. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feed. *Anim. Feed Sci. Tec.*, 48(3-4):185-197. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(94\)90171-6](https://doi.org/10.1016/0377-8401(94)90171-6)
- Tilley, J. M. A., and R. A. Terry. 1963. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *Grass Forage Sci.*, 18:104–111. doi 10.1111/j.1365-2494.1963.tb00335.x

- Van Raij, B., J.C. Andrade, H. Cantarella and J.A. Quaggio. 2011. Análise química para a avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: Instituto Agrônômico, 284p.
- Vanlauwe, B., A. Bationo, J. Chianu, K.E. Giller, R. Merchx, U. Mkwunye, O. Ohiokpehai, P. Pypers, R. Tabo, K.D. Shepherd, E.M.A Smaling, P.L. Woomer and N. Sanginga. 2010. Integrated soil fertility management Operational definition and consequences for implementation and dissemination. *Outlook Agric.*, 39:17-24.
<https://doi.org/10.5367/0000000010791169998>
- Vanlauwe, B., K. Descheemaeker, K.E. Giller, J. Huising, R. Merchx, G. Nziguheba, J. Wendt and S. Zingore. 2015. Integrated soil fertility management in sub-Saharan Africa: unravelling local adaptation. *Soil*, 1:491-508. <https://doi.org/10.5194/soil-1-491-2015>
- Van Soest, P. J., J. B. Robertson, and B. A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.*, 74:3583-3597. doi:10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2
- Veneman, J.B., E.R. Saetnan, A.J. Clare and C.J. Newbold. 2016. MitiGate; an online meta-analysis database for quantification of mitigation strategies for enteric methane emissions. *Sci. Total Environ.*, 572:1166-1174. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.08.029>
- Zhang, X. Q., H. L. Luo, X. Y. Hou, W. B. Badgery, Y. J. Zhang, and C. Jiang. 2014. Effect of restricted time at pasture and indoor supplementation on ingestive behaviour, dry matter intake and weight gain of growing lambs. *Liv. Sci.*, 167: 137-143. doi: 10.1016/j.livsci.2014.06.001
- Weatherburn, M. W. 1967. Phenol-Hypochlorite Reaction for Determination of Ammonia. *Anal. Chem.*, 39(8):971-974. doi:10.1021/ac60252a045
- Witzig, M., M. B. Lengowski, K. H. R. Zuber, J. Möhring, and M. Rodehutschord. 2018. Effects of supplementing corn silage with different nitrogen sources on ruminal

fermentation and microbial populations *in vitro*. *Anaerobe*, 51:99-109. doi:
10.1016/j.anaerobe.2018.04.01

Tabela 1.

Precipitação, temperatura e fotoperíodo de Botucatu, São Paulo, Brasil, durante o período do estudo.

	Mês											
	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.
<u>2013-2014</u>												
Precipitação, mm	45	65	74	116	104	99	72	1	26	19	96	37
Máxima, °C	28,1	30,0	30,7	31,3	28,8	27,3	24,0	24,5	23,7	26,8	28,0	30,2
Mínima, °C	17,3	19,0	19,7	20,4	18,8	16,7	13,9	13,5	11,7	11,5	12,5	13,4
Fotoperíodo, h dia ⁻¹	6,3	8,0	8,7	7,8	6,7	8,3	6,4	7,5	7,1	8,6	6,6	7,9
<u>2014-2015</u>												
Precipitação, mm	144	265	256	252	265	46	99	23	93	54	219	60
Máxima, °C	28,1	28,6	31,7	28,4	27,1	27	23,4	23,5	22,6	26,7	27,3	28,7
Mínima, °C	13,9	15,5	19,1	18,1	17,2	16,1	13,4	12,9	12,6	13,5	15,2	15,8
Fotoperíodo, h dia ⁻¹	6,5	6,7	8,1	6,7	5,0	7,3	5,8	7,7	5,2	8,5	6,8	6,2
<u>2015-2016</u>												
Precipitação, mm	133,8	185	224	203	141	67	76	56	38	39	71	127
Máxima, °C	27,7	27,2	28,1	28,0	28,0	27,0	24,0	23,0	23,0	25,0	26,2	26,7
Mínima, °C	16,2	16,4	17,1	17,4	19,0	17,0	15,0	13,0	13,0	14,0	12,04	14,2
Fotoperíodo, h dia ⁻¹	7,2	13,3	13,2	12,7	12,1	11,5	10,9	10,7	10,8	11,2	11,9	12,5
<u>Média histórica (60 anos)</u>												
Precipitação, mm	185	224	203	141	67	76	56	38	39	71	127	133
Máxima, °C	27,2	28,1	28,0	28,0	27,0	24,0	23,0	23,0	25,0	26,2	26,7	27,2
Mínima, °C	16,4	17,1	17,4	19,0	17,0	15,0	13,	13,0	14,0	12,4	14,2	15,1
Fotoperíodo, h dia ⁻¹	13,3	13,2	12,7	12,1	11,5	10,9	10,7	10,8	11,2	11,9	12,5	13,1

Tabela 2.

Composição química (base na matéria seca) de silagem de milho em consórcio com capim-marandu (S/G) e em consórcio com capim-marandu e feijão-guandu (C/G), em três anos experimentais.

	2013/2014		2014/2015		2015/2016	
	C/G	S/G	C/G	S/G	C/G	S/G
<i>Composição química</i>						
Grãos, %	52,7	57,9	46,3	53,4	46,6	49,2
Matéria seca, %	40,9	47,1	36,2	34,8	30,4	43,0
Proteína bruta, %	9,9	8,2	7,9	7,0	7,3	5,9
Extrato etéreo, %	2,2	2,4	2,2	2,0	2,4	2,8
Fibra em detergente neutro, %	48,9	41,8	47,9	43,4	47,6	44,2
Fibra em detergente ácido, %	31,8	22,2	26,6	23,9	28,6	24,8
DIVMS ¹ , %	52,3	56,1	51,9	59,9	57,8	58,0
Nutrientes digestíveis total, %	70,9	78,6	75,8	80,6	75,9	80,6
Energia metabólica, Mcal kg ⁻¹	2,6	2,8	2,7	2,8	2,74	2,81
<i>Perfil de fermentação</i>						
pH	3,54	3,55	3,53	3,56	3,53	3,55
Nitrogênio amoniacal, %	0,15	0,01	0,55	0,44	0,21	0,13
Ácido láctico, %	5,0	4,7	4,5	5,7	4,8	5,1
Carboidrato solúvel, %	9,9	10,9	9,5	10,0	10,0	10,6
Acidez titulável, %	0,96	0,74	1,06	0,99	1,02	0,97

¹ Digestibilidade *in vitro* da matéria seca.

Tabela 3.

Ingredientes e composição química das dietas experimentais compostas por pastagem de aveia preta, concentrado e silagens de milho com capim-marandu (S/G) e milho com capim-marandu e feijão guandu (C/G) ¹.

	C/G		S/G	
	Linha	Lanço	Linha	Lanço
<i>Ingredientes, % matéria seca (MS)</i>				
Silagem	30,0	30,0	30,0	30,0
Grão de milho (6 mm)	29,9	29,9	28,2	28,2
Farelo de soja	7,0	7,0	8,5	8,5
Suplemento mineral ²	1,8	1,8	1,8	1,8
Calcário calcítico	0,75	0,75	0,75	0,75
Ureia	0,51	0,51	0,67	0,67
Monensina sódica ³	0,04	0,04	0,04	0,04
Pastagem de aveia	30,0	30,0	30,0	30,0
<i>Composição química das dietas</i>				
Matéria seca, %	58,7	57,8	62,6	62,6
Matéria mineral, % MS	5,6	4,6	5,8	5,7
Proteína bruta, % MS	14,2	15,1	14,1	14,6
Proteína degradável no rúmen, % PB	65,1	65,1	67,2	67,2
Proteína metabolizável, Mcal, kg MS	10,9	11,2	10,3	10,4
Energia metabolizável, Mcal/kg MS	3,0	3,1	2,9	2,9
Nutriente digestível total, % MS	82,9	84,3	80,7	79,2
Fibra em detergente neutro (FDN), % MS	29,4	28,2	24,7	28,8
FDN fisicamente efetivo, % MS	22,4	22,2	19,2	22,6
Fibra em detergente ácido, % MS	16,8	16,1	11,8	14,3
Extrato etéreo, % MS	3,4	3,4	2,9	2,9

¹ Valores corrigidos para 100% de matéria seca (MS).

² Composição do mineral. Kg⁻¹: 155g Ca, 65g P, 110g Mg, 210g S, 380 mg Se, 83.500mg Zn, 26.300mg Mn, 2.500mg I e 2.500mg Co.

³ Rumensin, Elanco Animal Health, Greenfield, IN.

Tabela 4.

Disponibilidade de forragem (DF) e altura de relvado (AR) de pastagem de aveia preta sobressemeada em linha e a lanço, após a produção de silagem de milho em consórcio com capim-marandu (S/G) e milho em consórcio com capim-marandu e feijão guandu (C/G), em dois ciclos de pastejo e em três anos experimentais.

Item	Silagem (S)		Aveia (AV)		Ciclo (C)		Ano (A)			EPM ¹	<i>P</i> – value ²			
	C/G	S/G	Linha	Lanço	1	2	2014	2015	2016		S	AV	C	A
<i>Pré-pastejo</i>														
DF, kg. ha ⁻¹ MS	3740 a	2587 b	3192 a	3135 a	4028 a	2298 b	1507 b	4023 a	3960 a	173	<.0001	0,669	<.0001	<.0001
AR, cm	40 a	32 b	36 a	35 a	42 a	29	21 c	48 a	38 b	1,9	<.0001	0,264	<.0001	<.0001
<i>Pós-pastejo</i>														
DF, kg. ha ⁻¹ MS	2084 a	1378 b	1767a	1695 a	2122 a	1340 b	342 b	2659 a	2192 a	150	<.0001	0,449	<.0001	<.0001
AR, cm	19 a	13 b	17 a	15 a	18 a	14 b	9 c	20 a	19 b	1,16	<.0001	0,060	<.0001	<.0001

¹ Erro padrão médio.

² O efeito dos fatores isolados é significativo pelo teste F ($P \leq 0,05$) e a interação dos fatores pelo teste LSD ($P \leq 0,05$)

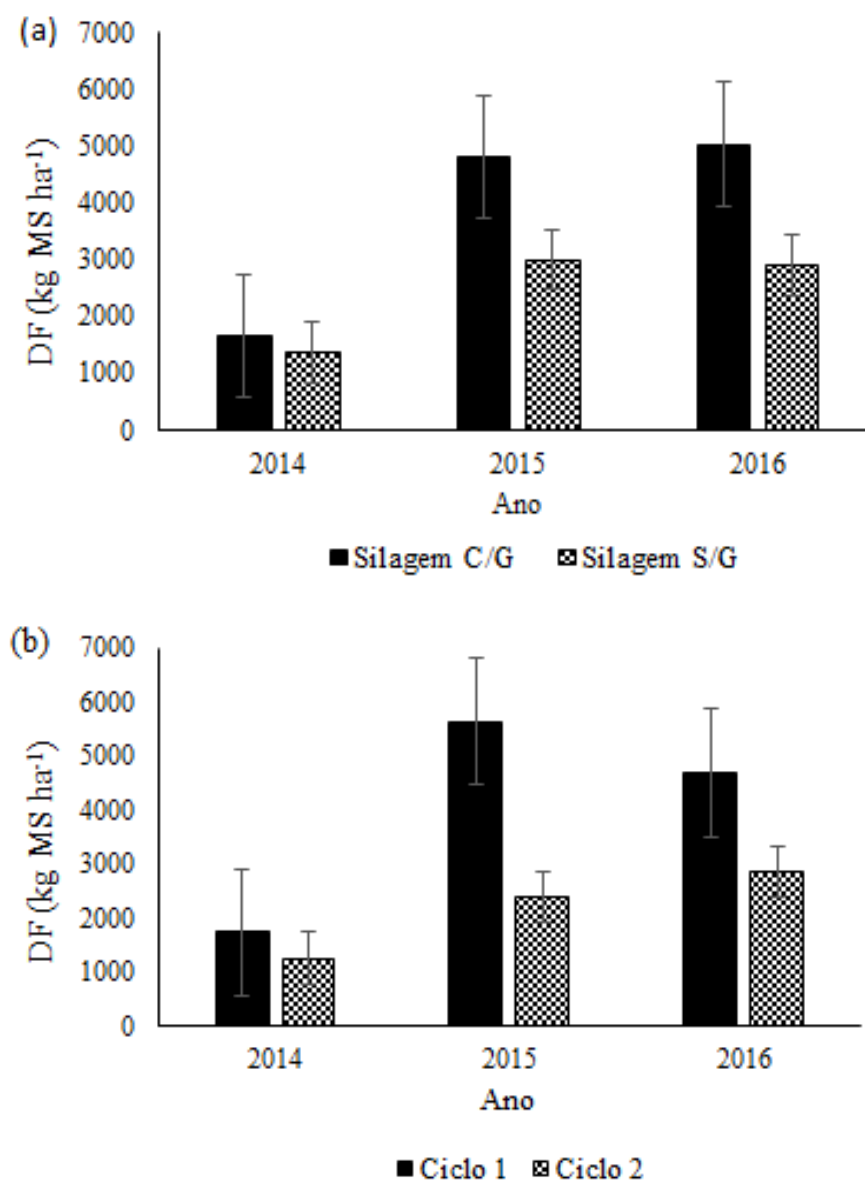


Figura 1.

Desdobramento das interações entre as variáveis tipo de silagem (C/G e S/G) e ano experimental (a); ciclo de pastejo (Ciclo 1 e Ciclo 2) e ano experimental (b) sobre a disponibilidade de forragem (DF, kg MS ha⁻¹) de aveia preta para pastejo, sobressemeada após a colheita do milho em consórcio com capim-marandu e feijão guandu (C/G) e em consórcio com capim-marandu (S/G) para ensilagem, em dois ciclos de pastejo (C1 e C2) e em três anos experimentais (2014, 2015 e 2016).

Tabela 5.

Desempenho de cordeiros suplementados com ração (silagem e concentrado) e pastagem de aveia-preta sobressemeada em linha e a lanço após a produção de silagem de milho em consórcio com capim-marandu (S/G) e milho com capim-marandu e feijão-guandu (C/G).

	Silagem (S)		Aveia (AV)		EPM ¹	P – value ²		
	C/G	S/G	Linha	Lanço		S	AV	S x AV
Peso vivo inicial, kg	25,8 a	25,5 a	25,8	25,6	0,587	0,487	0,746	0,507
Peso vivo final, kg	41,5 a	42,0 a	41,5	42,0	0,906	0,525	0,557	0,301
Ganho médio total, kg	15,7 a	16,5 a	15,7	16,5	0,681	0,143	0,250	0,368
Ganho médio diário, kg	0,227 a	0,240 a	0,229	0,241	0,007	0,118	0,213	0,333
CMS ³ , % PC ⁴	1,812 b	1,933 a	1,832	1,913	0,042	0,005	0,059	0,236
CMS, kg	0,776 b	0,822 a	0,796	0,801	0,010	0,002	0,731	0,942
Conversão alimentar, kg	3,4	3,6	3,69	3,41	0,114	0,195	0,079	0,463

¹ Erro padrão médio.

² O efeito dos fatores isolados é significativo pelo teste F ($P \leq 0,05$) e a interação dos fatores pelo teste LSD ($P \leq 0,05$)

³ Consumo de matéria seca (silagem + concentrado)

⁴ Peso corporal

Tabela 6.

Ganho médio diário (GMD), consumo de matéria seca (CMS) e conversão alimentar (CA) de cordeiros semi-confinados em pastagem de aveia preta, sobressemeada em linha e a lanço, após a produção de silagem de milho em consórcio com capim-marandu (S/G) e milho com capim-marandu e feijão guandu (C/G), suplementados com as respectivas silagens e concentrado, em dois ciclos de pastejo (C1 e C2) e em três anos experimentais (2014, 2015 e 2016).

GMD, kg	Ciclo de pastejo		EPM ¹	p-value ²
	C1	C2		
<i>Silagem</i>				
C/G	0,215	0,240	0,009	0,35
S/G	0,214	0,267	0,009	
<i>Sobressemeadura da aveia</i>				
Linha	0,210	0,234	0,013	0,08
Lanço	0,219	0,273	0,009	
<i>Ciclo de pastejo</i>				
C1	0,215 B	-	0,007	0,0001
C2	-	0,254 A	0,007	
<i>Ano</i>				
2014	0,206	0,255	0,011	0,88
2015	0,225	0,251	0,010	
2016	0,213	0,254	0,012	
CMS, kg MS				
<i>Silagem</i>				
C/G	0,502 Ba	0,966 Ab	0,016	0,04
S/G	0,530 Ba	1,018 Aa	0,016	
<i>Sobressemeadura da aveia</i>				
Linha	0,506	0,985	0,014	0,26
Lanço	0,526	0,999	0,014	
<i>Ciclo de pastejo</i>				
C1	0,516	-	0,013	0,0001
C2	-	0,992	0,013	
<i>Dias de pastejo</i>				
D1	0,507 Ba	0,974 Ab	0,013	0,0001
D2	0,508 Ba	0,991 Ab	0,013	
D3	0,533 Ba	1,011 Aa	0,013	
<i>Ano</i>				
2014	0,544 Ba	1,068 Ab	0,021	0,0001
2015	0,544 Ba	1,145 Aa	0,021	
2016	0,460 Bb	0,764 Ac	0,020	
CA, kg MS				
<i>Silagem</i>				
C/G	2,5	4,3	0,1141	0,45
S/G	2,9	4,4	0,1137	
<i>Sobressemeadura da aveia</i>				
Linha	2,6	4,7	0,1137	0,009
Lanço	2,7	4,0	0,1141	
<i>Ciclo de pastejo</i>				
C1	2,7	-	0,1117	<.0001
C2	-	4,3	0,1105	
<i>Ano</i>				
2014	2,7 Ba	4,2 Ab	0,1395	0,0003
2015	2,8 Ba	5,3 Aa	0,1387	
2016	2,5 Ba	3,5 Ac	0,1402	

¹ Erro padrão médio.

² O efeito dos fatores isolados é significativo pelo teste F ($P \leq 0,05$) e a interação dos fatores pelo teste LSD ($P \leq 0,05$). Letras maiúsculas diferem na linha e letras minúsculas diferem na coluna entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Tabela 7.

Cinética ruminal e produção de gases das dietas experimentais, compostas por pastagem de aveia preta (sobressemeada em linha ou a lanço, após a colheita do milho), concentrado e silagem de milho consorciado com capim-marandu (S/G) e milho consorciado com capim-marandu e feijão guandu (C/G).

Item ¹	Silagem (S)		Aveia (AV)		EPM ²	P – value ³		
	C/G	S/G	Linha	Lanço		S	AV	S × AV
	Ano (2014/2015/2016)							
<i>Cinética ruminal</i>								
A, ml. g ⁻¹ MS	256,8	260,3	260,2	256,9	3,91	0,54	0,65	0,56
b, h ⁻¹	0,056	0,056	0,056	0,068	0,0006	0,85	0,97	0,56
c, h ^{-1/2}	-0,106	-0,102	-0,104	-0,104	0,004	0,54	0,95	0,82
Lag time, h	9,4	8,4	8,8	9,0	0,08	0,41	0,84	0,95
t _{1/2} , h	20,25	19,37	19,97	19,65	0,59	0,30	0,71	0,52
PG 96h, ml g ⁻¹ MS	250,3	254,4	255,0	249,7	5,02	0,57	0,46	0,44
MSD 96h, %	77,6	78,9	78,7	77,7	1,10	0,42	0,52	0,25
MOD 96h, %	77,2	78,6	78,2	77,5	0,83	0,25	0,56	0,29
FP 96h, mg MSD ml ⁻¹	3,10	3,10	3,09	3,12	0,55	0,98	0,76	1,00
FP 96h, mg MOD ml ⁻¹	3,09	3,10	3,08	3,12	0,06	0,93	0,68	0,79
<i>Produção de metano entérico</i>								
PG 24h, ml g ⁻¹ MS	182,9	187,3	182,4	187,8	5,74	0,59	0,52	0,77
CH ₄ , ml g ⁻¹ MSD	34,2	34,6	34,3	34,5	2,68	0,90	0,96	0,94
CH ₄ , ml kg ⁻¹ carne produzida	24,3	27,2	26,0	25,4	3,32	0,22	0,81	0,48
MSD 24h, %	62,34	67,53	66,80	63,08	2,05	0,09	0,21	0,38
MOD 24h, %	61,1 b	66,6 a	66,2	61,6	1,76	0,04	0,08	0,51
FP 24h, mg MSD ml ⁻¹	3,47	3,68	3,74	3,42	0,20	0,47	0,26	0,69
FP 24h, mg MOD ml ⁻¹	3,54	3,25	3,84	3,41	0,35	0,36	0,16	0,79

¹A = produção potencial de gases; b, c = constantes do modelo; Lag time = tempo de colonização; t_{1/2} = : tempo em que metade da curva assintótica de produção de gases é atingida; PG = produção acumulada de gás; CH₄ = metano; MS = matéria seca; MSD = matéria seca degradada; MOD = matéria orgânica degradada; FP = fator de partição

²Erro padrão médio.

³O efeito dos fatores isolados é significativo pelo teste F (P≤0,05) e a interação dos fatores pelo teste LSD (P≤0,05).

Tabela 8.

Produção de ácidos graxos de cadeia curta e nitrogênio amoniacal (N-NH₃) resultantes da incubação *in vitro* de dietas compostas por pastagem de aveia preta (sobressemeada em linha ou a lanço, após a colheita do milho), concentrado e silagem de milho consorciado com capim-marandu (S/G) e milho consorciado com capim-marandu e feijão guandu (C/G).

Ácido	Tempo de incubação (h)	Silagem (S)		Aveia (AV)		EPM ¹	P – value ²		
		C/G	S/G	Linha	Lanço		S	AV	S × AV
Ano (2014/2015/2016)									
Acético, mmol g ⁻¹ MSD	24	10,5	11,1	10,6	10,9	0,9	0,59	0,78	0,57
	96	5,9	6,3	5,8	6,4	0,4	0,46	0,34	0,38
Propiônico, mmol g ⁻¹ MSD	24	6,4	6,6	6,4	6,5	0,5	0,75	0,95	0,79
	96	4,4	4,7	4,3	4,8	0,4	0,62	0,46	0,83
Butírico, mmol g ⁻¹ MSD	24	3,2	3,1	3,2	3,16	0,3	0,73	0,96	0,82
	96	1,6	1,6	1,6	1,6	0,1	0,98	0,76	0,82
Iso-butírico, mmol g ⁻¹ MSD	24	0,5	0,5	0,5	0,5	0,2	0,12	0,65	0,96
	96	0,2	0,2	0,2	0,2	0,01	0,60	0,57	0,39
Valérico, mmol g ⁻¹ MSD	24	0,7	0,7	0,7	0,7	0,05	0,76	0,88	0,74
	96	0,4	0,4	0,4	0,5	0,05	0,81	0,42	0,79
Iso-valérico, mmol g ⁻¹ MSD	24	0,9	0,8	0,9	0,9	0,05	0,34	0,95	0,92
	96	0,3	0,3	0,3	0,3	0,02	0,79	0,36	0,53
N-NH ₃ , mg/dl	24	54,2	55,2	52,6	56,9	3,0	0,80	0,32	0,81
	96	38,0	39,3	38,1	39,2	2,7	0,73	0,78	0,93

¹ Erro padrão médio.

² O efeito dos fatores isolados é significativo pelo teste F (P≤0,05) e a interação dos fatores pelo teste LSD (P≤0,05).

Tabela 9.

Ganho de peso de carcaça quente (GCQ) e viabilidade econômica da produção de cordeiros terminados em pastagem de aveia preta sobressemeada em linha ou a lanço e suplementados com concentrado e silagem de milho consorciado com capim-marandu (S/G) ou silagem de milho consorciado com capim-marandu e feijão guandu (C/G), produzidas em sistema integrado de produção agropecuária (SIPA), em três anos experimentais.

Item	Silagem (S)		Ano (A)			EPM ¹	P – value ²	
	C/G	S/G	2014	2015	2016		S	A
GCQ, kg. ha ⁻¹	347	329	355	321	337	9,2	0,21	0,10
Receita ^a , R\$. ha ⁻¹	6394,00	6092,00	6562,00	5931,00	6236,00	169,9	0,21	0,10
COT ^b , R\$. ha ⁻¹	2442,00 b	2622,00 a	2494,00 b	2601,00 a	2500,00 b	10,4	<.0001	<.0001
MC ^c , R\$. ha ⁻¹	3952,00 a	3313,00 b	3918,00 a	3174,00 b	3585,00 ab	134,7	0,03	0,04
PN ^d , kg. ha ⁻¹	139 b	150 a	142 b	149 a	143 b	0,6	<.0001	<.0001
Silagem extra ^e , R\$. ha ⁻¹	3773,00 a	3481,00 b	3479,00 c	3679,00 b	3722,00 a	3,6	<.0001	<.0001

^a Receita proveniente da venda de carcaça fria dos cordeiros

^b Custo Operacional Total

^c Margem de contribuição (Receita menos o COT)

^d Ponto de nivelamento (produção mínima necessária para cobrir os custos de produção, dado ao preço médio de venda das carcaças frias de cordeiros no estado de São Paulo, Brasil, nos últimos 5 anos).

^e Valor de silagem produzida e não consumida pelos cordeiros, considerando o COT por kg de matéria seca.

CAPÍTULO III

Características de carcaça e qualidade de carne de cordeiros semi-confinados em pastagem de aveia preta sobressemeada em linha e a lanço e suplementados com silagens produzidas em sistema integrado de produção agropecuária

RESUMO

O sistema integrado de produção agropecuária (SIPA) tem sido utilizado na recuperação de áreas de pastagens degradadas e na produção de volumosos conservados para o período seco, porém poucos estudos avaliam o componente animal e seus produtos nesse sistema. O estudo investigou o uso de silagens de milho em consórcio com capim-marandu (S/G) e milho em consórcio com capim-marandu e feijão guandu (C/G), produzidas em SIPA, na dieta de terminação de cordeiros semi-confinados, mantidos em pastagem de aveia preta sobressemeada em linha e a lanço (após a colheita do milho), sobre as características de carcaça e qualidade de carne de cordeiros provenientes de cruzamentos comerciais. Os tratamentos não diferiram ($P > 0,05$) em relação as características de carcaça, qualidade de carne e perfil de ácidos graxos. As dietas avaliadas proporcionaram incremento nos teores dos ácidos poli-insaturados linolênico e linoleico e decréscimo na concentração de ácido mirístico na carne. O método de sobressemeadura da aveia a lanço em áreas de SIPA, pode ser utilizado como método alternativo à sobressemeadura em linha, sem interferir nos resultados produtivos de cordeiros semi-confinados. Os consórcios de milho S/G e C/G em SIPA para ensilagem, com posterior sobressemeadura da aveia preta, mostraram ser opções viáveis para a produção de carne de cordeiro na entressafra (inverno/primavera), período de escassez de forragem.

Palavras-chave: capim-marandu, leguminosa, *Longissimus lumborum*, milho, ovinos.

1. Introdução

A ovinocultura está presente em todos os continentes, devido a diversidade de raças existentes que se adaptam aos diferentes climas, relevos e vegetações, sendo os maiores produtores os grupos de países em desenvolvimento. De acordo com a FAO (2016), existem no mundo, aproximadamente 1,17 bilhão de cabeças de ovinos, sendo que 18,4 milhões estão presentes no Brasil, com produção média de 91,2 mil toneladas de carne ovina. Apesar dos índices brasileiros serem promissores, a indústria de carne ovina enfrenta algumas limitações em relação a escala de produção, refletindo em baixos índices de produtividade, na qualidade do produto final e na falta de regularidade da oferta.

Em geral, o cenário de produção de carne no Brasil é baseado em pastagens degradadas com baixa taxa de lotação, resultando em baixo ganho de peso e baixo rendimento de carcaça por área (Pariz et al., 2011) e, conseqüentemente, interferindo na qualidade do produto final (carne) e na capacidade dos pecuaristas de produzir carne de cordeiro durante todo o ano (Ponnampalam et al., 2019).

A disponibilidade de alimento de qualidade para a produção ovina é de extrema importância para a consolidação da atividade nos países em desenvolvimento, principalmente em regiões que apresentam inverno seco (baixo volume de chuvas e irregulares), período em que a pastagem costuma ter baixa qualidade nutritiva, sendo necessário buscar alternativas que visem melhorar o aporte nutricional para obter incrementos na produção e evitar sazonalidade na oferta.

O sistema integrado de produção agropecuária (SIPA) pode ser uma alternativa para intensificar a produção de ovinos, por meio da produção de alimentos concentrados e volumosos conservados de qualidade e a formação/recuperação de áreas de pastagens degradadas. Nesse contexto, a rotação ou sucessão de culturas de verão com forrageiras de inverno, como no caso da aveia, pode ser uma opção viável para amenizar os efeitos da

distribuição irregular da produção de forragem ao longo ano (Lopes et al., 2008; Bell, Moore & Kirkegaard, 2014; Moraes et al., 2014, Pariz et al., 2017a). No entanto, o método de sobressemeadura de aveia pode influenciar na germinação, emergência e estabelecimento da cultura (Adami & Pitta, 2012), comprometendo os resultados produtivos de forragem e/ou animal no inverno/primavera.

Dentre as culturas agrícolas de verão, a utilização do consórcio de milho com forrageiras tropicais, principalmente do gênero *Urochloa* em SIPA, tem sido amplamente estudado e apresentado resultados socioeconômicos e ambientais positivos (Pariz et al., 2009; Hoang, 2013; Pariz et al., 2017a). A introdução de forrageiras leguminosas no consórcio com gramíneas também tem apresentado resultados promissores (Oliveira, Kluthcouski, Favarin & Santos, 2011; Sulc & Franzluebbbers, 2014), proporcionando benefícios subsequentes de fixação de nitrogênio no solo (Adu-Gyamfi et al., 2007), além de auxiliar na melhoria da qualidade da dieta (Peyraud, Taboada & Delaby, 2014), por meio do incremento do teor de proteína da silagem. Dentre as leguminosas, o feijão guandu (*Cajanus cajan*) tem sido estudado (Sulc & Franzluebbbers, 2014) devido a elevada adaptabilidade ao ambiente tropical e pode ser utilizado como estratégia nutricional na suplementação dos cordeiros.

Embora o número de pesquisas no Brasil que buscam avaliar melhor o SIPA tenha aumentado ao longo dos anos, poucos estudos avaliaram o componente animal (5,4%) dentro do sistema (Moraes et al, 2014), sendo ainda mais escassos os trabalhos que utilizaram a espécie ovina (11,4%) para essa finalidade (Fernandes et al., 2010). Por isso, pesquisas envolvendo a produção de cordeiros em SIPA e a avaliação da qualidade de seus produtos podem auxiliar no entendimento das interações entre as variáveis solo/planta/animal no sistema integrado.

Esse estudo investigou o uso de silagens de milho em consórcio com capim-marandu e milho em consórcio com capim-marandu e feijão guandu, produzidas em SIPA, como

componentes da dieta de terminação de cordeiros em semi-confinamento, mantidos em pastagem de aveia preta sobressemeada em linha e a lanço (após a colheita dos consórcios para ensilagem), sobre as características da carcaça, qualidade da carne e perfil de ácidos graxos, durante 3 anos experimentais.

2. Material e Métodos

Todos os procedimentos realizados neste estudo foram aprovados pela Comissão de Ética de Uso de Animais (CEUA) da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia de Botucatu, São Paulo, Brasil, sob o protocolo número 106/2014-CEUA.

2.1. Descrição do local

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental Lageado, pertencente à Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FMVZ/UNESP), localizada no município de Botucatu, São Paulo, Brasil (22°51'01"S e 48°25'28"W, com altitude de 777 metros), durante três anos experimentais consecutivos (2013/2014, 2014/2015 e 2015/2016). O solo da área experimental é um Latossolo Vermelho distrófico (Santos et al., 2006), com 280, 90 e 630 g kg⁻¹ de areia, silte e argila, respectivamente.

Para avaliação inicial da fertilidade do solo para implantação do experimento, coletou-se vinte perfis de sondagem para que constituíssem uma amostra composta que apresentou os seguintes resultados nas profundidades de 0 - 0,20 e 0,20 - 0,40 m, respectivamente: pH (CaCl₂) = 5,1 e 4,8; matéria orgânica = 38,1 e 38,0 g dm⁻³; P (resina) = 12,2 e 5,5 mg dm⁻³; acidez potencial em pH 7 (H + Al), K⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺ = 41,4 e 59,6; 1,0 e 0,7; 31,5 e 21,9; 15,8 e 11,4 mmolc dm⁻³, respectivamente, capacidade de troca catiônica (CTC) = 89,7 e 93,6 mmolc dm⁻³ e saturação por bases (V%) = 53,8 e 36,9%. O pH do solo foi determinado em uma suspensão 0,01 mol L⁻¹ CaCl₂ (1:2,5 solo/solução). O P e o Ca e Mg trocáveis foram extraídos

com resina trocadora de íons e determinados por colorimetria e espectrofotometria de absorção atômicas, respectivamente. O K foi determinado por fotometria de chama. Os valores de CTC e saturação por bases foram calculados utilizando os resultados de bases trocáveis e acidez potencial em pH 7 ($H + Al$) (Van Raij et al., 2001).

Durante quatro anos experimentais, até outubro de 2010, a área experimental permaneceu em pousio, com predominância de capim-braquiaria (*Urochloa decumbens* cv. Basilisk) e plantas daninhas de ciclo anual. Nos anos experimentais 2010/2011 e 2011/2012, a área foi utilizada para produção de silagem de milho em consórcio com capim-marandu (*Urochloa brizantha* cv. Marandu) e capim-piatã (*Urochloa brizantha* cv. Piatã) no verão/outono e sobressemeadura de aveia-amarela (*Avena byzantina* ‘São Carlos’) para pastejo por cordeiros no inverno/primavera (Pariz et al., 2017a). No ano experimental 2012/2013, a área foi utilizada para produção de silagem de soja em consórcio com capim-aruãna (*Megathyrsus maximus* cv. Aruãna) no verão/outono e a pastagem foi submetida a cortes no inverno/primavera (Pariz et al., 2016; 2017b).

O tipo climático é Cwa, caracterizado como clima tropical com invernos secos e verões quentes e chuvosos, de acordo com o sistema de classificação climática de Köppen (Alvares, Stape, Sentelhas, Gonçalves & Sparovek, 2013). As temperaturas médias (máximas e mínimas) anuais de longo prazo (1955–2015) foram 26,1 e 15,3 °C, respectivamente, com precipitação anual média de 1.359 mm (CEPAGRI, 2013). Os dados de fotoperíodo, precipitação pluviométrica, temperatura máxima e mínima foram mensurados diariamente, durante o período experimental na Estação Meteorológica da Fazenda Experimental Lageado, pertencente ao Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, calculando-se as médias mensais (Tabela 1).

2.2. Produção de silagem e sobressemeadura da aveia preta

A dessecação da área experimental no primeiro (2013/2014), segundo (2014/2015) e terceiro ano (2015/2016) foi efetuada em 09 de dezembro, 02 de dezembro e 16 de novembro, respectivamente, com a aplicação dos herbicidas Glifosato [sal isopropilamina de N-(fosfonometil) glicina] e 2,4-D amina (2,4-ácido diclorofenoxiacético) nas doses de 1,44, 1,92 e 1,08 kg ha⁻¹ do equivalente ácido e 0,67, 1,00 e 1,34 kg do ingrediente ativo, respectivamente. A aplicação sequencial do herbicida Glifosato no primeiro, segundo e terceiro ano experimental foi efetuada em 20 de dezembro de 2013, 17 de dezembro de 2014 e 04 de dezembro de 2015, nas doses de 1,08, 1,44 e 1,44 kg ha⁻¹ do equivalente ácido, respectivamente. No segundo e terceiro ano, ainda foi efetuada a aplicação de 2-4 D amina nas doses de 0,67 kg do ingrediente ativo. Em ambas aplicações, utilizou-se volume de calda de 200 l ha⁻¹.

O híbrido simples (HS) de milho 2B587 HX (precoce) foi semeado em 16 de dezembro de 2013, 16 de dezembro de 2014 e 14 de dezembro de 2015, no primeiro, segundo e terceiro ano experimental, respectivamente, na profundidade de 0,04 m, com espaçamento entrelinhas de 0,45 m e densidade de 80.000 sementes ha⁻¹, utilizando semeadora-adubadora para sistema de plantio direto (SPD) dotada de mecanismo para abertura de sulco do tipo haste sulcadora. Na parcela onde foi semeado o milho em consórcio com o capim-marandu (*Urochloa brizantha* cv. Marandu) e feijão guandu (*Cajanus cajan*), primeiro semeou-se o feijão guandu na profundidade de 0,04 m e espaçamento de 0,45 m, utilizando-se a mesma semeadora-adubadora para SPD e 15 sementes por metro (aproximadamente 35 kg de sementes ha⁻¹), conforme recomendação de Oliveira, Kluthcouski, Favarin e Santos (2011) e em seguida, nas entrelinhas, semeou-se o milho com capim-marandu.

O capim-marandu foi semeado na quantidade de 600 pontos de valor cultural (VC) ha⁻¹, conforme recomendação de Pariz et al. (2009), em ambos os consórcios. As sementes de capim-marandu foram misturadas ao fertilizante de semeadura utilizando-se uma betoneira,

minutos antes da semeadura, acondicionadas no compartimento de fertilizantes da semeadora-adubadora e depositadas na profundidade de 0,08 m. Nos três anos experimentais, a adubação mineral nos sulcos de semeadura constou de 36, 126 e 72 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente (450 kg ha⁻¹ do adubo formulado 08-28-16 + 2% de Ca, 2% de S e 0,5% de Zn), seguindo as recomendações de Cantarella, Van Raij e Camargo (1997).

Em 15 de janeiro de 2014, 13 de janeiro de 2015 e 13 de janeiro de 2016, primeiro, segundo e terceiro ano experimental, respectivamente, quando as plantas de milho se encontravam no estágio vegetativo V4, 50% das plantas com quatro folhas totalmente desdobradas (Fancelli & Dourado Neto, 2000), foi realizada a adubação mineral de cobertura com aplicação manual de 150, 37,5 e 150 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente (750 kg do fertilizante mineral formulado 20-05-20), nas entrelinhas das plantas de milho em consórcio com o capim-marandu, sem incorporação, seguindo as recomendações de Cantarella et al. (1997) para a cultura do milho destinado à produção de silagem de planta inteira.

Nos três anos experimentais, em 10 de abril de 2014, 08 de abril de 2015 e 04 de abril de 2016, respectivamente, realizou-se a colheita mecânica para ensilagem com colhedora de forragem modelo JF C-120 (12 facas) e plataforma de duas linhas em espaçamento reduzido de 0,45 m entrelinhas. A altura de corte foi de 0,45 m em relação à superfície do solo, no estágio de ¼ de grão leitoso. O material colhido foi picado em partículas médias de 1,0 cm, sendo os grãos cortados pelas facas da colhedora e o material foi armazenado em silo tipo “bag” de 1,50 m de diâmetro, com compactação de 600 kg m⁻³ de massa verde, para posterior suplementação dos cordeiros. Portanto, um silo foi constituído de silagem de milho em consórcio com capim-marandu e feijão guandu (C/G) e outro com milho em consórcio com capim-marandu (S/G), perfazendo os tratamentos.

Em 05 de maio de 2014, 22 de abril de 2015 e 13 de abril de 2016 dos três anos experimentais, respectivamente, realizou-se as duas modalidades de sobressemeadura da aveia

preta (*Avena strigosa*). Na semeadura em linha, as sementes foram depositadas na profundidade de 0,03 m, com espaçamento de 0,17 m e densidade de 65 kg ha⁻¹ de sementes puras viáveis, utilizando semeadora-adubadora para SPD. Na semeadura à lanço, as sementes foram distribuídas manualmente sobre a superfície do solo na densidade de 120 kg ha⁻¹ de sementes puras viáveis, incorporando-as ao solo com gradagem leve (discos totalmente fechados para revolvimento mínimo do solo). Nas duas modalidades de sobressemeadura, foram seguidas as recomendações de Adami e Pitta (2012). A emergência plena da aveia preta nas duas modalidades de sobressemeadura ocorreu nos dias 29 de maio de 2014, 05 de maio de 2015 e 03 de maio de 2016, respectivamente, no primeiro, segundo e terceiro ano experimental.

2.3. Manejo dos cordeiros

Nos três anos experimentais (2013/2014, 2014/2015 e 2015/2016) a entrada dos cordeiros na área experimental foi durante o período de julho a setembro. No primeiro ano experimental, foram utilizados 48 cordeiros machos cruzados, não castrados, Dorper x Texel x Ile de France com idade média de sete meses e peso vivo inicial de $27,0 \pm 3,2$ kg. No segundo ano experimental, foram avaliados 48 machos cruzados, não castrados, Poll Dorset x Corriedale com idade média de sete meses, peso vivo inicial de $24,4 \pm 3,4$ kg e 16 cordeiros para ajustar a taxa de lotação. No terceiro ano experimental, foram utilizados 48 machos cruzados, não castrados, Dorper x Texel com idade média de sete meses e peso vivo inicial de $26,4 \pm 3,5$ kg.

Os cordeiros foram blocados com base na variação do peso corporal inicial e distribuídos aleatoriamente aos tratamentos: silagem de milho em consórcio com capim-marandu (S/G) x sobressemeadura da aveia em linha; silagem de milho consorciado com capim-marandu (S/G) x sobressemeadura da aveia a lanço; silagem de milho em consórcio com capim-marandu e feijão guandu (C/G) x sobressemeadura da aveia em linha; silagem de milho consorciado com capim-marandu e feijão guandu (C/G) x sobressemeadura da aveia a lanço.

No período pré-experimental, que teve duração de 14 dias, foi realizada a adaptação dos animais às dietas. Além disso, todos os animais foram pesados, identificados, vacinados (Polistar, Vallée, Brazil) e desverminados com anti-helmíntico (Diantel®, Closantel, Hipra Animal Health, Brazil). Durante todo o experimento, a verminose foi monitorada a cada 15 dias pelo método OPG (ovos por grama de fezes), conforme descrito por Gordon & Withlock (1939).

Nos três anos experimentais, foram alocados 12 cordeiros por tratamento, utilizando-se o método de pastejo rotacionado e taxa de lotação fixa ($1144 \text{ kg PV ha}^{-1}$). O período de ocupação foi de três dias e 33 dias de descanso, totalizando 12 piquetes por subparcela (tratamento). As avaliações de desempenho foram realizadas em dois ciclos de pastejo, com duração de 36 e 33 dias no primeiro e segundo ciclo, respectivamente, totalizando 69 dias experimentais.

Os piquetes foram delimitados com cerca eletrificada de seis fios, totalizando 48 piquetes (12 piquetes para cada tratamento) de 9 m de largura e 25 m de comprimento (225 m^2) e os animais tiveram livre acesso à água em bebedouro coletivo com sistema de boia. Também foram disponibilizados sombrites para maior conforto térmico dos animais nas horas mais quentes do dia. Nos três anos experimentais, a partir das 06:00 h os cordeiros eram alocados em seus respectivos piquetes e recolhidos às 16:30 h em um galpão coberto de 225 m^2 ($15 \times 15 \text{ m}$), com cortinas laterais e piso de terra batida forrado com casca de café, no qual os animais de cada tratamento foram alocados em baia coletiva de 25 m^2 ($5,0 \times 5,0 \text{ m}$), totalizando quatro baias. Após o recolhimento no final da tarde nas baias, os cordeiros foram suplementados com silagem do mesmo tratamento (C/G ou S/G) + concentrado e tiveram livre acesso a água em bebedouros com capacidade de 15 l, abastecidos e limpos diariamente. No segundo ciclo de pastejo, em função da menor disponibilidade de forragem, principalmente no terceiro dia de pastejo no piquete, 1/3 do suplemento foi fornecido durante o dia na pastagem e 2/3 do suplemento foi fornecido durante a noite no galpão coberto.

Nos dias 19 de agosto e 29 de setembro de 2014, 19 de agosto e 12 de setembro de 2015 e 19 de agosto e 12 de setembro de 2016, início e final do período experimental do primeiro, segundo e terceiro ano experimental, respectivamente, para a estimativa da composição química da dieta que os animais consumiram em pastejo, foram coletadas aproximadamente 500g de forragem por piquete segundo o método de simulação de pastejo ou “hand-plucking” (coleta manual da forragem, após prévia observação do hábito de pastejo dos animais) conforme proposto por Sollenberger e Cherney (1995). Posteriormente as amostras foram pesadas e colocadas em estufa de ventilação forçada a 55°C até peso constante e posteriormente moídas em moinho tipo Wiley em peneira com crivos de 1 mm, retornando à estufa por 12 horas a 105°C para determinação de matéria seca (MS; método 930.15) e determinação laboratorial dos teores de proteína bruta (PB; método 990.03), extrato etéreo (EE, método 920.39), matéria mineral (MM; método 942.05) e fibra em detergente ácido (FDA; método 935.70), descrita por AOAC (1995). O teor de fibra em detergente neutro (FDN) e lignina foi determinado conforme metodologia descrita por Van Soest (1991) adaptado por Mertens (2002) e a digestibilidade da matéria seca (DIVMS) foi realizada de acordo com técnicas descritas por Tilley e Terry (1963) adaptado utilizando equipamento ANKOM®. Os teores de nutrientes digestíveis totais (NDT) foram estimados pelo NRC (2001). As mesmas análises foram realizadas para a determinação da composição química das silagens (Tabela 2) e dietas experimentais.

A estimativa de ganho médio diário de 200g (NRC, 2007). A relação volumoso:concentrado (40:60) foi calculada com base na disponibilidade de forragem da pastagem e a qualidade da silagem produzida, levando em consideração o valor de NDT e a quantidade de grãos presente nas silagens (Tabela 2). Em todos os tratamentos, a pastagem representou aproximadamente 30% da ingestão de matéria seca. A quantidade remanescente foi fornecida na forma de silagem e concentrado, de acordo com a necessidade diária,

permitindo 10% de sobras. A dieta dos cordeiros foi formulada utilizando o programa computacional Small Ruminant Nutrition System (SRNS) com base na estrutura do Cornell Net Carbohydrate and Protein System (2000) para ovinos. Os ingredientes e a composição nutricional das dietas fornecidas aos cordeiros durante o período experimental nos três anos experimentais se encontram na Tabela 3.

2.4. Amostragem e análise

2.4.1. Características de carcaça

Os cordeiros foram transportados para abate em Frigorífico Comercial no município de Boituva/SP (115 km de distância). Antes de serem abatidos, os animais foram submetidos a jejum de sólidos por 16 horas, pesados e insensibilizados conforme os métodos para abate humanitário descritos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento (Brasil, 2000).

As carcaças foram identificadas com lacres numerados no tendão do gastrocnêmio e após a evisceração, foram pesadas (peso da carcaça quente - PCQ) para então determinar o rendimento verdadeiro (RV), através da relação entre o PCQ e o peso do corpo vazio (PCV). As carcaças foram lavadas por aspersão com jato de água potável hipoclorada à pressão de 3 atm a 38°C e permaneceram em câmara fria a 4°C por 24 horas, para estabelecimento do *rigor mortis*. Ao final desse período, as carcaças resfriadas foram pesadas (PCF) e posteriormente foi realizado o cálculo do rendimento de carcaça quente (RCQ) e fria (RCF) e a perda por resfriamento (PR).

Posteriormente, as carcaças foram seccionadas e retiradas das carcaças de seis animais de cada tratamento, amostras do músculo *Longissimus thoracis et lumborum* (LTL) para as análises em laboratório, sendo estas identificadas, embaladas e armazenadas em freezer para avaliações posteriores.

2.4.2. Qualidade de carne

As análises de composição química da carne (umidade, extrato etéreo, proteína e resíduo mineral fixo), qualidade (cor, espessura de gordura, área de olho de lombo, pH, perda de peso por cocção e força de cisalhamento) e composição de ácidos graxos foram feitas no Departamento de Economia, Sociologia e Tecnologia da Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA) da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP), Campus de Botucatu/SP.

A avaliação da composição centesimal foi realizada nas amostras de carne referente ao músculo LTL. Sendo avaliado: umidade: segundo o método 39.1.02 da AOAC (2007); proteína: segundo o método de Kjeldahl-micro, 39.1.19 da AOAC (2007) para determinação do nitrogênio total. A proteína bruta foi calculada em função dos teores de nitrogênio total, multiplicado pelo fator 6,25; extrato etéreo: foi determinado segundo AOAC, (2007), item 39.1.05; resíduo mineral fixo: segundo o método recomendado pela AOAC (2007), item 39.1.09.

Para avaliação da cor da carne as embalagens plásticas nas quais as amostras estavam armazenadas em condições de vácuo foram abertas e a superfície da seção de carne ficou exposta ao ar por 30 minutos para permitir oxigenação superficial. Após este período, foi utilizado o aparelho colorímetro Konica Minolta, com iluminante DL65, ângulo de visão de 0°, com iluminação difusa e componente especular, modelo CR 400, Câmera Co., Ltd Osaka, Japan. Os parâmetros avaliados foram L*, a* e b* do sistema CIELab onde L* representa a luminosidade, a* representa intensidade de vermelho, variando de verde (0 a -60) a vermelho (0 a +60) e b* intensidade do amarelo, variando de azul (0 a -60) ao amarelo (0 a +60). Foram realizadas três leituras em diferentes pontos da superfície do músculo e da gordura de cobertura (Honikel, 1998).

A espessura de gordura subcutânea foi obtida por meio de paquímetro digital. Para área de olho de lombo foi utilizada uma régua plástica quadriculada transparente, colocada sobre a área somando-se todos os quadrados encontrados dentro do perímetro do olho de lombo, sabendo-se que cada quadrado mede 0,25 cm², por cálculo foi obtida a área total.

Para a obtenção do pH foi utilizado peagômetro Hanna, HI 8314, com sistema de identificação digital, sensor de compensação de temperatura (Tec 530) e eletrodo de vidro apropriado para determinação de pH em profundidade. A medida foi realizada no músculo LTL na altura correspondente entre a 12^a e 13^a costela, perpendicularmente à linha média da meia-carcaça e a uma profundidade média de 1,5 cm após o descongelamento das amostras. Ao mesmo tempo foi aferida a temperatura da amostra.

Para avaliação da perda de peso por cocção foi adotado o método proposto por Honikel, (1998). Nestas mesmas amostras utilizadas na análise de perda de peso por cocção, após permanecerem por 24 horas sob refrigeração foi feita a avaliação da força de cisalhamento por meio do método descrito por Savell et al. (1994). Para a avaliação foram retirados 6 cilindros de 1,27 cm de diâmetro e avaliadas pelo texturômetro modelo CT3, marca Brookfield equipado com conjunto de lâmina Warner-Bratzler (capacidade de 25 kg e velocidade do seccionador de 20 cm min⁻¹).

A avaliação da composição em ácidos graxos foi realizada por meio de cromatografia de gás-líquido, sendo os ésteres de ácidos graxos analisados em cromatógrafo Shimadzu, com coluna capilar de sílica fundida segundo a metodologia de Folch, Lee e Sloane-Stanley (1957) e de Hartman e Lago (1973).

2.6. Design experimental e Análise estatística

Todos os dados foram distribuídos normalmente ($W \geq 0,90$) e analisados utilizando o procedimento PROC MIXED na aproximação SAS (SAS, 2015. Inst. Inc., Cary, NC) para um delineamento fatorial 2 x 2 (dois tipos de silagem e dois métodos de sobressemeadura).

Utilizou-se o animal como unidade experimental para as variáveis características de carcaça e qualidade de carne. Os sistemas de produção de silagem, as modalidades de sobressemeadura da aveia preta, os anos experimentais e suas interações foram considerados um efeito fixo. Foi utilizado um ensaio repetido, com os ciclos de pastejo especificados como a variável repetida. Os animais ou o paddock (sistemas de produção de silagem × modalidades de sobressemeadura da aveia preta × anos experimentais) foram um efeito aleatório.

A estrutura de covariância utilizada nas análises foi autorregressiva, o que proporcionou o melhor ajuste de acordo com o critério de informação Akaike. Os resultados foram relatados como médias de mínimos quadrados e separados por comparações pré-planeadas em pares (PDIFF). As separações médias foram realizadas utilizando testes LSD. As diferenças entre os tratamentos foram consideradas significativas em $P \leq 0,05$ e discutidos como efeitos principais se nenhuma interação foi significativa ou de acordo com a interação de ordem mais alta detectada.

3. Resultados

As dietas não influenciaram ($P > 0,05$) o peso corporal final de cordeiros semi-confinados (Tabela 4), assim como as características de carcaça, rendimento de carcaça quente e fria e a perda por resfriamento, apresentando valores médios de 46,8; 46,5 e 0,78%, respectivamente.

As dietas propostas também não influenciaram ($P > 0,05$) os parâmetros de qualidade de carne, composição centesimal (Tabela 5) e o perfil de ácidos graxos do músculo LTL (Tabela 6). Porém houve efeito da interação entre o tipo de consórcio (C/G; S/G) e o método de sobressemeadura (linha; lanço) da aveia preta ($P < 0,05$; Tabela 5) para os teores de umidade (%) e extrato etéreo (%) da carne, sendo os desdobramentos das interações apresentados na Figura 1. Os teores de umidade e extrato etéreo da carne foram influenciados pelo método de

sobressemeadura da aveia apenas quando utilizado a silagem de milho C/G ($P = 0,0006$) na dieta dos cordeiros. O teor de umidade da carne foi maior na modalidade de sobressemeadura da aveia a lanço (75,0%) comparado ao método em linha (73,7%), o que foi inversamente relacionado com o teor de gordura (extrato etéreo) intramuscular, sendo superior quando se utilizou o método a lanço.

4. Discussões

Para um sistema de produção sustentável e lucrativo, é essencial manter o equilíbrio da nutrição para alcançar o máximo retorno, por meio do crescimento contínuo e da produtividade eficiente (Ponnampalam et al., 2019). Os resultados de características de carcaça (Tabela 4) dos animais alimentados com as silagens produzidas em SIPA, sugerem que as dietas avaliadas proporcionaram a mesma capacidade de desenvolvimento e crescimento de tecidos (Hammond, 1940; Butterfiel, 1988) e, portanto, ambas poderiam ser adotadas para a alimentação de cordeiros na fase de terminação.

A ausência de efeito das dietas sobre a perda de peso por resfriamento pode ser explicada pela relação entre o peso da carcaça e a gordura subcutânea (Vergara, Molina & Gallego, 1999), que também não diferiram entre os tratamentos (Tabela 4). A gordura funciona como um isolante térmico na carcaça, atuando principalmente contra a desidratação, o endurecimento e o escurecimento da carne (Mahgoub et al., 2002). Ainda, de acordo com a literatura consultada, a perda de peso por resfriamento obtida no presente estudo mostrou-se abaixo da média observada de 4% (Silva Sobrinho, Sañudo & Osório, 2008), o que indica um bom acabamento de carcaça, sem elevar o teor de gordura na composição centesimal da carne (Tabela 5).

A relação inversa entre o teor de umidade e de extrato etéreo da carne (Figura 1) também pode ser observada em diversos estudos (Russo, Preziuso, Casarosa, Campodoni & Cianci,

1999; Polidoro, Pucciarelli, Carmmertoni & Polzonetti, 2017; Álvarez-Rodríguez et al., 2018). No entanto, não há evidência na literatura de que o método de sobressemeadura interfira na qualidade da carne, quando não houve efeito sobre o peso corporal final dos animais. Neste caso, é possível que as diferenças obtidas para os teores de umidade e gordura da carne, sejam em função da variabilidade individual dos cordeiros, visto que a deposição de tecido adiposo (gordura), principalmente do músculo LTL, ocorre tardiamente em relação aos tecidos muscular e ósseo (Reis, Jobim, Macedo, Martins & Cecato, 2001).

A gordura intramuscular é um componente importante da qualidade da carne, pois está diretamente ligada à palatabilidade e ao valor da carcaça, aspectos importantes para determinar o marketing e o retorno sobre o investimento (Welch et al., 2012). Independente da silagem utilizada na alimentação dos cordeiros e do método de sobressemeadura da aveia para formação da pastagem de inverno, o teor médio de gordura na carne de cordeiros semi-confinados encontrado no presente estudo foi de 3,10 %. Esse resultado foi inferior ao obtido por Rowe, Macedo, Visentainer, Souza e Matsushita (1999) de 10,79 e 6,85% de gordura intramuscular de cordeiros terminados em confinamento e pastagem (*Cynodon dactylon*), respectivamente, e pode ser considerada uma carne magra por apresentar valores inferiores a 5 %, como sugerido por Gurtler, Ketz, Kolb, Schroder e Seidel (1987), visto que existe uma correlação positiva entre o teor de extrato etéreo e colesterol da carne (Rowe et al., 1999; Arboitte et al., 2004).

O valor final do pH também pode afetar a qualidade da carne (Devine, Graafnuis, Muir & Chrystall, 1993) e, dentre os fatores relacionados estão os níveis de glicogênio no músculo que podem afetar a maciez, sendo que o manejo pré-abate e a ingestão de energia podem influenciar o seu acúmulo (Pethick & Rowe, 1996; Lowe, Peachey & Devine, 2002; Brito et al., 2016). Nesse estudo, não houve diferença entre os níveis de energia das dietas e os valores de pH final estão próximos da faixa aceitável (5,6 a 5,8) para carcaças de ovinos (Jiang et al.,

2014; Majdoub-Mathlouthi, Saïd, Say, & Kraiem, 2013) e descartam eventuais problemas de estresse no manejo pré-abate (Smeti, Atti, Mahouachi, & Munoz, 2013).

A força de cisalhamento é um indicador de maciez da carne, e seu valor pode ser afetado por muitos fatores, incluindo idade, raça, espécie, tipo de músculo, região de produção, estação e período de terminação (Abdullah & Qudsieh, 2009; Protes et al., 2018). Considerando esses fatores e a literatura disponível, o valor da força de cisalhamento considerado como um limiar para avaliar a sensibilidade da carne de cordeiro entre aceitável ou inaceitável é de 49,03 N (Safari, Channon, Hopkins, Hall & van de Vem, 2002), valor próximo ao obtido na carne de cordeiros terminados em semi-confinamento em pastagem de aveia preta e suplementados com as silagens provenientes de SIPA (Tabela 6).

A cor da carne é um fator importante para o consumidor, sendo o principal critério para a escolha do produto cárneo no momento da compra. A cor da carne obtida no presente estudo, independente da dieta utilizada na terminação dos cordeiros, pode ser considerada satisfatória e aceitável, visto que valores para luminosidade (L^*) abaixo de 34 e intensidade de vermelho (a^*) abaixo de 9,5 são considerados escuros e inaceitáveis para a média dos consumidores como relatado por Khlijji, van de Ven, Lamb, Lanza e Hopkins (2010).

Vários fatores podem afetar a composição de ácidos graxos da carne, como raça, sexo, peso de abate, músculo, corte comercial, dentre outros (Wood et al., 2004; Wood et al., 2008; Campo, Muela, Resconi, Barahona, & Sañudo, 2016). Porém, a composição da dieta é o principal fator que influencia o perfil de ácidos graxos da carne de ruminantes (Buccioni, Decandia, Minieri, Molle & Cabiddu, 2012; De Smet & Vossen, 2016). No entanto, no presente estudo, a composição dos ácidos graxos da gordura intramuscular do músculo LTL (Tabela 6) de cordeiros terminados em semi-confinamento, não foi afetada pelas diferentes dietas. Nesse caso, pode-se dizer que as dietas propostas podem ter apresentado composição de ácidos graxos semelhantes. Além disso, os suplementos foram formulados com relação

volumoso:concentrado de 60:40, o que também pode ter proporcionado taxa similar de lipólise e biohidrogenação dos lipídios das dietas no metabolismo ruminal dos cordeiros.

A biohidrogenação é tipicamente menos extensa em ovinos do que em bovinos e, conseqüentemente, a carne ovina pode conter maiores proporções de ácidos graxos poli-insaturados, incluindo ácido linoleico conjugado (CLA) e monoinsaturados. Apesar das relações entre os ácidos graxos na carne ovina, seu consumo e efeitos na saúde humana ainda não serem bem documentadas (Chikwanha et al., 2018), sabe-se que o aumento de ômega-3 (ácido graxo poli-insaturado n-3) e 6 (ácido graxo poli-insaturado n-6) na composição da carne tem efeito benéfico sobre o seu consumo na saúde humana, pois exercem forte papel na prevenção de doenças cardiovasculares, doenças metabólicas, inflamatórias e o câncer (Wysoczański et al., 2016; O'Connell, Block, Huang & Shearer, 2017). No presente estudo, as concentrações dos ácidos linolênico (C18:3n – 3) e linoleico (C18:3n-6) na carne ovina, principais ácidos graxos poli-insaturados n-3 e n-6, foram superiores em relação as proporções observadas por Chikwanha et al. (2018), em meta-análise sobre o efeito do perfil de ácidos graxos na carne ovina na saúde humana.

Em geral, a concentração de ácido mirístico (C14:0) na carne ovina é de 2,23 a 4,37 % (Chikwanha et al., 2018), valor superior ao encontrado no presente estudo para o mesmo músculo. Diferentemente dos ácidos poli-insaturados, o ácido mirístico, juntamente com o palmítico (C16:0), tem sido associado com o aumento do risco de desenvolvimento de doenças cardiovasculares em humanos (Salter, 2013). O consumo de forragem fresca ou conservada de boa qualidade tem sido essencial na produção de carne com perfil de ácido graxo saudável. As forragens apresentam lipídios naturalmente ricos em ácido α -linolênico (precursor do ácido linolênico), o qual apresenta efeito tóxico aos microrganismos ruminais responsáveis pela biohidrogenação (Maia et al., 2010).

Segundo Zhang, Liu, Hao e Xin (2017), dietas à base de forragem (70%) como no presente estudo (pastagem + silagem), podem alterar favoravelmente a composição de ácidos graxos da carne por meio do aumento de ácidos graxos de cadeia ímpar, associados a propriedades anti-carcinogênicas e anti-inflamatórias, e ácidos graxos de cadeia ramificada, associado inversamente com o risco de diabetes tipo 2 e doenças cardiovasculares. De acordo com Bernes, Turner e Pickova (2012), cordeiros alimentados apenas com silagem produzem carne com maior proporção de ácido graxo n-3, porém a exigência nutricional dos cordeiros para crescimento ótimo é difícil de ser alcançada, mesmo com os nutrientes de alta qualidade da silagem. Nesse contexto, o sistema de semi-confinamento em SIPA, com a inclusão de alimentos concentrados na suplementação animal, ricos em ácidos graxos poli-insaturados, mostrou ser uma estratégia viável para conciliar o desempenho animal com a qualidade de seus produtos.

5. Conclusão

O método de sobressemeadura a lanço da aveia, com posterior incorporação das sementes com gradagem leve, em áreas de SIPA pode ser utilizado como método alternativo à sobressemeadura em linha, quando não se dispõe de semeadora-adubadora para sementes miúdas, sem interferir nos resultados produtivos de cordeiros semi-confinados.

Os consórcios de milho com capim-marandu e milho com capim-marandu e feijão guandu em SIPA sob sistema de plantio direto, com posterior sobressemeadura da aveia preta, são opções viáveis para a terminação de cordeiros em semi-confinamento, pois permite reduzir a sazonalidade na oferta, por meio da produção de carne ovina no inverno/primavera sem interferir na qualidade do produto final.

Referências

- Abdullah, A.Y. & Qudsieh, R.I. (2009). Effect of slaughter weight and aging time on the quality of meat from Awassi ram lambs. *Meat Science*, 82, 309-316.
<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.01.027>
- Adami, P. F. & C. S. R. Pitta. (2012). *Pastagem e bovinocultura de leite*. Instituto Federal do Paraná, Curitiba, Paraná.
- Adu-Gyamfi, J.J., Myaka, F. A., Sakala, W.D., Odgaard, R., Vesterager J.M. & Hogh-Jensen, H. (2007). Biological nitrogen fixation and nitrogen and phosphorus budgets in farmer-managed intercrops of maize–pigeon pea in semi-arid southern and eastern Africa. *Plant and Soil*, 295, 127-136. <https://doi.org/10.1007/s11104-007-9270-0>
- Alvares, C. A., Stape J. L., Sentelhas, P.C., Gonçalves, J.L.M. & Sparovek, G. (2013). Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6), 711-728. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- Álvarez-Rodríguez, J., Ripoll, G., Lóbon, S., Sanz, A., Blanco, M. & Joy, M. (2018). Alfalfa but not milk in lamb's diet improves meat fatty acid profile and α -tocopherol content. *Food Research. International*, 107, 708-716.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.03.007>
- AOAC – Association of Official Agricultural Chemists. (1995). *Official Methods of Analysis*. 15th ed. Assoc. Off. Anal. Chem., Washington, DC.
- AOAC - Association of Official Agricultural Chemists. (2007). *Official Methods of Analysis*. 18th ed. Assoc. Off. Anal Chem., Gaithersburg, MD.
- Arboitte, M. Z., Restle, J., Alves Filho, D.C., Brondani, I.L., Pacheco, P.S., Menezes, L.F.G. & Perottoni, J. (2004). Composição física da carcaça, qualidade da carne e conteúdo de colesterol no músculo *Longissimus dorsi* de novilhos 5/8 Nelore - 3/8 Charolês terminados em confinamento e abatidos em diferentes estádios de maturidade. *Revista*

Brasileira de Zootecnia, 33(4), 959-968. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982004000400016>

Bell, L.W., Moore, A.D. & Kirkegaard, J. A. (2014). Evolution in crop–livestock integration systems that improve farm productivity and environmental performance in Australia.

European Journal of Agronomy, 57, 10-20. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2013.04.007>

Bernes, G., Turner, T. & Pickova, J. (2012). Sheep fed only silage or silage supplemented with concentrates: 2. Effects on lamb performance and fatty acid profile of ewe milk and lamb meat. *Small Ruminant Research*, 102(2), 114-124.

<https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2011.08.001>

BRASIL. (2000). Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento (MAPA).

Secretaria da Defesa Agropecuária (SDA). Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal (DIPOA). Divisão de Normas Técnicas. Instrução Normativa n. 3, de 17 de janeiro de 2000. Aprova o Regulamento Técnico de Métodos de Insensibilização para o Abate Humanitário de Animais de Açougue. Lex: DOU de 24 de janeiro de 2000, seção I, p.14-16. Brasília. Disponível em:

<http://www.defesaagropecuaria.sp.gov.br/www/legislacoes/popup.php?action=view&idleg=661>. Acesso em 20 jun, 2014

Brito, G.F., McGrath, S.R., Holman, B.W., Friend, M.A., Fowler, S.M., van de Ven, R.J. & Hopkins, D.L. (2016). The effect of forage type on lamb carcass traits, meat quality and sensory traits. *Meat Science*, 119, 95-101. <http://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.04.030>.

Buccioni, A., Decandia, M., Minieri, S., Molle, G. & Cabiddu, A. (2012). Lipid metabolism in the rumen: new insights on lipolysis and biohydrogenation with an emphasis on the role of endogenous plant factors. *Animal Feed Science and Technology*, 174, 1-25.

<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2012.02.009>

- Butterfield, R.M. (1988). *New concepts of sheep growth*. Department of Veterinary Anatomy, University of Sydney, Australia. 168p
- Campo, M.M., Muela, E., Resconi, V.C., Barahona, M. & Sañudo, C. (2016). Influence of commercial cut on proximate composition and fatty acid profile of Rasa Aragonesa light lamb. *Journal of Food Composition and Analysis*, 53, 7-12.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jfca.2016.08.001>
- Cantarella, H., Van Raij, B. & Camargo, C. E. O. (1997). Cereais, in: Van Raij, B., Cantarella, H., Quaggio, J.A., Furlani, A.M.C. (Eds.), *Boletim Técnico 100: Recomendação de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo*. 2.ed. Instituto Agrônômico, IAC, Campinas, SP, pp. 43-71.
- CEPAGRI, 2013. *Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura*. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP. Disponível em:
https://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_086.html
- Chikwanha, O.C., Vahmani, P., Muchenje, V., Dugan, M.E.R. & Mapiye, C. (2018). Nutritional enhancement of sheep meat fatty acid profile for human health and wellbeing. *Food Research International*, 104, 25-38.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.05.005>
- De Smet, S. & Vossen, E. (2016). Meat: The balance between nutrition and health. A review. *Meat Science*, 120, 145-156. <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.04.008>
- Devine, C., Graafhuis, A., Muir, P., & Crystall, B. (1993). The effect of growth rate and ultimate pH on meat quality of lambs. *Meat Science*, 35, 63-77.
[https://doi.org/10.1016/0309-1740\(93\)90070-X](https://doi.org/10.1016/0309-1740(93)90070-X)
- Santos, H.G., Jacomine, P. K. T., Anjos, L. H. C., Oliveira, V. A., Oliveira, J. B., Coelho, M. R., Lumbreras, J. F. & Cunha, T. J. F. 2006. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 2 ed. Rio de Janeiro, RJ. 306p.

- Fancelli, A. L. & Dourado Neto, D. (2000). *Produção de Milho*. Ed. Agropecuária, Guaíba, RS. 360 p.
- FAO. (2016). Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAOSTAT database, <http://http://faostat3fao.org/browse/Q/QA/E>. Acesso em: 07 mar 2018.
- Fernandes, P.C.C., Chaves, S.S.F., Freitas, D.R., Silva, A.V., Silveira Filho, A. & Alves, L. W. R. (2010). Meta Análise Quantitativa da Produção Bibliográfica dos Sistemas de Integração Agropecuários. In: Workshop integração lavoura-pecuária-floresta em rondônia, 1., 2010, Porto Velho. Resumos expandidos... Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2010. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/31571/1/Meta-Ana769lise-Paulo.pdf>
- Folch, J., Lee, M. & Sloane-Stanley, G.H.A. (1957). A simple method for isolation and purification of total lipids from animal tissue. *Journal of Biological Chemistry*, 226, 497-509.
- Gordon H.M. & Whitlock, H.V.A. (1939). A new technique for counting nematode eggs in sheep faeces. *Journal of Council Scientific and Industrial Research.*, Australia, 12:50-52.
- Gurtler, H., Ketz, H. A., Kolb, E., Schroder, L. & Seidel, H. (1987). *Fisiologia Veterinária*. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, RJ.
- Hammond, J. (1940). *Farm Animals: Their Breeding, Growth and Inheritance* (first ed.), Edward Arnold, London. 206p.
- Hartman, L. & Lago, B. C. A. (1973). *Rapid preparation of fatty, methyl esters from lipids*. Laboratory Practical, 22, 457-477.
- Hoang, V. (2013). Analysis of productive performance of crop production systems: An integrated analytical framework. *Agricultural System*, 116, 16-24. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2012.12.005>

- Honikel, K.O. (1998). Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Science*, 49(4), 447-457. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(98\)00034-5](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(98)00034-5).
- Jiang, H., Wang, Z., Ma, Y., Qu, Y., Lu, X., Guo, H. & Luo, H. (2015). Effect of dietary lycopene supplementation on growth performance, meat quality, fatty acid profile and meat lipid oxidation in lambs in summer conditions. *Small Ruminant Research*, 131, 99-106. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2015.08.017>
- Khlijji, S., van de Ven, R., Lamb, T.A., Lanza, M. & Hopkins, D.L. (2010). Relationship between consumer ranking of lamb colour and objective measures of colour. *Meat Science*, 85(2), 224-229. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.01.002>
- Lopes, M.L.T., Carvalho, P.C.F., Anghinoni, I., Santos, D.T., Kuss, F., Freitas, F.K. & Flores, J.P.C., (2008). Sistema de integração lavoura-pecuária: desempenho e qualidade de carcaça de novilhos superprecoces terminados em pastagem de aveia e azevém manejada sob diferentes alturas. *Ciência Rural*, 38, 178-184. <https://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782008000100029>
- Lowe, T.E., Peachey, B.M. & Devine, C.E. (2002). The effect of nutritional supplements on growth rate, stress responsiveness, muscle glycogen and meat tenderness in pastoral lambs. *Meat Science*, 62, 391-397. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(02\)00027-X](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(02)00027-X)
- Mahgoub, O., Khanb, A.J., Al-Maqbalya, R.S., Al-Sabahi, J.N., Annamalai, K. & Al-Sakry, N.M. (2012). Fatty acid composition of muscle and fat tissues of Omani Jebel Akhdar goats of different sexes and weights. *Meat Science*, 61, 381-387. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(01\)00208-X](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(01)00208-X)
- Maia, M.R.G., Chaudhary, L.C., Bestwick, C.S., Richardson, A.J., McKain, N., Larson, T.R., Graham, I.A. & Wallace, R.J. (2010). Toxicity of unsaturated fatty acids to the

- biohydrogenating ruminal bacterium, *Butyrivibrio fibrisolvens*. *BMC Microbiology*, 10, 52. <https://doi.org/10.1186/1471-2180-10-52>
- Majdoub-Mathlouthi, L., Saïd, B., Say, A. & Kraiem, K. (2013). Effect of concentrate level and slaughter body weight on growth performances, carcass traits and meat quality of Barbarine lambs fed oat hay-based diet. *Meat Science*, 93, 557-563. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.10.012>
- Mertens, D.R., (2002). Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: collaborative study. *Journal of AOAC International*, 85, 1217-1240.
- Moraes, A., Carvalho, P.C.F., Anghinoni, I., Lustosa, S.B.C., Costa, S.E.V.G.A. & Kunrath, T.R., (2014). Integrated crop-livestock systems in the Brazilian subtropics. *European Journal of Agronomy*, 57, 4-9. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2013.10.004>
- NRC – National Research Council. (2001). *Nutrient requirements of dairy cattle*. 7th. rev. ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC.
- NRC – National research Council. (2007). *Nutrient requirements of small ruminants*. Natl. Acad. Press, Washington, DC.
- O'Connell, T.D., Block, R.C., Huang, S.P. & Shearer, G.C. (2017). ω 3-polyunsaturated fatty acids for heart failure: Effects of dose on efficacy and novel signaling through free fatty acid receptor 4. *Journal of Molecular and Cellular Cardiology*, 103, 74-92. <http://dx.doi.org/10.1016/j.yjmcc.2016.12.003>
- Oliveira, P., Kluthcouski, J., Favarin, J. L. & Santos, D. C. (2011). Consórcio de milho com braquiária e guandu-anão em sistema de dessecação parcial. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 46(1), 1184-1192. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2011001000010>
- Pariz, C. M., Andreotti, M., Tarsitano, M.A.A., Bergamaschine, A. F., Buzetti, S. & Chioderolli, C.A. (2009). Desempenhos técnicos e econômicos da consorciação de milho

com forrageiras dos gêneros *Panicum* e *Brachiaria* em sistema de integração lavoura-pecuária. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 39(4), 360-370.

<https://doi.org/10.5216/pat.v39i4.5651>

Pariz, C.M., Carvalho, M.P., Chioderoli, C.A., Nakayama, F.T., Andreotti, M. & Montanari R. (2011). Spatial variability of forage yield and soil physical attributes of a *Brachiaria decumbens* pasture in the Brazilian Cerrado. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40, 2111-2120, <https://doi.org/10.1590/S1516-35982011001000007>

Pariz, C.M., Costa, C., Crusciol, C.A.C., Meirelles, P. R. L., Castilhos, A.M., Andreotti, M., Costa, N.R., Martello, J.M., Souza, D.M., Sarto, J.R.W. & Franzluebbbers, A.J. (2016). Production and soil responses to intercropping of forage grasses with corn and soybean silage. *Agronomy Journal*, 108, 2541–2553.

<http://dx.doi.org/10.2134/agronj2016.02.0082>

Pariz, C. M., Costa, C., Crusciol, C.A., Castilhos, A.M., Meirelles, P.R.L., Roça, R.O., Pinheiro, R.S.B., Kuwaharae, F.A., Martello, J.M., Cavasano, F.A., Yasuoka, J.L., Sarto, J.R.W., Melo, V.F.P. & Franzluebbbersg, A.J. (2017a). Lamb production responses to grass grazing in a companion crop system with corn silage and oversowing of yellow oat in a tropical region. *Agricultural System*, 151, 1-11.

<https://doi.org/10.1016/j.agry.2016.11.004>

Pariz, C.M., Costa, C., Crusciol, C.A.C, Castilhos, A.M., Meirelles, P.R.L., Roça, R.O., Pinheiro, R.S.B, Kuwahara, F.A., Martello, J.M., Cavasano, F.A., Yasuoka, J.I., Sarto, J.R.W., Melo, V.F.P. & Franzluebbbers, A.J. (2017b). Lamb production responses to grass grazing in a companion crop system with corn silage and oversowing of yellow oat in a tropical region. *Agriculture System* 151, 1-11.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.agry.2016.11.004>

- Pethick, D.W. & Rowe, J.B. (1996). The effect of nutrition and exercise in carcass parameters and the level of glycogen in skeletal muscle of merino sheep. *Australian Journal of Agricultural Research*, 47, 525-537. [https://doi.org/ 10.1071/AR9960525](https://doi.org/10.1071/AR9960525).
- Peyraud, J.L., Taboada, M. & Delaby, L. (2014). Integrated crop and livestock systems in Western Europe and South America: A review. *European Journal of Agronomy*, 57, 31-42. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2014.02.005>
- Polidoro, P., Pucciarelli, S., Carmmertoni, N. & Polzonetti, V. (2017). The effects of slaughter age on carcass and meat quality of Fabrianese lamb. *Small Ruminant Research*, 155, 12-15. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2017.08.012>
- Ponnampalam, E.N., Kerr, M.G., Butler, K.L., Cottrell, J.J., Dunshea, F.R., & Jacobs, J.L. (2019). Filling the out of season gaps for lamb and hogget production: Diet and genetic influence on carcass yield, carcass composition and retail value of meat. *Meat Science*, 148, 156-163. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.08.027>
- Protes, V.M., Costa, C., Pariz, C.M., Castilhos, A.M., Meirelles, P.R.L., Longhini, V.Z., Roça, R.O., Ricardo, H.A. & Melo, V.F.P. (2018). Effects of soybean silage on feeding behavior, performance, and meat quality of lambs. *Small Ruminant Research*, 164, 64-69. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2018.05.005>
- Reis, W.; Jobim, C. C., Macedo, F. A. F., Martins, E. N. & Cecato, U. (2001). Características de carcaça de cordeiros alimentados com dietas contendo grãos de milho conservados em diferentes formas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 30(4), 1308-1315. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982001000500026>
- Rowe, A., Macedo, F. A. F., Visentainer, J. V., Souza, N. E. & Matsushita, M. (1999). Muscle composition and fatty acid profile in lambs fattened in drylot or pasture. *Meat Science*, 51, 283-288. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(98\)00063-1](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(98)00063-1)

- Russo, C., Preziuso, G., Casarosa, L., Campodoni, G. & Cianci, D. (1999). Effect of diet energy source on the chemical-physical characteristics of meat and depot fat lambs carcass. *Small Ruminant Research*, 33, 77-85. [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(98\)00200-4](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(98)00200-4)
- Safari, E., Channon, H.A., Hopkins, D.L., Hall, D.G. & van de Ven, R. (2002). A national audit of retail lamb loin quality in Australia. *Meat Science*, 61(3), 267-273. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(01\)00192-9](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(01)00192-9)
- Salter, A.M. (2013). Dietary fatty acids and cardiovascular disease. *Animal*, 7, 163-17. <https://doi.org/10.1017/S1751731111002023>
- Savell, J., Miller, R., Wheeler, T., Koohmaraie, M., Schackelford, S., Morgan, B., Calkins, C., Miller, M., Dikeman, M. & McKeith, F. (1994). Standardized Warner-Bratzler shear force procedures for genetic evaluation. (online) <https://meat.tamu.edu/research/shear-force-standards/>
- Silva Sobrinho, A.G., Sañudo, C. & Osório, J.C.S. (2008). *Produção de carne ovina*. Funep, Jaboticabal, SP. 228p.
- Smeti, S., Atti, N., Mahouachi, M. & Munoz, F. Use of dietary rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) essential oils to increase the shelf life of Barbarine light lamb meat. *Small Ruminant Research*, 113, 340-345. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2013.04.001>
- Sollenberger, L. E. & Cherney, D. J. R. (1995). *Evaluating forage production and quality*. The Science of Grassland Agriculture. Ames: Iowa State University Press, pp. 97-110.
- Sulc, R.M. & Franzluebbers, A.J. (2014). Exploring integrated crop-livestock systems in different ecoregions of the United States. *European Journal of Agronomy*, 57, 21-30. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2013.10.007>

- Tilley, J. M. A. & Terry, R.A. (1963). A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *Grass Forage Science*, 18, 104–111. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1963.tb00335.x>
- Van Raij, B., Andrade, J.C., Cantarella, H. & Quaggio, J.A. (2011). Análise química para a avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: Instituto Agronômico, 284p.
- Van Soest, P. J., Robertson, J. B. & Lewis, B.A., (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74, 3583-3597. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)
- Vergara, H., Molina, A. & Gallego, L. (1999). Influence of sex and slaughter weight on carcass and meat quality in light and medium weight lambs produced in intensive systems. *Meat Science*, 52, 221-226. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(98\)00171-5](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(98)00171-5)
- Zhang, Y., Liu, K., Hao, X. & Xin, H. (2017). The relationships between odd- and branched-chain fatty acids to ruminal fermentation parameters and bacterial populations with different dietary ratios of forage and concentrate. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 199, 1-12. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.04.085>
- Welch, C.M., Ahola, J.K., Hall, J.B., Murdoch, G.K., Crews, D.H. Jr., Davis, L.C., Doumit, M.E., Price, W.J., Keenan, L.D. & Hill R.A. (2012). Relationships among performance, residual feed intake, and product quality of progeny from Red Angus sires divergent for maintenance energy EPD. *Journal of Animal Science*, 90(13), 5107-5117. <https://doi.org/10.2527/jas.2012-518>
- Wood, J.D, Richardson, R.I., Nute, G.R., Fisher, A.V., Campo, M.M., Kasapidou, E., Sheard, P.R. & Enser, M. (2004). Effects of fatty acids on meat quality: A review. *Meat Science*, 66 (1), 21-32. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(03\)00022-6](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(03)00022-6)

- Wood, J.D., Enser, M., Fisher, A.V., Nute, G.R., Sheard, P.R., Richardson, R.I., Hughes, S.I. & Whittington, F.M. (2008). Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat Science*, 78, 343-358. [https://doi.org/ 10.1016/j.meatsci.2007.07.019](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.07.019)
- Wysoczański, T., Sokoła-Wysoczańska, E., Pękala, J., Lochyński, S., Czyż, K., Bodkowski, R., Herbinger, G. & Librowski, T. (2016). Omega-3 fatty acids and their role in central nervous system – A review. *Current Medicinal Chemistry*, 23(8), 816-831. <https://doi.org/10.2174/0929867323666160122114439>

Tabela 1. Precipitação, temperatura e fotoperíodo de Botucatu, São Paulo, Brasil, durante o período do estudo.

	Mês											
	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.
<u>2013-2014</u>												
Precipitação, mm	45	65	74	116	104	99	72	1	26	19	96	37
Máxima, °C	28,1	30,0	30,7	31,3	28,8	27,3	24,0	24,5	23,7	26,8	28,0	30,2
Mínima, °C	17,3	19,0	19,7	20,4	18,8	16,7	13,9	13,5	11,7	11,5	12,5	13,4
Fotoperíodo, h dia ⁻¹	6,3	8,0	8,7	7,8	6,7	8,3	6,4	7,5	7,1	8,6	6,6	7,9
<u>2014-2015</u>												
Precipitação, mm	144	265	256	252	265	46	99	23	93	54	219	60
Máxima, °C	28,1	28,6	31,7	28,4	27,1	27	23,4	23,5	22,6	26,7	27,3	28,7
Mínima, °C	13,9	15,5	19,1	18,1	17,2	16,1	13,4	12,9	12,6	13,5	15,2	15,8
Fotoperíodo, h dia ⁻¹	6,5	6,7	8,1	6,7	5,0	7,3	5,8	7,7	5,2	8,5	6,8	6,2
<u>2015-2016</u>												
Precipitação, mm	133,8	185	224	203	141	67	76	56	38	39	71	127
Máxima, °C	27,7	27,2	28,1	28,0	28,0	27,0	24,0	23,0	23,0	25,0	26,2	26,7
Mínima, °C	16,2	16,4	17,1	17,4	19,0	17,0	15,0	13,0	13,0	14,0	12,04	14,2
Fotoperíodo, h dia ⁻¹	7,2	13,3	13,2	12,7	12,1	11,5	10,9	10,7	10,8	11,2	11,9	12,5
<u>Média histórica (60 anos)</u>												
Precipitação, mm	185	224	203	141	67	76	56	38	39	71	127	133
Máxima, °C	27,2	28,1	28,0	28,0	27,0	24,0	23,0	23,0	25,0	26,2	26,7	27,2
Mínima, °C	16,4	17,1	17,4	19,0	17,0	15,0	13,	13,0	14,0	12,4	14,2	15,1
Fotoperíodo, h dia ⁻¹	13,3	13,2	12,7	12,1	11,5	10,9	10,7	10,8	11,2	11,9	12,5	13,1

Tabela 2. Composição química (base na matéria seca) de silagem de milho em consórcio com capim-marandu (S/G) e em consórcio com capim-marandu e feijão-guandu (C/G), em três anos experimentais.

	2013/2014		2014/2015		2015/2016	
	C/G	S/G	C/G	S/G	C/G	S/G
<i>Composição química</i>						
Grãos, %	52,7	57,9	46,3	53,4	46,6	49,2
Matéria seca, %	40,9	47,1	36,2	34,8	30,4	43,0
Proteína bruta, %	9,9	8,2	7,9	7,0	7,3	5,9
Extrato etéreo, %	2,2	2,4	2,2	2,0	2,4	2,8
Fibra em detergente neutro, %	48,9	41,8	47,9	43,4	47,6	44,2
Fibra em detergente ácido, %	31,8	22,2	26,6	23,9	28,6	24,8
DIVMS ¹ , %			51,9	59,9	57,8	58,0
Nutrientes digestíveis total, %	70,9	78,6	75,8	80,6	75,9	80,6
Energia metabólica, Mcal kg ⁻¹	2,6	2,8	2,7	2,8	2,74	2,81
<i>Perfil de fermentação</i>						
pH	3,54	3,55	3,53	3,56	3,53	3,55
Nitrogênio amoniacal, %	0,15	0,01	0,55	0,44	0,21	0,13
Ácido láctico, %	5,0	4,7	4,5	5,7	4,8	5,1
Carboidrato solúvel, %	9,9	10,9	9,5	10,0	10,0	10,6
Acidez titulável, %	0,96	0,74	1,06	0,99	1,02	0,97

¹ Digestibilidade *in vitro* da matéria seca.

Tabela 3. Ingredientes e composição química das dietas experimentais compostas por pastagem de aveia preta, concentrado e silagens de milho com capim-marandu (S/G) e milho com capim-marandu e feijão guandu (C/G) ¹.

	C/G		S/G	
	Linha	Lanço	Linha	Lanço
<i>Ingredientes, % matéria seca (MS)</i>				
Silagem	30,0	30,0	30,0	30,0
Grão de milho (6 mm)	29,9	29,9	28,2	28,2
Farelo de soja	7,0	7,0	8,5	8,5
Suplemento mineral ²	1,8	1,8	1,8	1,8
Calcário calcítico	0,75	0,75	0,75	0,75
Ureia	0,51	0,51	0,67	0,67
Monensina sódica ³	0,04	0,04	0,04	0,04
Pastagem de aveia	30,0	30,0	30,0	30,0
<i>Composição química das dietas</i>				
Matéria seca, %	58,7	57,8	62,6	62,6
Matéria mineral, % MS	5,6	4,6	5,8	5,7
Proteína bruta, % MS	14,2	15,1	14,1	14,6
Proteína degradável no rúmen, % PB	65,1	65,1	67,2	67,2
Proteína metabolizável, Mcal, kg MS	10,9	11,2	10,3	10,4
Energia metabolizável, Mcal/kg MS	3,0	3,1	2,9	2,9
Nutriente digestível total, % MS	82,9	84,3	80,7	79,2
Fibra em detergente neutro (FDN), % MS	29,4	28,2	24,7	28,8
FDN fisicamente efetivo, % MS	22,4	22,2	19,2	22,6
Fibra em detergente ácido, % MS	16,8	16,1	11,8	14,3
Extrato etéreo, % MS	3,4	3,4	2,9	2,9

¹ Valores corrigidos para 100% de matéria seca (MS).

² Composição do mineral. Kg⁻¹: 155g Ca, 65g P, 110g Mg, 210g S, 380 mg Se, 83.500mg Zn, 26.300mg Mn, 2.500mg I e 2.500mg Co.

³ Rumensin, Elanco Animal Health, Greenfield, IN.

Tabela 4. Características de carcaça de cordeiros terminados em semi-confinamento suplementados com ração (silagem e concentrado) e pastagem de aveia-preta sobressemeada em linha e à lanço, após a produção de silagem de milho em consórcio com capim-marandu (S/G) e com capim-marandu e feijão-guandu (C/G), em 3 anos experimentais.

	Silagem (S)		Aveia (A)		EPM ¹	P – value ²	
	C/G	S/G	Linha	Lanço		S	A
	Anos (2014/2015/2016)						
Peso vivo final, kg	44,5	44,8	44,1	45,2	0,96	0,71	0,28
Peso corporal em jejum, kg	40,9	41,4	40,8	41,5	0,89	0,59	0,41
Perda em jejum, %	7,9	7,5	7,4	7,9	0,39	0,28	0,21
Peso gastrointestinal, kg	8,3	8,2	8,1	8,4	0,25	0,67	0,25
Peso de corpo vazio, kg	32,6	33,2	32,6	33,1	0,75	0,44	0,55
Peso de carcaça quente (PCQ), kg	19,2	19,5	19,09	19,6	0,46	0,46	0,28
Peso de carcaça fria (PCF), kg	19,0	19,3	18,9	19,4	0,48	0,54	0,29
Perda por resfriamento, %	0,7	0,9	0,7	0,8	0,25	0,35	0,71
Rendimento de carcaça quente (RCQ), %	46,8	46,9	46,7	47,1	0,43	0,59	0,39
Rendimento de carcaça fria (RCF), %	46,4	46,5	46,3	46,6	0,41	0,73	0,47
Rendimento verdadeiro, %	58,8	58,7	58,4	59,1	0,53	0,85	0,17
Temperatura, °C	16,6	17,0	17,0	16,7	0,44	0,37	0,45
pH	5,7	5,75	5,77	5,74	0,04	0,95	0,55

¹ Erro padrão médio.

² O efeito dos fatores isolados é significativo pelo teste F ($P \leq 0,05$) e a interação dos fatores pelo teste LSD ($P \leq 0,05$).

Tabela 5. Qualidade de carne de cordeiros terminados em semi-confinamento suplementados com ração (silagem e concentrado) e pastagem de aveia-preta sobressemeada em linha e à lanço, após a produção de silagem de milho em consórcio com capim-marandu (S/G) e com capim-marandu e feijão-guandu (C/G), em três anos experimentais.

Item	Silagem (S)		Aveia (A)		EPM ¹	P – value ²		
	C/G	S/G	Linha	Lanço		S	A	S × A
	Anos (2014/2015/2016)							
Umidade, %	74,4	74,4	74,1	74,6	0,3	0,89	0,11	0,02
Perda por cocção, %	26,8	27,7	26,6	27,9	1,4	0,48	0,37	0,46
Força de cisalhamento, N	50,4	52,9	50,9	52,4	0,2	0,28	0,52	0,75
Proteína, %	21,7	21,9	21,8	21,8	0,2	0,22	0,88	0,91
Extrato etéreo, %	3,2	3,0	3,4	2,8	0,3	0,62	0,07	0,04
Resíduo mineral, %	1,1	1,1	1,1	1,1	0,01	0,80	0,90	0,95
<i>Cor da carne</i>								
a*	19,1	19,0	19,3	18,8	0,3	0,93	0,18	0,05
b*	6,1	6,1	6,3	5,9	0,2	0,98	0,06	0,76
L*	36,2	37,0	36,1	37,1	0,6	0,19	0,11	0,10
<i>Cor da gordura</i>								
a*	10,403	10,218	9,495	11,126	0,9	0,83	0,07	0,61
b*	10,744	10,543	10,445	10,842	0,4	0,63	0,34	0,65
L*	71,425	72,251	72,330	71,346	1,0	0,41	0,33	0,68
Espessura de gordura, mm	3,33	3,18	3,28	3,23	0,4	0,75	0,92	0,55
Área de olho de lombo, cm ²	14,27	13,86	14,07	14,06	0,8	0,60	0,99	0,18

¹ Erro padrão médio.

² O efeito dos fatores isolados é significativo pelo teste F ($P \leq 0,05$) e a interação dos fatores pelo teste LSD ($P \leq 0,05$).

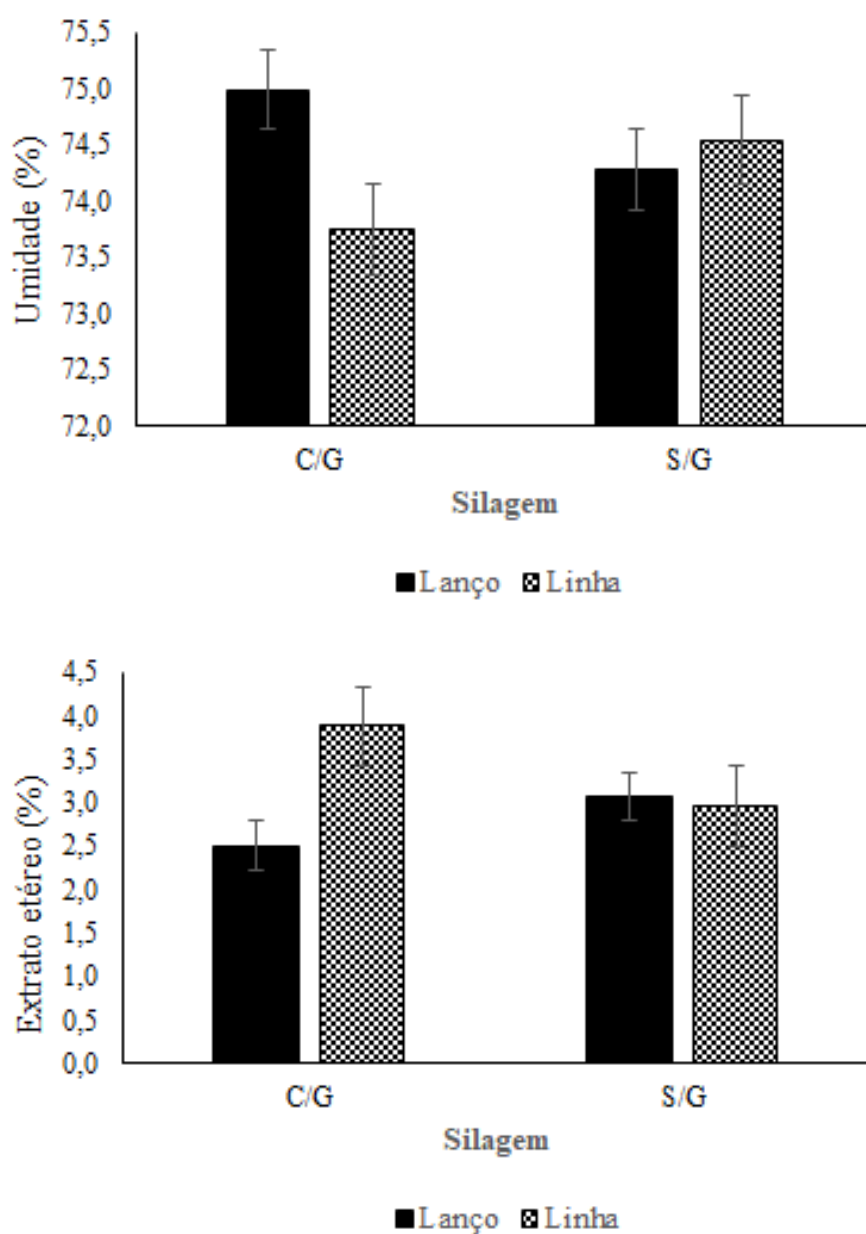


Fig. 1. Desdobramento da interação das variáveis tipo de silagem e método de sobressemeadura da aveia (S x AV; $P < 0,05$) para os teores de umidade (%) e extrato etéreo (%) da carne de cordeiros terminados em semi-confinamento em pastagem de aveia-preta, sobressemeada em linha ou a lanço, após a colheita do milho em consórcio com capim-marandu e feijão guandu (C/G) e em consórcio com capim-marandu (S/G) para ensilagem.

Tabela 6.

Perfil de ácido graxo do músculo LL de cordeiros terminados em semi-confinamento suplementados com ração (silagem e concentrado) e pastagem de aveia-preta, sobressemeada em linha e à lanço, após a produção de silagem de milho em consórcio com capim-marandu (S/G) e com capim-marandu e feijão-guandu (C/G), em 3 anos experimentais.

Item ¹	Silagem (S)		Aveia (AV)		EPM ²	P – value ³	
	C/G	S/G	Linha	Lanço		S	AV
C12:0	0,1	0,03	0,08	0,05	0,02	0,08	0,31
C14:0	0,6	0,4	0,4	0,6	0,2	0,56	0,22
C16:0	34,0	33,2	34,1	33,1	1,0	0,56	0,46
C17:0	0,6	0,4	0,5	0,6	0,12	0,16	0,63
C18:0	18,2	18,9	17,3	19,8	1,8	0,78	0,35
C20:0	0,1	0,02	0,08	0,09	0,04	0,06	0,84
C22:0	0,3	1,3	1,4	0,1	0,8	0,37	0,25
C24:0	0,1	0,2	0,2	0,09	0,08	0,71	0,38
C16:1	1,7	1,5	1,6	1,5	0,4	0,73	0,83
C17:1	0,5	0,4	0,5	0,4	0,2	0,60	0,50
C18:1 ω 9c	30,1	31,7	30,6	31,2	1,4	0,43	0,76
C18:3 ω 3	2,7	2,5	2,8	2,4	0,2	0,44	0,34
C18:2 ω 6c	6,7	6,6	6,8	6,5	0,7	0,97	0,80
C20:4 ω 6	2,2	2,0	1,9	2,2	0,3	0,61	0,53
Σ AG saturado	54,2	54,2	53,8	54,6	1,3	0,99	0,66
Σ AG insaturado	43,9	44,7	44,3	44,4	1,3	0,67	0,97
Σ AG polinsaturado	11,6	11,1	11,5	11,2	0,9	0,70	0,83
NI	1,9	1,0	1,9	1,05	0,4	0,10	0,11

¹ Porcentagem (%) de ésteres metílicos de ácidos graxos totais. C12:0 = ácido láurico; C14:0 = ácido mirístico; C16:0 = ácido palmítico; C17:0 = ácido margárico; C18:0 = ácido esteárico; C20:0 = ácido araquídico; C22:0 = ácido behênico; C24:0 = ácido lignocérico; C16:1 = ácido palmitoléico; C17:1 = cis-10-heptadecanóico; C18:1n9c = ácido oleico; C18:3n3 = ácido α -linolênico; C18:2n6c = ácido linoleico; C20:4n6 = ácido araquidônico; Σ AG = somatório de ácido graxo saturado, insaturado e polinsaturado; NI = não identificado.

² Erro padrão médio

³ O efeito dos fatores isolados é significativo pelo teste F ($P \leq 0,05$) e a interação dos fatores pelo teste LSD ($P \leq 0,05$).

CAPÍTULO IV

IMPLICAÇÕES

A semeadora-adubadora para sementes miúdas em plantio direto, tem como vantagens a distribuição e a profundidade mais uniforme das sementes e maior eficiência na utilização dos fertilizantes. Os maquinários têm um papel muito importante no processo de produção, visto que todo o potencial produtivo da cultura pode ser prejudicado devido a uma deficiência de regulação ou pela qualidade do equipamento. Uma alternativa a semeadura direta é a semeadura a lanço, que possibilita abranger toda a área de plantio com menor custo operacional, no entanto, em sistemas convencionais, a deposição superficial das sementes em contato com o solo descoberto pode reduzir a eficiência de germinação. Em áreas de sistemas integrados de produção agropecuária, foi possível observar que a sobressemeadura da aveia a lanço, com posterior incorporação das sementes com gradagem leve, proporciona resultados produtivos semelhantes ao método em linha. Apesar de não utilizar semeadora-adubadora para sementes miúdas, a leve incorporação no solo e a presença de palhada no sistema de plantio direto evitam que as sementes fiquem expostas a intempéries climáticas e ataque por pássaros, não interferindo na germinação e emergência de plântulas.

A sobressemeadura da aveia é uma alternativa para elevar a disponibilidade de forragem para pastejo dos cordeiros no inverno por apresentar maior tolerância às baixas temperaturas, em relação às forrageiras do gênero *Urochloa*. Porém, a aveia é mais sensível a estresse hídrico e de manejo. Em áreas sem irrigação, no período de maio a setembro, o desenvolvimento da aveia é dependente de precipitações pluviais, que na região em que o estudo foi conduzido, nem sempre ocorrem regularmente nessa época do ano, como no caso do primeiro ano. Apesar de ser uma planta típica de clima temperado, os resultados deste experimento demonstram que a utilização da aveia como pastagem de inverno na região sudeste (Botucatu, SP, 920 m) é viável, e evidenciam a necessidade de mais estudos em áreas de Cerrado, com condições distintas de temperatura, umidade e altitude.

O momento correto da entrada dos animais na área para pastejo é extremamente importante, o que pode ser um fator limitante na adoção dessa técnica, principalmente em sistemas que dependem da compra dos animais para engorda, devido à dificuldade de sincronização da sementeira da aveia com o início do pastejo antes de seu florescimento. No presente estudo, houve dificuldade em adquirir animais aos arredores da região em que o experimento foi conduzido, sendo estes provenientes de produtores da região sul do Brasil. Por isso, o momento correto da entrada dos animais na área para pastejo foi comprometido, principalmente no segundo ano experimental. Além disso, houve dificuldade em obter cordeiros com o mesmo grupo genético nos três anos experimentais, principalmente no segundo ano, dificultando a padronização. Por isso, no estudo, os animais foram considerados efeito aleatório.

O manejo das pastagens realizado no presente estudo, por meio do método de pastejo rotacionado com taxa de lotação animal e tempo de ocupação fixos, comprometeu a rebrotação da aveia, principalmente na área onde foi produzida a silagem de milho consorciado apenas com capim-marandu, a qual proporcionou menor disponibilidade de forragem para pastejo. O rebaixamento excessivo pode ser observado, mesmo com o fornecimento do suplemento no pasto (silagem + concentrado), principalmente no segundo ciclo de pastejo. A taxa de lotação variável considerando a disponibilidade e condição fisiológica da forragem pode ser uma estratégia para elevar a eficiência de pastejo, sem comprometer a deposição de palhada sobre a superfície do solo para continuidade do sistema de plantio direto.

Existem vários sistemas de produção de cordeiros no mundo, sendo que na maioria, a fase de terminação ocorre em pastagens. A desvantagem desse sistema é atender à exigência nutricional dos animais, principalmente em relação a demanda energética, estendendo o tempo para obter um bom acabamento de carcaça. Além disso, a terminação exclusivamente em pastagem proporciona menor número de animais por área, principalmente no

inverno/primavera, limitando o retorno econômico da atividade. Por outro lado, o confinamento pode reduzir o tempo de abate e aumentar eficiência de ganho de peso, porém os custos com a alimentação podem elevar significativamente. O meio termo entre os dois sistemas, o semi-confinamento, pode ser uma estratégia para conciliar a eficiência de ganho de peso e menor tempo de abate do confinamento, com a redução dos custos de produção devido a participação das pastagens na dieta dos animais.

Os sistemas integrados avaliados no presente estudo foram semelhantes quanto a eficiência na terminação de cordeiros semi-confinados, promovendo bons resultados de desempenho animal, acabamento de carcaça e qualidade de carne. Contudo, em uma avaliação holística dos sistemas, o consórcio de milho C/G para ensilagem, além de promover bom desempenho animal, também proporcionou resultados benéficos sobre a cultura da aveia, o que foi determinante para maior viabilidade econômica. O incremento na produtividade de forragem para pastejo, reduziu a necessidade do consumo de ração (silagem + concentrado), contribuindo com menor custo de produção e menor emissão de gases de efeito estufa por animal.