

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

DESEMPENHO NA TERMINAÇÃO E QUALIDADE DA
CARÇA E DA CARNE DE BOVINOS CRIADOS EM SISTEMA
AGROSSILVIPASTORIL

PATRÍCIA APARECIDA CARDOSO DA LUZ

Tese apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia como
parte das exigências para obtenção do
título de Doutor em Zootecnia.

BOTUCATU - SP
Julho – 2017

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

DESEMPENHO NA TERMINAÇÃO E QUALIDADE DA CARÇA E DA
CARNE DE BOVINOS CRIADOS EM SISTEMA
AGROSSILVIPASTORIL

PATRÍCIA APARECIDA CARDOSO DA LUZ

Zootecnista

Orientador: Prof. Adjunto III André Mendes Jorge

Coorientadora: Prof. Ass. Dra. Cristiana Andrighetto

Coorientador: Prof. Ass. Dr. Gelci Carlos Lupatini

Tese apresentada ao Programa de Pós-
Graduação em Zootecnia como parte das
exigências para obtenção do título de
Doutor em Zootecnia.

BOTUCATU - SP

Julho – 2017

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

L979d Luz, Patrícia Aparecida Cardoso da, 1988-
Desempenho na terminação e qualidade da carcaça e da carne de bovinos criados em sistema agrossilvipastoril / Patrícia Aparecida Cardoso da Luz. - Botucatu : [s.n.], 2017
98 f. : fots color., grafs., tabs.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu - 2017

Orientador: André Mendes Jorge
Coorientador: Cristiana Andrighetto
Coorientador: Gelci Carlos Lupatini
Inclui bibliografia

1. Bovino - Carcaças. 2. Carne - Qualidade. 3. Carne - Cor. 4. Ácidos graxos. 5. Agrossilvicultura. I. Jorge, André Mendes. II. Andrighetto, Cristiana. III. Lupatini, Gelci Carlos. IV. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Câmpus de Botucatu). Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. V. Título.

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte".

BIBLIOGRAFIA

Patrícia Aparecida Cardoso da Luz, nascida em 27 de abril de 1988, na cidade de Dracena/SP - Brasil, filha de Edna Aparecida Martins Cardoso da Luz e Moisés Aparecido da Luz. Possui graduação em Zootecnia pela Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - Câmpus de Dracena (início 2º semestre de 2007 – término 2º semestre 2011) e Mestrado em Ciência e Tecnologia Animal pela Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - Câmpus de Dracena e Ilha Solteira, conceito 4 (Capes), na área de característica de carcaça e carne maturada de bubalinos (início 1º semestre de 2012 – término 1º semestre de 2014). Atualmente é Doutoranda no Programa de pós-graduação em Zootecnia, na Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - Câmpus de Botucatu, conceito 6 (Capes), na área de desempenho e característica de carcaça e carne de bovinos mantidos em sistemas integrados de produção agropecuária (início no 1º semestre de 2014), o qual foi submetido à qualificação no dia 15/02/2017 e defesa no dia 30/06/2017.

Dedico esse trabalho aos meus pais Edna e Moisés, a minha irmã Tamires e ao meu amor Leonardo, pelo carinho, paciência, incentivos e apoio prestados para a realização desse sonho.

“Aos animais, em especial aos meus Théo, Nero e Mel por todo amor, fidelidade e lealdade.”

Com amor, dedico!

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ser sempre tão generoso comigo, colocando anjos em meu caminho, conduzindo minha vida de forma amável, permitindo que eu realize meus sonhos e por me amparar e me dar forças nos momentos difíceis. Dizer obrigada é muito pouco para lhe agradecer, Senhor. Então, aceite minhas atitudes como minha maior demonstração de gratidão!

À minha Família, em especial aos meus pais, pelo apoio e amor incondicional, confiança, carinho, amizade, por nunca medirem esforços para proporcionar a mim uma ótima formação acadêmica e, principalmente, pelo exemplo que ajudou a definir meu caráter, aos quais eu dedico a minha vida.

Ao meu namorado Leonardo Henrique Zanetti e sua família, pelo apoio, compreensão, amizade, paciência, confiança e, especialmente, por todo amor, companheirismo, carinho e por todo empenho em fornecer o que precisei para executar essa minha caminhada.

À Nicoletta Melis, minha querida “Niki”, por toda ajuda, pela amizade sincera, por todo carinho, pelo companheirismo e, sobretudo, por tornar meus dias mais alegres. A você minha amiga, minha eterna gratidão por ter sido um anjo em minha vida!

Ao meu orientador, Prof. Adj. III André Mendes Jorge, por me aceitar como sua orientada, pela confiança em mim depositada para a realização deste trabalho, pela orientação e, sobretudo, pelo apoio e compreensão nos momentos difíceis que passei, demonstrando que além de ser um profissional respeitável, é também, um ser humano admirável.

À Profa. Dra. Cristiana Andrighetto, pela incrível coorientação, apoio, paciência, dedicação, compreensão, pela confiança depositada e, principalmente, por sempre acreditar em mim. Obrigada por contribuir para meu crescimento profissional e, especialmente, pelo respeito, atenção, carinho e amizade. A você professora, minha eterna gratidão e respeito. Você é meu exemplo!

Ao Prof. Dr. Gelci Carlos Lupatini, por sua coorientação durante o meu doutorado. Agradeço por sua amizade, disposição, conversas, conselhos, ensinamentos, incentivo e apoio.

Ao Professor Adj. MS-5, III Roberto de Oliveira Roça, suas orientadas Carolina, Nara e Nataly e o técnico João por abrir as portas do laboratório e por todo auxílio fornecido durante a realização das minhas análises na FMVZ- Botucatu.

À Pós-Doutoranda em Zootecnia Caroline de Lima Francisco (FMVZ/Unesp) – Câmpus de Botucatu e ao Doutor André Michel de Castilhos, pelos ensinamentos e por toda ajuda. A vocês, todo o meu respeito e admiração pelo brilhante profissionalismo e dedicação pela Zootecnia.

À Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FMVZ/Unesp) – Câmpus de Botucatu, meus agradecimentos pela formação acadêmica, crescimento profissional e pela oportunidade da realização de um sonho.

Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, professores e funcionários da seção de Pós-Graduação por toda ajuda.

Aos funcionários do Departamento de Produção Animal – DPA/FMVZ, pelo suporte em relação as questões burocráticas e pela educação e atenção dedicada a nós alunos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES (vigência 03/2014 – 08/2014) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP (Processo FAPESP nº 2014/12662-0, vigência 09/2014 – 02/2017) pela concessão de bolsa de estudo e reserva técnica, sendo fundamentais para a realização do meu doutorado.

À APTA, Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, Polo Regional Extremo Oeste – Andradina/SP e a todos os funcionários, em especial ao Dr. Gustavo Pavan Mateus, pelo apoio logístico, de infraestrutura e ajuda na condução do experimento.

À equipe do Núcleo de Pesquisa e Extensão em Pastagem e Bovinocultura de Corte (NUPEE), por toda ajuda e pela confiança em me deixar conduzir um experimento, pelos ensinamentos, pela convivência com cada um, especialmente, às alunas de graduação Aline, Fernanda, Jacqueline e Raíza, que não mediram esforços para estar ao meu lado nos dias difíceis de manejo e laboratório, tornando as coletas e análises mais tranquilas e fazendo dos meus dias mais alegres. A vocês, minha gratidão, meu respeito e minha amizade.

Aos alunos de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Animal (FCTA/Unesp) – Câmpus de Dracena, especialmente, ao Gustavo e Helena, por toda ajuda, dedicação, responsabilidade, amizade e, sobretudo, pelo companheirismo nas atividades diárias do campo. A vocês, minha eterna gratidão, amizade, carinho e admiração. Vocês foram fundamentais para a realização desse sonho!

As alunas da Pós-graduação em Zootecnia (FMVZ/Unesp) – Câmpus de Botucatu, Aline e Erikelly pelos conhecimentos práticos nos repassados, sendo fundamentais para continuarmos o experimento no campo.

À equipe do Centro de Pesquisas Tropicais em Bubalinos (CPTB/Botucatu) pelo apoio e amizade. Aline, Caroline, Daiane, Fabíola, Hugo e Michel.

Aos queridos amigos de Botucatu-SP conquistados durante os anos de doutorado, em especial, Alis, Carolina e Vanessa, obrigada por toda ajuda e por tornarem meus dias mais alegres.

Aos membros da banca de Qualificação, Professor Adjunto III André Mendes Jorge, Doutora Caroline de Lima Francisco e Doutor Cristiano Magalhães Pariz pela atenção com meu trabalho e pelas considerações enriquecedoras.

Aos animais aos quais dedicamos nossa profissão, nossos conhecimentos e com os quais sempre temos muito a aprender. É como disse o poeta britânico Lord Byron, “os animais são aqueles que possuem beleza sem vaidade, força sem insolência, coragem sem ferocidade e todas as virtudes do homem sem seus vícios”.

Enfim, agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para essa etapa do meu desenvolvimento intelectual, profissional e pessoal, independente se foi por uma razão, por uma estação ou por toda a vida!

MUITO OBRIGADA!

"No sofrimento e na alegria, nosso coração precisa de outros corações. Pois tristeza partilhada é metade da tristeza. E alegria compartilhada é alegria em dobro."

Christoph August Tiedge

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	xi
ABSTRACT	xii
CAPÍTULO 1 – Considerações iniciais.....	01
1. INTRODUÇÃO	02
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	03
2.1. Situação atual da bovinocultura de corte no Brasil	03
2.2. Sistemas Integrados de Produção Agropecuária (SIPAs).....	04
2.3. Integração Lavoura-Pecuária (ILP).....	06
2.4. Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF)	08
2.5. Desempenho animal em sistemas de ILPF.....	11
2.6. Qualidade da carcaça e da carne de animais em sistemas de ILPF.....	13
REFERÊNCIAS	17
CAPÍTULO 2	24
Desempenho e qualidade da carcaça de bovinos Nelore terminados em sistemas integrados de produção agropecuária.....	25
RESUMO.....	25
ABSTRACT.....	26
1. Introdução	27
2. Material e Métodos	29
2.1. Local do experimento e condições climáticas.....	29
2.2. Histórico da área e período experimental.....	29
2.3. Animais, tratamentos, manejo da pastagem e suplementação	33
2.4. Desempenho, área de olho de lombo e espessura de gordura subcutânea pelo ultrassom	34
2.5. Abate, rendimento da carcaça e dos cortes primários e coleta das amostras	34
2.6. Área de olho de lombo, espessura de gordura subcutânea e marmorização	35
2.7. Potencial hidrogeniônico (pH) e glicogênio muscular	36
2.8. Análise estatística.....	37
3. Resultados e Discussão.....	38
4. Conclusões	41
5. Agradecimentos	41

6. Referências.....	42
CAPÍTULO 3	55
Qualidade da carne de bovinos Nelore terminados em sistemas integrados de produção agropecuária.....	56
RESUMO.....	56
ABSTRACT.....	57
1. Introdução	58
2. Material e Métodos	60
2.1. Local do experimento e condições climáticas.....	60
2.2. Histórico da área e período experimental.....	60
2.3. Animais, tratamentos, manejo da pastagem e suplementação	64
2.4. Abate e coleta das amostras	65
2.5. Composição centesimal e colesterol	66
2.6. Perfil de ácidos graxos e índice de qualidade nutricional	67
2.7. Potencial hidrogeniônico (pH) e perdas de peso por cocção	69
2.8. Força de cisalhamento e colágeno.....	69
2.9. Cor da carne	70
2.10. Análise microbiológica	70
2.11. Análise estatística	71
3. Resultados e Discussão.....	72
4. Conclusões	77
5. Agradecimentos	77
6. Referências.....	78
CAPÍTULO 4	97
Implicações	98

LISTA DE TABELA

CAPÍTULO 2

Tabela 1. Precipitação e temperaturas máxima e mínima durante o período experimental e dos últimos 50 anos em Andradina - São Paulo e análise descritiva das condições climáticas e de conforto térmico da área experimental.....	47
Tabela 2. Piquetes e tratamentos da área experimental, Andradina – São Paulo, Brasil....	49
Tabela 3. Análise descritiva da produção, composição bromatológica e perfil de ácidos graxos da <i>Urochloa brizantha</i> , cv. Marandu durante o período experimental.....	50
Tabela 4. Ingredientes e composição nutricional do suplemento ofertado aos animais entre os meses de abril a junho de 2016	51
Tabela 5. Peso vivo inicial (PVI), ganho médio diário (GMD), peso vivo final (PVF), peso da carcaça quente (PCQ), rendimento de carcaça (RC), peso do dianteiro (PD), rendimento do dianteiro (RD), peso do traseiro especial (PTE), rendimento do traseiro especial (RTE), peso da ponta de agulha (PPA), rendimento da ponta de agulha (RPA), área de olho de lombo inicial (AOL-i), área de olho de lombo final (AOL-f), espessura de gordura subcutânea inicial (EGS-i), espessura de gordura subcutânea final (EGS-f) e marmorização (MAR) de bovinos da raça Nelore mantidos em sistema de integração lavoura-pecuária (ILP), integração lavoura-pecuária-floresta com densidade de 196 árvores ha ⁻¹ (ILPF-1L) e integração lavoura-pecuária-floresta com densidade 448 árvores ha ⁻¹ (ILPF-3L)	52

CAPÍTULO 3

Tabela 1. Precipitação e temperaturas máxima e mínima durante o período experimental e dos últimos 50 anos em Andradina - São Paulo e análise descritiva das condições climáticas e de conforto térmico da área experimental.....	87
Tabela 2. Piquetes e tratamentos da área experimental, Andradina – São Paulo, Brasil....	89
Tabela 3. Análise descritiva da produção, composição bromatológica e perfil de ácidos graxos da <i>Urochloa brizantha</i> , cv. Marandu durante o período experimental.....	90
Tabela 4. Ingredientes e composição nutricional do suplemento ofertado aos animais entre os meses de abril a junho de 2016	91

- Tabela 5.** Proteína, extrato etéreo, umidade, cinzas e colesterol do músculo *longissimus thoracis* de bovinos da raça Nelore mantidos em sistema de integração lavoura-pecuária (ILP), integração lavoura-pecuária-floresta com densidade de 196 árvores ha⁻¹ (ILPF-1L) e integração lavoura-pecuária-floresta com densidade 448 árvores ha⁻¹ (ILPF-3L) 92
- Tabela 6.** Perfil de ácidos graxos do músculo *longissimus thoracis* de bovinos da raça Nelore mantidos em sistema de integração lavoura-pecuária (ILP), integração lavoura-pecuária-floresta com densidade de 196 árvores ha⁻¹ (ILPF-1L) e integração lavoura-pecuária-floresta com densidade 448 árvores ha⁻¹ (ILPF-3L) 93
- Tabela 7.** Razão entre ácidos graxos monoinsaturados e saturados (AGM/AGS), poliinsaturados e saturados (AGP/AGS), ômega 6 e ômega ($\omega 6/\omega 3$) hipocolesterolêmicos e hipercolesterolêmicos (HH) e índice de aterogenicidade (IA) e trombogenicidade (IT) dos lipídios do músculo *longissimus thoracis* de bovinos da raça Nelore mantidos em sistema de integração lavoura-pecuária (ILP), integração lavoura-pecuária-floresta com densidade de 196 árvores ha⁻¹ (ILPF-1L) e integração lavoura-pecuária-floresta com densidade 448 árvores ha⁻¹ (ILPF-3L) 94
- Tabela 8.** Potencial hidrogeniônico (pH), perdas de peso por cocção (PPC), força de cisalhamento (FC), colágeno, luminosidade (L^*), intensidade de vermelho (a^*), intensidade de amarelo (b^*), ângulo de tonalidade (H^*) e oximioglobina/metamioglobina do *longissimus thoracis* de bovinos da raça Nelore mantidos em sistema de integração lavoura-pecuária (ILP), integração lavoura-pecuária-floresta com densidade de 196 árvores ha⁻¹ (ILPF-1L) e integração lavoura-pecuária-floresta com densidade 448 árvores ha⁻¹ (ILPF-3L) 95
- Tabela 9.** Contagem total de bactérias (CTB), psicrotróficas (PSI) e enterobactérias (ENT) do músculo *longissimus thoracis* de bovinos da raça Nelore mantidos em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta com densidade de 196 árvores ha⁻¹ (ILPF-1L) e integração lavoura-pecuária-floresta com densidade 448 árvores ha⁻¹ (ILPF-3L) 96

LISTA DE FIGURA

CAPÍTULO 2

Figura 1. Distribuição espacial dos sistemas integrados de produção agropecuária em Andradina – São Paulo, Brasil. Google Earth® image 48

Figura 2. Ganho médio diário mensais (de janeiro a julho de 2016) de bovinos da raça Nelore mantidos em sistema de integração lavoura-pecuária (ILP), integração lavoura-pecuária-floresta com densidade de 196 árvores ha⁻¹ (ILPF-1L) e integração lavoura-pecuária-floresta com densidade 448 árvores ha⁻¹ (ILPF-3L) 53

Figura 3. Potencial hidrogeniônico (pH) e concentração de glicogênio (µg/ml) do músculo *longissimus thoracis* às 2 h e 24 h *post mortem* de bovinos da raça Nelore mantidos em sistema de integração lavoura-pecuária (ILP), integração lavoura-pecuária-floresta com densidade de 196 árvores ha⁻¹ (ILPF-1L) e integração lavoura-pecuária-floresta com densidade 448 árvores ha⁻¹ (ILPF-3L) ($P = 0,33$, EP = 0,05; $P = 0,62$, EP = 0,01; $P = 0,99$, EP = 15,20; $P = 0,97$; EP = 6,96 para pH 2 h, pH 24 h, glicogênio 2 h e glicogênio 24 h, respectivamente)..... 54

CAPÍTULO 3

Figura 1. Distribuição espacial dos sistemas integrados de produção agropecuária em Andradina – São Paulo, Brasil. Google Earth® image 88

Desempenho, qualidade da carcaça e carne de bovinos Nelore terminados em sistemas integrados de produção agropecuária

RESUMO: Os sistemas integrados de produção agropecuária (SIPAs), surgem como estratégia para aumentar a produtividade e renda para o produtor ao mesmo tempo que alcançam a sustentabilidade. No entanto, seus efeitos na qualidade da carcaça e carne dos animais nele produzidos carecem de elucidação. Assim, objetivou-se com este estudo avaliar o desempenho e as características da carcaça e carne de bovinos da raça Nelore terminados em SIPAs, sem disponibilidade de sombra (integração lavoura-pecuária: ILP) e com duas densidades de árvores (integração lavoura-pecuária-floresta: ILPF, com 196 árvores/ha e 448 árvores/ha). O delineamento experimental foi em blocos completos, com três tratamentos (ILP, ILPF-1L e ILPF-3L) e quatro repetições por tratamento, totalizando 12 parcelas experimentais. Foram utilizados 60 animais da raça Nelore castrados de aproximadamente $28 \pm 2,81$ meses de idade e peso médio inicial de $385,71 \pm 27,17$ kg para a avaliação do desempenho. Após o abate dos animais, foram coletadas 48 amostras do músculo *longissimus thoracis* para as análises de qualidade da carcaça e carne. Não foram encontradas diferenças ($P > 0,05$) entre os tratamentos para o ganho médio diário e peso vivo final, contribuindo para ausência de diferença no peso e rendimento da carcaça quente, dianteiro, traseiro especial e ponta de agulha ($P > 0,05$). Do mesmo modo, não foi encontrada diferença ($P > 0,05$) entre os tratamentos para área de olho de lombo inicial e final, espessura de gordura subcutânea inicial e final, marmorização, pH e glicogênio ambos mensurados às 2 h e 24 h *post mortem*. A composição centesimal, colesterol, pH, perdas de peso por cocção, força de cisalhamento, colágeno, cor da carne e análise microbiológica não apresentaram diferenças ($P > 0,05$) entre os tratamentos avaliados. No entanto, houve tendência de menor quantidade dos ácidos graxos poliinsaturados C17:1 ω 9 e C20:4 ω 6 ($P = 0,05$ e $P = 0,06$; respectivamente) e maior índice de trombogenicidade ($P = 0,08$) na carne dos animais em sistema de ILPF-3L. Além de menor relação de AGM/AGP ($P = 0,03$) nesse mesmo sistema. Conclui-se que a introdução das árvores na pastagem não interfere no desempenho, nas características de carcaça e na composição e qualidade física e microbiológica da carne dos bovinos Nelore. No entanto, o sistema com maior densidade de árvores produz carne com tendência a menor qualidade no aspecto nutricional dos ácidos graxos.

Palavras-chave: área de olho de lombo, glicogênio muscular, integração lavoura-pecuária-floresta, *longissimus thoracis*, maciez.

**Performance, carcass and meat quality of Nellore cattle finished in
integrated crop-livestock systems**

ABSTRACT: Integrated Crop-livestock Systems (ICLS) are strategy to increase productivity and income for the farmers while simultaneously achieving sustainability. However, its effects on the carcass and meat quality of the animals produced in it need to be elucidated. Thus, the objective of this study was to evaluate the performance and carcass and meat characteristics of Nellore cattle finished in ICLS without shade availability (integrated crop-livestock: ICL) and with two tree densities (integrated crop-livestock-forest, ICLF, at 196 trees/ha and 448 trees/ha). The experimental design was in complete blocks, with three treatments (ICL, ICLF-1L and ICLF-3L) and four replicates per treatment, totaling 12 experimental plots. Sixty castrated Nellore cattle of approximately 28 ± 2.81 months of age and mean weight at 385.71 ± 27.17 kg were used for the performance evaluation. After the slaughter of the animals, 48 samples of the *longissimus thoracis* muscle were collected for carcass and meat quality analyzes. There were no differences ($P > 0.05$) between the treatments for the average daily gain and final live weight, contributing to the absence of difference in weight and yield of the hot carcass, forequarter, special hindquarter and flank ($P > 0.05$). Similarly, no were found difference ($P > 0.05$) between treatments for initial and final ribeye area, initial and final backfat thickness, marbling, pH and glycogen, both measured at 2 h and 24 h *post mortem*. The proximate composition, cholesterol, pH, cooking loss, shear force, collagen, meat color and microbiological analysis presented no differences ($P > 0.05$) among the evaluated treatments. However, there was a tendency of a lower amount of C17:1 ω 9 and C20:4 ω 6 polyunsaturated fatty acids ($P = 0.05$ and $P = 0.06$, respectively) and a higher thrombogenicity index ($P = 0.08$) in the ILPF-3L system. Besides, lower ratio of AGM/AGP ($P = 0.03$) in the same system. Concludes that the introduction of the trees in the pasture does not interfere in the performance, in the carcass characteristics and in the composition and physical and microbiological quality of the meat of Nellore cattle. However, the system with higher density of trees produces meat with a tendency to lower quality in the nutritional aspect of fatty acids.

Keywords: ribeye area, muscle glycogen, integrated crop-livestock-forest, *longissimus thoracis*, tenderness.

CAPÍTULO 1

Considerações Iniciais

1. INTRODUÇÃO

No ano de 2015, foram abatidas cerca de 41,0 milhões de cabeças de bovinos, das quais aproximadamente 34,3 milhões, isto é, 84% foram criadas e terminadas exclusivamente em pastagens, principalmente pastagens tropicais (ANUALPEC, 2016). Entretanto, o manejo inadequado dessas pastagens tem se constituído na principal limitação para que a pecuária de corte seja uma atividade competitiva frente às demais atividades agrícolas, uma vez que essa degradação compromete a sustentabilidade da produção animal, e pode ser explicada como um processo dinâmico de degeneração ou de queda relativa da produtividade (MACEDO, 2000).

Entre as alternativas para a recuperação de pastagens degradadas estão os sistemas integrados de produção agropecuária (SIPAs), os quais muito embora remetem a registros históricos dos séculos XVII e XVIII no Brasil (CARVALHO et al., 2014), tem por desafio atual, se adaptar a sistemas profundamente direcionados a práticas conservacionistas e sustentáveis (MORAES et al., 2014).

Dentre as modalidades dos SIPAs, destaca-se a integração lavoura-pecuária (ILP) com benefícios significativos no solo, na forragem e, conseqüentemente, no desempenho animal. No entanto, a ILP apresentou, recentemente, novos avanços tecnológicos, introduzindo o componente arbóreo nas pastagens (BALBINO et al., 2011). Tal sistema, conhecido como integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), é considerado atualmente inovador no Brasil (BALBINO et al., 2012), constituindo-se em um novo paradigma na agropecuária brasileira e proporcionando microclima favorável, com aumento do índice de conforto térmico para os animais à sombra das árvores (SILVA et al., 2011). Esse avanço tecnológico, se deve, sobretudo, ao fato de que boa parte das áreas das pastagens, especialmente no Brasil Central, encontram-se sob condições climáticas que determinam estresse calórico em graus mediano a severo no animal (PORFÍRIO DA SILVA, 2003).

Os impactos do estresse calórico são relatados na literatura com redução no desempenho e alterações nas características de carcaça e carne dos animais (KADIM et al., 2004; MADER e DAVIS, 2004; NARDONE et al., 2006; GREGORY, 2010), os quais concluem qualidade inferior para essas características. No entanto, poucos são os estudos que avaliam formas de solucionar tal problema e tendo em vista os modelos de previsão da temperatura terrestre, os quais afirmam aumentos consideráveis no aquecimento global para os próximos anos (IPCC, 2001), os sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta se apresentam como uma alternativa eficaz diante deste contexto.

Além disso, em uma visão de futuro, a introdução de árvores na atividade pastoril pode ser o diferencial competitivo do agronegócio brasileiro, uma vez que esse, terá de preferir o modelo extrativista em favor daqueles que exigem investimentos em novas tecnologias e processos de produção ambientalmente ajustados, os quais atenderão melhor aos princípios preconizados pelos mecanismos da certificação de produtos de origem sustentável (PORFÍRIO DA SILVA, 2009).

Neste sentido, essa pesquisa mostra-se relevante para nosso país, o qual se caracteriza por criações de animais em pasto, sendo essencial o seu estímulo visando estudar o impacto dos sistemas integrados de produção agropecuária sobre o desempenho animal e a qualidade da carcaça e da carne de bovinos e tornar disponível tanto ao produtor como à comunidade acadêmica/científica informações relevantes para a implantação e o desenvolvimento desse sistema de integração.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Situação atual da bovinocultura de corte no Brasil

No ano de 2015, o rebanho bovino brasileiro representou 20% do total de bovinos no mundo, com cerca de 197,0 milhões de cabeças, sendo caracterizado pelo maior rebanho comercial do mundo (ANUALPEC, 2016).

Em relação à exportação, o Brasil liderou o ranking de maior exportador de carne bovina de 2008 a 2013 (UNCONTRADE, 2014). No entanto, em 2014, a Índia exportou quantidade recorde de carne vermelha, ampliando vantagem sobre outros líderes do mercado, como o Brasil. Contudo, a liderança indiana se deve ao fato das exportações do país ser de carne bubalina, comercializada a valor inferior ao da carne bovina e impulsionada pela procura de proteína animal de baixo custo por países asiáticos, como o Vietnã (FLORINDO et al., 2015).

Embora com atual desvantagem sobre a Índia, as exportações do Brasil têm crescido consideravelmente, dada a gradativa evolução do atendimento das exigências feitas pela demanda (UNITED STATES, 2014). Além disso, as estatísticas demonstram crescimento também para os próximos anos e, para o setor de proteína animal, em especial a carne bovina, as perspectivas são positivas, uma vez que o consumo deve permanecer aquecido, impulsionado principalmente pela demanda externa (ANUALPEC, 2015).

Quinto maior país do mundo em extensão, o Brasil possui aproximadamente 174 milhões de hectares de pastagens, sendo que, do total de cabeças de bovinos abatidas no ano

de 2015, cerca de 84% foram criadas e terminadas em pasto e apenas 16% em confinamento ou semi-confinamento (ANUALPEC, 2016), o que remete a procura para melhorar as condições de pastagens no país visando melhorar a produtividade do rebanho brasileiro (ABIEC, 2011), uma vez que, o manejo inadequado dessas pastagens tem se constituído na principal limitação para que a pecuária de corte seja uma atividade competitiva frente às demais atividades agrícolas.

No Brasil, as pastagens degradadas (isto é, o baixo rendimento forrageiro por área) cobrem aproximadamente 80 milhões de hectares (CRUSCIOL et al., 2014). Esse fato, traz consigo implicações negativas para a sustentabilidade da pecuária, tais como: baixa oferta de forragem, baixos índices zootécnicos e baixa produtividade de carne por hectare, além de reduzido retorno econômico e ineficiência do sistema (BALBINO et al., 2011). Com isso, a procura por alternativas que revertam a perda da qualidade do solo, visando o aumento da produção vegetal em conjunto com a produção animal para atender a demanda de alimentos, são cada vez mais frequentes.

Nesse contexto, os sistemas integrados de produção agropecuária, em seus diferentes formatos, surgem como alternativa viável para conciliar o aumento da demanda na expansão da produção global de alimentos com a urgente necessidade de uma agricultura sustentável (LOPES, 2015).

2.2. Sistemas Integrados de Produção Agropecuária (SIPAs)

Os primeiros registros da integração de cultivos com a produção animal no mundo derivam da literatura sagrada em 9000 a.C. na cidade de Jericó. A Bíblia (Gen. 4) sugere que Cain tinha por responsabilidade o cultivo de grãos, enquanto Abel, o cuidado dos animais. Seus desentendimentos ilustrariam, desde aquela época, as intrincadas relações entre os componentes planta e animal do sistema (KEULEN e SHIERE, 2004).

No Brasil, o início da integração da agricultura com a pecuária como atividade voltada à produção de alimentos, remete a registros históricos dos séculos XVII e XVIII (CARVALHO et al., 2014), em que o gado era integrado a cultivos de fumo e mandioca, sendo a função do componente animal de estrumar o solo (LINHARES, 1995). No entanto, um avanço na maturidade dos SIPAs se deu no início da década de 1970, com a coexistência da lavoura e da pecuária na mesma propriedade (MORAES et al., 2014), quando sugeriu-se o uso de bovinos de corte em áreas de cultivos de trigo e soja no Planalto do Rio Grande do Sul (MEDEIROS, 1978), com a única finalidade do aumento da produtividade por unidade de área.

A última evolução dos SIPAs, nacionalmente, foi provocada pela tecnologia do plantio direto no final da década de 1970, quando a pecuária passou a ter por desafio se adaptar a sistemas profundamente direcionados a práticas conservacionistas (MORAES et al., 2014), sobretudo, para reverter o processo de degradação dos solos (CASTRO FILHO et al., 2002).

Assim, enquanto o século anterior se caracterizou pela especialização e intensificação dos sistemas de produção, com inegáveis ganhos de produtividade, ainda no final do mesmo século se começou a provar alguns dos seus efeitos colaterais, destacando-se os problemas ambientais causados pela perda da biodiversidade e o aumento da poluição por consequência do excesso de nutrientes nos ciclos biogeoquímicos (LEMAIRE et al., 2005).

A partir da década de 1980, então, os sistemas integrados de produção agropecuária começaram a tomar vulto, desenvolvendo e aperfeiçoando tecnologias para recuperação de pastagens degradadas com enfoque na conservação e sustentabilidade. Um exemplo, é o "Sistema Barreirão", o qual é composto por um conjunto de tecnologias e práticas de recuperação de áreas degradadas ou improdutivas, a partir do sistema de preparo do solo invertido em consórcio com culturas anuais, normalmente introduzidas a cada quatro anos para a recuperação das pastagens (KLUTHCOUSKI et al., 1991).

Posteriormente, a Embrapa desenvolveu outro sistema de renovação de pastagem semelhante ao sistema Barreirão, denominado "Sistema Santa Fé", que é o consórcio de uma cultura, especialmente o milho, o sorgo, o arroz ou a soja, consorciada com forrageiras tropicais, principalmente do gênero *Urochloa*, embora os *Panicum* também sejam bastante utilizados, sendo a lavoura introduzida na área todos os anos (ALVARENGA, 2004).

Atualmente, o interesse pelos SIPAs vem sendo cada vez maior e, no conceito pela conciliação da produção versus conservação como solução compatível as atuais demandas da sociedade, surgem as suas diferentes modalidades: ILP (integração lavoura-pecuária) ou agropastoril, sistema de produção que integra os componentes agrícola e pecuário em rotação, consórcio ou sucessão, na mesma área e no mesmo ano agrícola ou por múltiplos anos; IPF (integração pecuária-floresta) ou silvipastoril, sistema de produção que integra os componentes pecuário (pastagem e animal) e florestal, em consórcio; ILF (integração lavoura-floresta) ou silviagrícola, sistema de produção que integra os componentes florestal e agrícola pela consorciação de espécies arbóreas com cultivos agrícolas (anuais ou perenes); e, por fim, ILPF (integração lavoura-pecuária-floresta) ou agrossilvipastoril, sistema de produção que integra os componentes agrícola, pecuário e florestal em rotação, consórcio ou sucessão, na mesma área, podendo o componente lavoura restringir-se à fase inicial de

implantação do componente florestal ou fazer parte do sistema por vários anos (BALBINO et al., 2011).

Em perspectivas, a FAO (2010) reconhece o potencial dos sistemas integrados de produção agropecuária com base na sustentabilidade para se atingir o objetivo de alimentar nove bilhões de pessoas em 2050. O governo brasileiro também reconhece o potencial dos SIPAs como via sustentável para reduzir entre 36,1 e 38,9% as emissões nacionais de CO₂-equivalente até 2020 (ANGHINONI et al., 2011).

Dessa forma, muito embora o conceito de integrar sistemas seja antigo, o cenário atual de degradação dos solos brasileiros os coloca em voga, principalmente, porque se faz o uso desse sistema sob os pilares da agricultura conservacionista (LOPES, 2015), induzindo o meio científico a buscar sistemas produtivos sustentáveis, para harmonizar o aumento da produtividade vegetal e animal, com a preservação dos recursos naturais, chave para o desenvolvimento de uma economia sustentável no século XXI.

2.3. Integração Lavoura-Pecuária (ILP)

Dentre as diferentes modalidades dos SIPAs, destaca-se a ILP com grande quantidade de resultados em semeadura simultânea de espécies, testando sistemas de preparo de solo, espaçamentos, arranjos de linhas e taxas de semeadura; a competição entre espécies, medida por taxa de crescimento das culturas; competição de nutrientes; e, mais recentemente, pesquisas avaliando inclusão de leguminosa em consórcio com o milho, com consequente aumento no aporte de nitrogênio no solo, por meio da fixação biológica do nitrogênio, podendo reduzir o uso de fertilizantes nitrogenados ao longo de diversos anos de cultivos e impacto de todos esses fatores no desempenho e nas características de carcaças dos animais (SEVERINO et al., 2006; LARA-CABEZAS e PÁDUA, 2007; CRUZ et al., 2008; OLIVEIRA et al., 2010; LOSS et al., 2011; LONGHINI, 2016).

Esse sistema de integração ocorre por meio do consórcio com culturas anuais, como arroz, milho ou sorgo, diminuindo a degradação química, física ou biológica do solo e tornando-se uma ferramenta importante para reduzir a área de pastagens degradadas, sendo seu principal objetivo melhorar o aproveitamento dos bens de produção, mão-de-obra, máquinas, benfeitorias e solo, como também o produto oriundo da exploração (LOS, 1997).

Além disso, esse modelo de integração está diretamente ligado à sustentabilidade agropecuária, uma vez que compreende a busca por produtividade, a qual indica a obtenção de maior quantidade de produtos, energia ou valor da produção por unidade de insumos/recursos aplicados à produção; estabilidade, que se refere à constância da

produtividade frente às flutuações normais do clima; sustentabilidade, associada à habilidade do sistema para manter a produtividade quando sujeito às forças normais de flutuações do ambiente; resiliência, a qual diz respeito à capacidade do sistema reagir, em menor tempo, por exemplo, a distúrbios climáticos e, por fim, invulnerabilidade, ou seja, quando a diversidade de produtos reduz o grau com que o sistema é vulnerável aos distúrbios ambientais (CONWAY, 1987).

Quanto aos benefícios, destacam-se o incremento da fertilidade do solo, com fixação biológica do nitrogênio pelas leguminosas, incorporando N, P e S na matéria orgânica do solo e aumentando a atividade biológica, especialmente no subsolo em razão da penetração profunda das raízes de espécies perenes e tolerantes à acidez; aumenta a eficiência de ciclagem de nutrientes, uma vez que, as gramíneas forrageiras tropicais são eficientes em aproveitar os resíduos de fertilizantes deixados pelos cultivos anuais, assim, esses nutrientes acumulados na biomassa das forrageiras são ciclados pelos animais e pela incorporação do resíduo de forragem no ciclo subsequente de lavoura; melhora as condições físicas do solo pelo efeito aglutinante da matéria orgânica que, quando bem manejadas, proporciona cobertura constante do solo, reduzindo a erosão; incrementa a microflora e a microfauna no horizonte superficial, as quais realizam o cultivo biológico do solo; proporciona redução a incidência de plantas daninhas, principalmente as anuais, e quebra o ciclo de pragas e microrganismos patogênicos (LAL, 1991).

Embora com benefícios significativos no solo, na forragem e, conseqüentemente, no desempenho animal, a ILP apresentou, recentemente, novos avanços tecnológicos, introduzindo o componente arbóreo nas pastagens (BALBINO et al., 2011). Assim, é possível proporcionar ainda microclima favorável, com aumento do índice de conforto térmico para os animais à sombra das árvores (SILVA et al., 2011). Esse avanço tecnológico, se deve ao fato de que boa parte das áreas das pastagens, especialmente no Brasil Central, encontram-se sob condições climáticas que determinam estresse calórico em graus mediano a severo no animal (PORFÍRIO DA SILVA, 2003).

Tal sistema, conhecido como integração lavoura-pecuária-floresta, é considerado atualmente inovador no Brasil (BALBINO et al., 2012). Esse modelo integra os componentes agrícola, pecuário e florestal em rotação, consórcio ou sucessão, na mesma área (BALBINO et al., 2011), apresentando os mesmos benefícios que o sistema ILP, porém, possuindo o componente arbóreo para diferenciá-los e, constituindo-se, assim, em um novo paradigma na agropecuária brasileira.

2.4. Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF)

Historicamente, os imigrantes europeus trouxeram para o Brasil a cultura da associação entre agricultura, pecuária e florestas que, desde o início, foi adaptada às condições tropicais e subtropicais (GHOLZ, 1987). No entanto, ao longo desses anos, a adoção desse sistema de integração no Brasil tem sido baixa, mesmo com a evolução científica observada recentemente, isso porque esse sistema é considerado dinâmico e complexo, em virtude das interações entre culturas, animais e diversas práticas (BALBINO et al., 2011).

Atualmente, os sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta são considerados inovadores no Brasil (BALBINO et al., 2012). Com isso, são frequentes as dúvidas para sua implantação. A princípio, esses sistemas devem ser adequadamente planejados, levando-se em conta, sobretudo, os diferentes aspectos socioeconômicos e ambientais das unidades de produção e, posteriormente, a escolha pela espécie e cultivar forrageira (ALMEIDA et al., 2016) e o componente arbóreo, bem como o espaçamento e o direcionamento das fileiras de árvores para a obtenção de resultados compatíveis com o potencial esperado (MACEDO et al., 2010; OLIVEIRA NETO et al., 2010).

A escolha da espécie e cultivar forrageira, para uso em sistemas de ILPF deve-se pautar, primeiramente, na sua tolerância ao sombreamento, tendo em vista que nesta condição, as forrageiras irão priorizar o crescimento da parte aérea em detrimento do sistema radicular e retardar o início do florescimento (ALMEIDA et al., 2016). Estudos conduzidos na região dos Cerrados do Amapá, demonstraram que o capim-marandu apresenta-se com maior capacidade produtiva e tolerância ao sombreamento, destacando-se como opção para uso em sistemas de integração (MEIRELLES e MOCHIUTTI, 2009).

Para a escolha do componente arbóreo deve-se priorizar as árvores que apresentam crescimento rápido e arquitetura de copa que permita passagem de luz satisfatória para o crescimento do sub-bosque. No Brasil, o eucalipto (*Eucalyptus sp*) tem sido o mais utilizado nos sistemas agrossilvipastoris devido as características de adaptação a diferentes condições edafoclimáticas, rápido crescimento e por apresentarem árvores com arquitetura de copas adequadas para o desenvolvimento de culturas agrícolas e/ou forrageiras no sub-bosque (OLIVEIRA et al., 2007, MACEDO et al., 2010, OLIVEIRA NETO et al., 2010).

O espaçamento e o direcionamento das fileiras de árvores também são importantes, devendo ser implantadas em função do caminamento do sol (MACEDO et al., 2010; OLIVEIRA NETO et al., 2010). O uso de espaçamentos e arranjos mais amplos nos plantios de eucalipto devem ser empregados com a finalidade de favorecer o consórcio com espécies

agrícolas e/ou, pastagens, prevenindo que ocorram problema de sombreamento excessivo sobre essas (MACEDO et al., 2010), visto que, as principais alterações nas gramíneas são o aumento da relação parte aérea:raiz, alongamento de caules, pecíolos e entrenós, alongamento da lâmina foliar, redução da ramificação e do perfilhamento, aumento da área foliar específica e modificações na relação folha:caule e no ângulo de inclinação das folhas (GOBBI et al., 2009).

Uma vez que as exigências de implantação são atendidas, a disposição adequada das árvores passa a ser determinante na sustentabilidade da ILPF, podendo ter sua adoção fundamentada em diversos objetivos, variando desde a disponibilidade de madeira na propriedade rural para diferentes usos; a conservação do solo e da pastagem; a melhoria do microclima proporcionando bem-estar durante a vida dos animais e, ainda, potencial para oferta de produtos ambientalmente adequados, produzidos nos pilares da sustentabilidade da produção animal.

Em relação à produção de madeira, estimativas indicam que, até 2030, o consumo mundial desse produto em toras aumentará, aproximadamente, 45% em relação ao consumo em 2005 e atingirá cerca de 300 milhões de m³ (AMS, 2005), o que significará plantar 2 a 2,5 vezes mais do que é plantado atualmente. A preocupação para os resultados dessa estimativa, não é se haverá madeira no futuro, mas sim de onde virá, quem a produzirá e como será produzida (BALBINO et al., 2011). Isso porque o Brasil quer chegar ao desmatamento zero em 2020 e, para isso a formulação de estratégias e instrumentos que deem apoio à atividade florestal, enfrentando as questões relativas ao uso das florestas tropicais e do reflorestamento, tornaram-se cruciais para a manutenção das vantagens competitivas do Brasil na cadeia produtiva da madeira (JUVENAL e MATTOS, 2002).

Além da madeira, outros produtos são produzidos pelas árvores, podendo ser utilizada como insumo para a produção de celulose de fibra longa, painéis de madeira e na indústria moveleira. Liderada pelo setor de celulose e papel, a indústria consumidora de madeira investiu de forma significativa em tecnologia florestal. Graças a esses investimentos, aliados aos esforços de instituições de pesquisa e de universidades e às condições edafoclimáticas do território brasileiro, as florestas plantadas no Brasil apresentam rápido crescimento, excelente produtividade e custos de implantação/manutenção em declínio (VIANA, 2004).

Em uma visão de futuro, o aumento pela demanda por produtos florestais em contraposição à necessidade da redução de desmatamento e mitigação da emissão de gases de efeito estufa, exige soluções que permitam incentivar o desenvolvimento socioeconômico sem comprometer a sustentabilidade dos recursos naturais, tornando-se assim, o sistema de

Integração lavoura-pecuária-floresta uma alternativa viável de aumento de produção sem promover novos desmatamentos (BALBINO et al., 2011).

Esse sistema de integração, por meio da presença das árvores, apresenta ainda vantagens nas pastagens controlando a erosão, auxiliando no melhoramento da fertilidade do solo, melhorando o aproveitamento das águas das chuvas, com maior produção e melhor valor nutritivo das forragens, melhorando a dieta dos animais, e também levando a um aumento da biodiversidade e à diversificação da renda do produtor (CARVALHO et al., 2002).

A arborização de pastagens é uma opção de manejo que aumenta a entrada de matéria orgânica nos solos e diminui a mineralização da mesma, promovendo o acúmulo de carbono no solo, especialmente pela sua acumulação no componente arbóreo (MONTAGNINI e NAIR, 2004), tornando-se boa estratégia para capturar carbono e melhorar a ciclagem de nutrientes. Além disso, com a introdução das árvores, o sistema pode ser utilizado como alternativa tecnológica capaz de contribuir para a fixação de gás carbônico (CO₂), com menor emissão de óxido nitroso (N₂O), além de mitigar a emissão de gás metano (CH₄) pelos ruminantes, todos importantes gases componentes do efeito estufa (PORFÍRIO DA SILVA, 2009), contribuindo para atenuar os efeitos das mudanças climáticas, que nos últimos anos tem se tornado cada vez mais preocupante.

De acordo com Tett et al. (1999), durante o século 20 a temperatura próxima à superfície da Terra aumentou 0,6°C. Sendo que, cerca de metade desse aumento ocorreu durante a segunda metade do século e foi em grande parte devido aos efeitos de gases de efeito estufa. Porém, modelos de previsão da temperatura demonstram um aquecimento entre 1,4 e 5,8°C de 1900 a 2100, índice muito maior que o encontrado no século anterior (IPCC, 2001). No Brasil, esse fato se agrava ainda mais, pois aproximadamente dois terços do território brasileiro estão situados na faixa tropical do planeta, ou seja, o Brasil é um país onde há elevada incidência de raios solares e temperaturas elevadas (PIRES et al., 2000).

Neste contexto, sendo o animal um dos componentes do sistema de integração lavoura-pecuária-floresta, o clima é um aspecto fundamental a ser discutido, pois ele atua sobre o animal, o qual procura constantemente se adaptar as condições ambientais na busca pelo bem-estar. Os bovinos em clima tropical, principalmente os que são criados em regime de pasto, estão expostos ao sol e a outras intempéries por várias horas ao dia e tornam-se susceptíveis a um estado permanente de estresse, resultando em alterações fisiológicas que comprometem seu desempenho produtivo (DEITENBACH et al., 2008). Sendo assim, a implementação de sombra é uma das primeiras medidas usadas como modificação do

ambiente para proteger o animal de um excessivo ganho de calor proveniente da radiação solar e, assim, diminuir o estresse calórico (EMERENCIANO NETO et al., 2013).

Além disso, animais produzidos nesse sistema podem ofertar produtos diferenciados, que atendam melhor aos princípios preconizados pelos mecanismos da certificação de origem sustentável. A tendência de mercados por produtos ambientalmente adequados abre uma oportunidade para a produção animal a pasto, compondo assim, elementos de *marketing* ambiental para este sistema (PORFÍRIO DA SILVA, 2009).

Surge então, a necessidade de aprimorar os conhecimentos em relação às dinâmicas e consequências das relações entre os componentes do modelo de ILPF, visando conciliar o aumento da demanda por produtos madeireiros e por alimentos com a urgente necessidade da agricultura sustentável. Embora considerado inovador, esse modelo já demonstrou solucionar essa questão, afinal, neste sistema, mais do que produzir muito é fundamental produzir bem, com lucro, qualidade, respeito ambiental, visando à melhoria e bem-estar dos animais. Assim, fomentar a conversão de pastagens em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta, poderá ser o diferencial competitivo do agronegócio brasileiro (PORFÍRIO DA SILVA, 2009). Afinal, as perspectivas para essa integração é que será a melhor maneira de proteger o ambiente aliada a maior revolução mundial para produzir alimentos para as novas populações mundiais em 2050 (KLUTHCOUSKI, 2016).

2.5. Desempenho animal em sistemas de ILPF

Nos últimos anos, o número de pesquisas buscando o bem-estar animal têm se intensificado na tentativa de minimizar as perdas econômicas decorrentes dos efeitos do clima sobre a produção animal nos trópicos (SOUZA e BATISTA, 2012), em função, sobretudo, dos modelos de previsão da temperatura para o século atual, que demonstram índice de aquecimento global maior que o encontrado no século anterior (IPCC, 2001).

Assim, a introdução do componente arbóreo na atividade pastoril, com consequente disponibilidade de sombreamento aos animais, pode propiciar proteção contra intempéries climáticas influenciando positivamente na saúde e desempenho produtivo animal, podendo ainda atenuar os efeitos ocasionados nos animais em condições de estresse calórico, os quais adotam medidas fisiológicas e comportamentais para manter a homeotermia, e que na maior parte das vezes culminam com a redução no desempenho produtivo (SOUZA et al., 2010).

Dentre os distúrbios mais comuns, observa-se a redução de consumo de alimentos e da taxa metabólica, aumento da temperatura retal e da frequência respiratória, aumento do consumo de água, alterações das concentrações hormonais, aumento da sudorese e aumento

da energia de manutenção (PIRES e CAMPOS, 2004). Consequentemente, essas alterações comprometem diretamente o desempenho animal, acarretando assim, em redução do consumo de matéria seca e diminuição do ganho de peso em animais sem disponibilidade de sombra (MITLÖHNER et al., 2001).

Glaser (2003) avaliando o comportamento de animais da raça Angus com disponibilidade de sombra de árvores e artificial (malha de polietileno), observaram que esses tiveram o pastejo como a principal atividade realizada ao sol. Este pastejo foi realizado principalmente nos horários menos quentes do dia. Essa diminuição da quantidade de tempo destinada ao pastejo está diretamente relacionada aos bovinos desejarem a redução do ganho de calor pela digestão e pela atividade muscular, e estes fatos são ressaltados nas horas mais quentes do dia, fazendo com que os animais procurem pela sombra como resposta ao estresse calórico.

Silva et al. (2009) avaliando o desempenho em ganho de peso de 64 novilhos mestiços zebuínos confinados em duas condições de ambiência (com sombreamento e sem sombreamento artificial), observaram que o maior ganho em peso médio diário ocorreu nos animais submetidos ao ambiente com sombreamento, apresentando superioridade em ganho médio diário de 0,114 kg em relação aos animais alocados em ambiente sem sombreamento. Esses autores ainda concluíram que a utilização de sombreamento aumenta eficiência de ganho em peso diário, proporcionando melhor bem-estar aos animais.

Por outro lado, trabalhos recentes encontraram maior tolerância ao calor nos parâmetros comportamentais e de desempenho em animais adaptados com disponibilidade de sombra. Glaser (2008) avaliando o comportamento de animais da raça Angus, Caracu e Nelore com disponibilidade de sombra de árvores e artificial (malha de polietileno) e de água para imersão, observaram que os bovinos optaram por utilizar sombreamento como recurso de defesa contra as temperaturas elevadas e a radiação solar direta, e que na ausência de sombreamento podem utilizar a água de imersão como recurso secundário de proteção contra o calor. No entanto, observaram ainda que o menor nível de tolerância ao estresse ocasionado pelo calor faz com que animais mais adaptados ou que possuem a termólise prejudicada procurem os recursos de termólise com maior frequência e intensidade. Raças mais adaptadas (Caracu e Nelore) possuem maior amplitude de tolerância ao estresse calórico.

Fato semelhante foi encontrado por Ferro et al. (2016) que avaliando o desempenho de bovinos Nelore confinados e submetidos a diferentes níveis de sombreamento artificial, não encontraram diferenças para os parâmetros de desempenho entre os tratamentos. Embora observado maior tolerância ao calor por animais adaptados, esses autores recomendam a

utilização do sombreamento, para permitir melhores condições de qualidade de vida aos animais.

Em sistemas de ILPF, mesmo carecendo de elucidação literária, além do bem-estar proporcionado aos animais, há ainda a renda adicional para o produtor com produtos florestais e, em uma visão de futuro, podendo ainda fornecer produtos produzidos de forma ambientalmente adequada e de melhor qualidade, como por exemplo carne, a qual apresenta interferência direta nas características qualitativas pelas intempéries climáticas que incidem sobre os animais.

2.6. Qualidade da carcaça e da carne de animais em sistemas de ILPF

Além do desempenho, o estresse ocasionado pelo calor altera a qualidade da carcaça e da carne dos animais a ele submetidos por longos períodos (estresse crônico), as quais são afetadas de duas maneiras: primeiro, há efeitos no metabolismo muscular com consequências na qualidade da carne; em segundo, o organismo desses animais submetidos a altas temperaturas apresenta estratégias para facilitar a dissipação de calor, que pode persistir após o abate com alterações na composição da carcaça e consequências na qualidade da carne (GREGORY, 2010).

Os efeitos no metabolismo estão diretamente relacionados a queda do pH muscular durante o abate que, de forma geral, se dá em consequência do acúmulo de ácido láctico produzido a partir do glicogênio durante a glicólise anaeróbica (FORREST et al., 1979). Quando o glicogênio está presente em níveis adequados, induz a queda do pH muscular, apresentando, habitualmente, entre 5,5 a 5,7 depois de 24 h *post mortem* (KANDEEPAN et al., 2007), seguindo assim, os padrões normais de desenvolvimento das características físicas e químicas responsáveis pela qualidade da carne. No entanto, quando o animal sofreu estresse calórico por longos períodos, esse glicogênio pode estar quase totalmente esgotado no músculo, não produzindo ácido láctico suficiente para a queda do pH, sendo a carne caracterizada por pH superior a 6,0 (APPLE et al., 2006). Assim, a carne torna-se escura, uma vez que o elevado pH faz com que as enzimas utilizem oxigênio rapidamente, reduzindo a proporção de pigmentos vermelhos oxigenados (oximioglobina); firme, resultante da menor ativação da enzima calpaína em pH elevado; e seca, em função da maior capacidade de retenção de água, devido ao pH estar distante do ponto isoelétrico das proteínas musculares (MAGANHINI et al., 2007; GUÀRDIA et al., 2005). Além disso, com o pH mais elevado, há maior desenvolvimento de microrganismos deteriorantes na carne (GUÀRDIA et al., 2005).

Em estudo realizado por Kadim et al. (2004) avaliando amostras do músculo *Longissimus thoracis* (LT) 1 h após o abate, com o objetivo de investigar o efeito de parâmetros sazonais na qualidade da carne durante as estações quentes e frias, observaram que as diferentes estações tiveram efeito significativo sobre as características de qualidade do músculo LT. As amostras coletadas durante a estação quente obtiveram valores de pH final mais elevados (6,24) quando comparadas as amostras coletadas durante a estação fria (5,54). Conseqüentemente, a carne do grupo da estação quente teve a carne mais escura comparada à carne do grupo da estação fria, com base na luminosidade (L^*) (31,45 vs 35,58), intensidade de vermelho (a^*) (18,53 vs 23,19) e intensidade de amarelo (b^*) (4,16 vs 6,40), respectivamente. Estes resultados indicam que o estresse causado pelo calor (com temperatura superior a 30°C) levam ao estresse fisiológico em bovinos de corte, que por sua vez, aumenta o pH final e, conseqüentemente, altera as características de qualidade de carne. Esses autores justificam por meio da afirmação de Mitlöhner et al. (2002) que proporcionar sombra aos animais em confinamento ou em pastagem pode reduzir a frequência de cortes cárneos escuros.

Quanto as alterações na composição da carcaça, em revisão sobre como as mudanças climáticas podem afetar a qualidade da carne, Gregory (2010) relata que em bovinos as temperaturas ambientais elevadas podem ter efeito direto nos órgãos durante a exposição ao calor que pode persistir após o abate, com maior deposição de gordura nos depósitos internos, ao invés do depósito subcutâneo (MADER e DAVIS, 2004; NARDONE et al., 2006). Essa menor deposição de gordura subcutânea em animais em estresse calórico é uma estratégia do organismo para facilitar a dissipação de calor. Quando esses animais são submetidos a ambientes com altas temperaturas, observa-se o acionamento de mecanismos termorreguladores que visam à redução do impacto do ambiente quente sobre seu organismo, o que faz com que parte da energia líquida para deposição de tecidos seja perdida (ORLANDO et al., 2001).

Mithöhner et al. (2001) observaram redução da espessura de gordura subcutânea de novilhas terminadas em confinamento sem a presença de sombra, sendo que o grupo com disponibilidade de sombra apresentou 1,5 cm de espessura de gordura subcutânea e o grupo sem sombra 1,1 cm. Quintiliano e Paranhos da Costa (2006) também afirmam que novilhas terminadas em confinamento sem disponibilidade de sombra apresentaram menor espessura de gordura subcutânea nas carcaças comparadas as novilhas com disponibilidade de sombra, sendo que essas apresentaram maior porcentagem de carcaças com espessura de gordura subcutânea entre 4 e 5 cm.

A gordura subcutânea ou de cobertura interfere na velocidade de resfriamento da carcaça, comportando-se como eficiente isolante térmico (FELÍCIO, 1997). Assim, carcaças com adequada cobertura de gordura reduzem os efeitos de desidratação e encurtamento das fibras musculares (“*cold shortening*”) resultantes do resfriamento, que podem causar o endurecimento da carne (FELÍCIO, 1998). Portanto, um animal quando exposto a altas temperaturas por longos períodos (estresse crônico) tem alterações na composição da carcaça pela redução na deposição de gordura subcutânea, conseqüentemente, com impactos negativos na maciez da carne.

Na literatura, são poucos os trabalhos que avaliam a tecnologia do sombreamento natural em bovinos submetidos a regime de pasto com ênfase na qualidade da carcaça e carne. A maior parte desses estudos se restringem a sombreamento artificial em animais confinados ou a utilização dessa tecnologia para a espécie bubalina, como observado em estudo realizado por Joele et al. (2013) que avaliando a carcaça e carne de bubalinos (*Bubalus bubalis*) terminados em sistemas com e sem disponibilidade de sombreamento natural, observaram que os animais engordados em sistemas de criação, com uso de tecnologias (pastagens arborizadas), apresentaram maior desempenho ponderal e abate precoce e, conseqüentemente, melhor conformação de carcaça e acabamento de gordura e, se destacaram, por apresentarem maior percentual de quarto traseiro, indicativo de maior quantidade de carnes nobres, com melhor quantidade de espessura de gordura subcutânea, maciez e com luminosidade característica de produto de boa qualidade.

No entanto, em contraposição a estes estudos, Ferro et al. (2016) avaliando a qualidade da carne de bovinos Nelore submetidos a diferentes níveis de sombreamento artificial, não encontraram resultados significativos para os parâmetros de qualidade da carcaça e carne. Esses autores, justificaram esses resultados pelo fato da raça ser adaptada as nossas condições climáticas, no entanto, recomendam a utilização do sombreamento para permitir melhores condições de qualidade de vida aos animais.

Além das modificações citadas anteriormente nas características da carcaça e carne, o perfil de ácidos graxos também pode sofrer possíveis alterações em função de diferentes técnicas de nutrição utilizada (JOELE et al., 2013). Segundo Wood et al. (1999) a carne de ruminantes criados a pasto contém maior proporção de lipídios saudáveis e antioxidantes importantes para a saúde humana. Embora essa afirmação seja dada por tais autores, não há trabalhos que avaliam o perfil de ácidos graxos da carne de bovinos submetidos em diferentes modelos de integração, uma vez que esses estão diretamente ligados na qualidade da forragem.

De acordo com Joele et al. (2013) avaliando o perfil de ácidos graxos da carne bubalina de animais oriundos de Sistema Tradicional (ST) e Silvipastoril (SSP) demonstraram que as carnes do SSP apresentaram maior percentual de ácido graxo mirístico (C14:0), considerado hipercolesterolêmico, enquanto as do ST apresentaram maior percentual de ácidos graxos poliinsaturados (AGPI), além de tendência a menor relação $\omega 6:\omega 3$, considerados com efeitos benéficos a saúde humana, portanto, melhor nutricionalmente. Esses autores, mesmo com resultados considerados desfavoráveis aos sistemas de integração, ainda sugerem necessidade de se conhecer melhor o potencial de produção da carne em diferentes regimes de criação e alimentação, sobretudo os que favorecem o bem-estar animal, fornecendo subsídios a toda a cadeia produtiva e, envolvendo desde o criador até o consumidor final.

Desse modo, considerando a hipótese de que a ILPF pode proporcionar bem-estar aos animais com conseqüente melhoria na qualidade da carcaça e carne dos mesmos, o presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o desempenho na terminação, as características de carcaça e carne de bovinos da raça Nelore mantidos em sistemas integrados de produção agropecuária, sem disponibilidade de sombra (ILP) e com duas densidades de árvores (196 árvores/ha: ILPF-1L e 448 árvores/ha: ILPF-3L).

Assim, o **Capítulo 2**, intitulado: “**Desempenho e qualidade da carcaça de bovinos Nelore terminados em sistemas integrados de produção agropecuária**” foi redigido de acordo com as normas estabelecidas para publicação no periódico *Agricultural systems*. Objetivou-se com o presente estudo avaliar o desempenho e as características de carcaça de bovinos da raça Nelore terminados em sistemas integrados de produção agropecuária, sem disponibilidade de sombra (ILP) e com duas densidades de árvores (196 árvores/ha: ILPF-1L e 448 árvores/ha: ILPF-3L).

O **Capítulo 3**, intitulado: “**Qualidade da carne de bovinos Nelore terminados em sistemas integrados de produção agropecuária**”, foi redigido de acordo com as normas estabelecidas para publicação no periódico *Agricultural systems*. Objetivou-se com o presente estudo avaliar as características da carne de bovinos da raça Nelore terminados em sistemas integrados de produção agropecuária, sem disponibilidade de sombra (ILP) e com duas densidades de árvores (196 árvores/ha: ILPF-1L e 448 árvores/ha: ILPF-3L).

REFERÊNCIAS

- ABIEC. Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne. Estatísticas. 2010. Disponível em: <<http://www.abiec.com.br/estatisticas.asp>>. Acesso em: 23 de abr. 2014.
- ALMEIDA, R. G.; BARBOSA, R. A.; ZIMMER, A. H. et al. Forrageiras em sistemas de produção de bovinos em integração. In: _____. **Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta: a produção sustentável**. 2016, 88-94p.
- ALVARENGA, R. C. Integração Lavoura – Pecuária. In: SIMPÓSIO DE PECUÁRIA DE CORTE. 3. **Anais...** Belo Horizonte-MG: UFMG, 2004.
- AMS-Associação Mineira de Silvicultura. **Perspectivas e tendências do abastecimento de madeira para a indústria de base florestal no Brasil**. Belo Horizonte: MAS, 2005, 12p. Disponível em: <http://www.silviminas.com.br/Publicacao/Arquivos/publicacao_131.pdf> Acesso em: 29 de nov. 2016.
- ANGHINONI, I; MORAES, A.; CARVALHO, P.C.F.; SOUZA, E.D.; CONTE, O.; LANG, C.R. **Benefícios da integração lavoura-pecuária sobre a fertilidade do solo em sistema plantio direto**. In: **Fertilidade do solo e nutrição de plantas no sistema plantio direto**. ASSOCIAÇÃO DOS ENGENHEIROS AGRÔNOMOS DOS CAMPOS GERAIS. Universidade Estadual de Ponta Grossa, PR, 2011.
- ANUALPEC. **Anuário da pecuária brasileira**. FNP Consultoria/Agros Comunicação, São Paulo, SP. 2016, 272p.
- ANUALPEC. **Anuário da pecuária brasileira**. FNP Consultoria/Agros Comunicação, São Paulo, SP. 2015, 280p.
- APPLE, J. K.; KEGLEY, E. B.; GALLOWAY, D. L. et al. Treadmill exercise is not an effective methodology for producing the dark-cutting condition in young cattle. **Journal Animal Science**, v.84, p.3079-3088, 2006.
- BALBINO, L. C.; CORDEIRO, L. A. M.; OLIVEIRA, P. et al. Agricultura sustentável por meio da integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF). **Informações Agronômicas**, v. 138, p. 1-18, 2012.
- BALBINO, L. C.; CORDEIRO, L. A. M.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V. et al. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.10, p.i-xii, 2011.
- CARVALHO, M. M; XAVIER, D. F; ALVIM, M. J. et al. **Sistemas Silvopastoris – Consórcio de Árvores e Pastagens**, Viçosa-MG, 128p. 2002.

- CARVALHO, P. C. F.; MORAES, A.; PONTES, L. S. et al. Definições e terminologias para Sistema Integrado de Produção Agropecuária. **Revista Ciência Agronômica** (UFC. Online), v. 45, p. 1040-1046, 2014.
- CASTRO FILHO, C.; LOURENÇO, A.; GUIMARÃES, M. D. F. et al. Aggregate stability under different soil management systems in a Red Latosol in the state of Paraná, Brazil. **Soil and Tillage Research**, v.65, p.45-51, 2002.
- CONWAY, G. R. The properties of agroecosystems. **Agricultural systems**. v. 24, n. 2, p. 95-117, 1987.
- CRUSCIOL, C. A. C.; NASCENTE, A. S.; MATEUS, G. P. et al. Intercropping soybean and palisade grass for enhanced land use efficiency and revenue in a no till system. **European Journal of Agronomy**, v.58, p.53-62, 2014.
- CRUZ, S. C. S.; PEREIRA, F. R. S.; SANTOS, J. R. et al. Adubação nitrogenada para o milho cultivado em sistema plantio direto, no Estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, p.62-68, 2008.
- DEITENBACH, A.; FLORIANI, G. S.; DUBOIS, J. C. L. et al. **Manual agroflorestal para a Mata Atlântica. Brasília: MDA, FAF, 196p.: il., 2008.**
- EMERENCIANO NETO, J. V.; DIFANTE, G. S.; MONTAGNER, D. B. et al. Características estruturais do dossel e acúmulo de forragem em gramíneas tropicais, sob lotação intermitente e pastejada por ovinos. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 4, p. 962-973, 2013.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. An international consultation on integrated crop-livestock systems for development: **The way forward for sustainable production intensification**. Vol. 13-2010. Rome, 2010.
- FELÍCIO, P. E. Fatores ante o *post mortem* que influenciam na qualidade da carne bovina. In: PEIXOTO, A.M., MOURA, J.C., FARIA, V. P. (Eds.) **Produção do novilho de corte**. Piracicaba: Fundação de estudos agrários “Luis de Queiroz”, p. 79-97, 1997.
- FELÍCIO, P. E. Desdobramento da qualidade da carne bovina. **Higiene Alimentar**, v.12, n.54, p.16-22, 1998.
- FERRO, D. A. C.; ARNHOLD, E.; BUENO, C. P. et al. Performance of Nellore males under different artificial shading levels in the feedlot. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 37, n. 4, suplemento 1, p. 2623-2632, 2016.
- FLORINDO, T. J.; MEDEIROS, G. I. B.; MAUAD, J. R. C. Análise das barreiras não tarifárias à exportação de carne bovina. **Revista de Política Agrícola**, v.24, n.2, p.52-63, 2015.

- FORREST, J. C.; ABERLE, E. D.; HEDRICK, H. B. et al. **Fundamentos de ciencia de la carne**. Traduzido por BERNABÉ SANZ PÉREZ. Zaragoza: Acribia, 1979. 364p. Tradução de: Principles of meat Science.
- GHOLZ, H. L. (Ed.). **Agroforestry: realities, possibilities and potentials**. Dordrecht: Martinus Nijhoff Publishers, 1987. 227p.
- GLASER, F. D. **Aspectos comportamentais de bovinos da raça Angus a pasto frente à disponibilidade de recursos de sombra e água para imersão**. 2003. 84f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2003.
- GLASER, F. D. **Aspectos comportamentais de bovinos das raças Angus, Caracu e Nelore a pasto frente à disponibilidade de recursos de sombra e água por imersão**. 2008. 117f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2008.
- GOBBI, K. F.; GARCIA, R.; GARCEZ NETO, A. F. et al. Características morfológicas, estruturais e produtividade do capim-Braquiária e do amendoim forrageiro submetidos ao sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.9, p.1645-1654, 2009.
- GREGORY, N. G. How climatic changes could affect meat quality. **Food Research International**, v. 43, p. 1866-1873, 2010.
- GUÀRDIA, M. D.; ESTANY, J.; BALASCH, S. et al. Risk assessment of DFD meat due to pre-slaughter conditions in pigs. **Meat Science**, v.70, p.709-716, 2005.
- IPCC. Climate change 2001: working group II: **Impacts, adaptations and vulnerability**. Disponível em: <http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg2/005.html> acesso em: 4 de mar. 2014.
- JOELE, M. R. S. P.; LOURENÇO-JÚNIOR, J. B.; FATURI, C. et al. Sistemas silvipastoril e tradicional na Amazônia Oriental – produção e qualidade da carcaça e carne de búfalos. **Ciências Agrárias**, v. 34, n. 5, p. 2457-2464, 2013.
- JUVENAL, T. L.; MATTOS, R. L. G. O setor florestal no Brasil e a importância do reflorestamento. **BNDES Setorial**, n. 16, p. 3-30, 2002.
- KADIM, I. T., MAHGOUB, O., AL-AJMI, D. S. et al. The influence of season on quality characteristics of hot-boned m. *Longissimus thoracis*. **Meat Science**, 66, 831–836, 2004.
- KANDEEPAN, G., ANJANEYULU, A.S.R., KONDAIAH, N., MENDIRATTA, S.K., LAKSHMANAN, V. 2009. Effect of age and gender on the processing characteristics of buffalo meat. **Meat Science**, 83, 10–14, 2009.

- KEULEN, H.; SCHIERE, H. Crop-livestock systems: old wine in new bottles? In: Fischer, T. et al. (Eds.). New directions for a diverse planet. **Proceedings... IV International Crop Science Congress**, Australia, 2004.
- KLUTHCOUSKI, J. Agricultura brasileira: o meio ambiente agradece. **Revista A Granja**, n.808, 2016.
- KLUTHCOUSKI, J.; PACHECO, A. R.; TEIXEIRA, S. M. et al. **Renovação de pastagem do cerrado com arroz**. 1- Sistema Barreirão. Goiânia-GO: EMBRAPA-CNPAP; 20p. Documentos, 33, 1991.
- LAL, R. Tillage and agricultural sustainability. **Soil Tillage Research**, v.20, p.133-146, 1991.
- LARA-CABEZAS, W. A. R.; PÁDUA, R. V. Eficiência e distribuição de nitrogênio aplicado em cobertura na cultura de milho consorciada com *Brachiaria ruziziensis*, cultivada no Sistema Santa Fé. **Bragantia**, Campinas, v.66, n.1, p.131-140, 2007.
- LEMAIRE, G.; WILKINS, R.; HODGSON, J. Challenges for grassland science: managing research priorities. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.108, n.2, 15, p.99–108, 2005.
- LINHARES, M. Y. L. Religião e história agrária. **Estudos Históricos**, v. 15, p. 17-26, 1995.
- LONGHINI, V. Z. **Comportamento ingestivo, desempenho e características de carcaça de cordeiros semi-confinados em sistema integrado de produção**. 2016, 71f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu, 2016.
- LOPES, E. C. P. **Nitrogênio em sistema integrado de produção agropecuária: dinâmica entre espécies e estratégias de adubação**. 2015. 97f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.
- LOS, C. J. **Plantio direto na integração agricultura-pecuária**. In: PEIXOTO, R. T. G.; AHRENS, D. C.; SAMAHA, M. J. (Ed.). Plantio direto: o caminho para uma agricultura sustentável. Ponta Grossa: IAPAR/PRP-PG, p.115-123, 1997.
- LOSS, A.; PEREIRA, M. G; GIÁCOMO, S. G. et al. Agregação, carbono e nitrogênio em agregados do solo sob plantio direto com integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.1269-1276, 2011.
- MACEDO, M. C. M. Sistemas de produção animal em pasto nas Savanas Tropicais da América: Limitações à Sustentabilidade. In: Reunião Latino americana de Produccion Animal, 16; Congreso Uruguayo de Produccion Animal, 3, 2000, Montevideú. **Anais...** 2000.

MACEDO, R. L. G.; VALE, A. B.; VENTURIN, N. **Eucalipto em sistemas agroflorestais**. Lavras: UFLA, 2010. 331p.

MADER, T. L.; DAVIS, M. S. Effect of management strategies on reducing heat stress of feedlot cattle: Feed and water intake. **Journal of Animal Science**, v.82, p.3077–3087, 2004.

MAGANHINI, M. B.; MARIANO, B.; SOARES, A. L. et al. Carne PSE (*Pale, Soft, Exudative*) e DFD (*Dark, Firm, Dry*) em lombo suíno numa linha de abate industrial. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.27, p.69-72, 2007.

MEDEIROS, R. B. Considerações sobre a integração lavoura-pecuária no Rio Grande do Sul. In: V Simpósio sobre o Manejo da Pastagem, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ, p. 235-301, 1978.

MEIRELLES, P. R. L.; MOCHIUTTI, S. Níveis de sombreamento e taxas de acumulação de massa seca de forragem em gramíneas tropicais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 7, 2009, Brasília. **Anais...** Brasília: [s.n.], 2009.

MITLÖHNER, F. M.; GALYEAN, M. L.; MCGLONE, J. J. Shade effects on performance, carcass traits, physiology, and behaviour of heat-stressed feedlot heifers. **Journal Animal Science**. v.80, p.2043-2050, 2002.

MITLÖHNER, F. M.; MORROW, J. L.; DAILEY, J. W. et al. Shade and water misting effects on behavior, physiology, performance, and carcass traits of heat-stressed feedlot cattle. **Journal Animal Science**. v.79, p.2327- 2335, 2001.

MONTAGNINI, F.; NAIR, P. K. R. Carbon sequestration: an underexploited environmental benefit of agroforestry systems. **Agroforestry Systems**, v.61, p.281-295, 2004.

MORAES, A.; CARVALHO, P. C. F.; ANGHINONI, I. et al. Integrated crop–livestock systems in the Brazilian subtropics. **European Journal of Agronomy**, v. 57, p. 4-9, 2014.

NARDONE, A., RONCHI, B., LACETERA, N., BERNABUCI, U. Climatic effects on productive traits in livestock. **Veterinary Research Communications**, 30(Suppl. 1), 75–8, 2006.

OLIVEIRA, T. K.; MACEDO, L. G.; SANTOS, I. P. A. et al. Produtividade de *Brachiaria brizantha* (HOCHST. EX A. RICH.) Stapf cv. Marandu sob diferentes arranjos estruturais de sistema agrossilvipastoril com eucalipto. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 3, p. 748-757, 2007.

OLIVEIRA, G. Q.; LOPES, A. S.; GOES, R. J. et al. Resposta do feijoeiro de inverno a manejos de irrigação e doses de nitrogênio em cobertura no sistema plantio direto. **Agrarian**, Dourados, v. 3, n. 7, p. 8-17, 2010.

OLIVEIRA NETO, S. N.; REIS, G. G.; REIS, M. G. F. et al. Arranjos estruturais do componente arbóreo em sistema agrossilvipastoril e seu manejo por desrama e desbaste. **Informe Agropecuário**, v.31, n.257, p. 47-58, 2010.

ORLANDO, U. A. D.; OLIVEIRA, R. F. M.; DONZELE, J. L. Níveis de proteína bruta para leitoas dos 30 aos 60 kg mantidas em ambiente de alta temperatura (31°C). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.5, p.1536-1543, 2001.

PIRES, M. F. A.; CAMPOS, A. T. **Modificações ambientais para reduzir o estresse calórico em gado de leite**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2004. 6 p. (Embrapa Gado de Leite. Comunicado Técnico, 42).

PIRES, M. F. A.; TEODORO, R. L.; CAMPOS, A. T. Efeito do estresse térmico sobre a produção de bovinos. In: CONGRESSO NORDESTINO DE PRODUÇÃO DE RUMINANTES E NÃO RUMINANTES, 2, Teresina. **Anais...** Teresina: Sociedade Brasileira de Produção Animal, p.87-105, 2000.

PORFÍRIO-DA-SILVA, V. Sistemas silvipastoris em Mato Grosso do Sul. Para que adotá-los? In: SEMINÁRIO SISTEMAS AGROFLORESTAIS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 2003. **Anais...** Campo Grande: Embrapa-Gado de Corte, p.1-13, 2003.

PORFÍRIO DA SILVA, V. **O sistema silvipastoril e seus benefícios para a sustentabilidade da pecuária**. Palestra apresentada no “Simpósio ABCZ-CNPC “Pecuária Sustentável”, Uberaba, MG, 2009.

QUINTILIANO, M. H.; PARANHOS DA COSTA, M. J. R. Manejo racional de bovinos de corte em confinamentos: produtividade e bem-estar animal. In: IV SINEBOV, Seropédica. **Anais...** Seropédica, RJ, 2006.

SEVERINO, F. J.; CARVALHO, S. J. P.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Interferências mútuas entre a cultura do milho, espécies forrageiras e plantas daninhas em um sistema de consórcio. III Implicações sobre as plantas daninhas. **Planta Daninha**, v. 24, n. 1, p. 53-60, 2006.

SILVA, J. A. R.; ARAÚJO, A. A.; LOURENÇO JÚNIOR, J. B. et al. Conforto térmico de búfalas em sistema silvipastoril na Amazônia Oriental. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.1364-1371, 2011.

SILVA, R. M.; TAVEIRA, R. Z.; SANTOS, K. J. G. et al. Influência do sombreamento sobre o desempenho de novilhos mestiços zebuínos confinados, **Anais...** ZOOTEC 2009.

SOUZA, B. B.; BATISTA, N. L. Os efeitos do estresse térmico sobre a fisiologia animal. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 8, n. 3, p. 06-10, 2012.

SOUZA, B. B.; LOPES, J. J.; ROBERTO, J. V. B. et al. Efeito do ambiente sobre as respostas fisiológicas de Caprinos saanen e mestiços ½saanen + ½boer no semiárido Paraibano. **Agropecuária Científica no Semiárido**. vol. 06, n. 02, p. 47 - 51, 2010.

TETT, S. F. B., STOTT, P. A., ALLEN, M. R. et al. Causes of twentieth-century temperature change near the earth's surface. **Nature**, 399, 569–572, 1999.

UNCONTRADE. **International trade statistics database**. Disponível em: <<http://comtrade.un.org/>>. Acesso em: 5 mai. 2014.

UNITED STATES. Department of Agriculture. Livestock and poultry: world markets and trade. 2014. Disponível em: <http://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/livestock_poultry.pdf>. Acesso em: 15 mai. 2014.

VIANA, M. B. O eucalipto e os efeitos ambientais do seu plantio em escala. **Consultoria Legislativa da Câmara dos Deputados**, 2004.

WOOD, J. D.; ENSER, M.; FISHER, A. V. et al. Manipulating meat quality and composition. In: NUTRITION SOCIETY. **Proceedings...** 58: 1-8, 1999.

CAPÍTULO 2

O artigo a seguir está redigido de acordo com as normas da Revista *Agricultural systems*, com exceção do idioma.

Desempenho e qualidade da carcaça de bovinos Nelore terminados em sistemas integrados de produção agropecuária

RESUMO

Os sistemas integrados de produção agropecuária (SIPAs) são a chave para o aumento da produtividade pecuária e da qualidade do produto final. No entanto, ainda são poucos os estudos que avaliam suas respostas nos animais, sobretudo, na qualidade da carcaça. Assim, o presente estudo foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o desempenho e as características da carcaça de bovinos da raça Nelore terminados em SIPAs, sem disponibilidade de sombra (integração lavoura-pecuária: ILP) e com duas densidades de árvores (integração lavoura-pecuária-floresta: ILPF, com 196 árvores/ha e 448 árvores/ha). O delineamento experimental foi em blocos completos, com três tratamentos (ILP, ILPF-1L e ILPF-3L) e quatro repetições por tratamento, totalizando 12 parcelas experimentais. Foram utilizados 60 animais da raça Nelore castrados com aproximadamente $28 \pm 2,81$ meses de idade e peso médio inicial de $385,71 \pm 27,17$ kg, os quais foram pesados a cada 28 dias para determinação do ganho médio diário. Após o abate dos animais, foram coletadas 48 amostras do músculo *longissimus thoracis* para as análises de carcaça. Não foram encontradas diferenças ($P > 0,05$) entre os tratamentos para o ganho médio diário e peso vivo final, contribuindo para ausência de diferença no peso e rendimento da carcaça quente, do dianteiro, do traseiro especial e da ponta de agulha ($P > 0,05$). Do mesmo modo, não foi encontrada diferença entre os tratamentos para área de olho de lombo inicial e final, espessura de gordura subcutânea inicial e final, marmorização, pH e glicogênio ambos mensurados às 2h e 24 h *post mortem* ($P > 0,05$). Assim, conclui-se que a introdução do componente arbóreo na pastagem não interfere no desempenho e nas características de carcaça de bovinos Nelore.

Palavras-chave: ganho médio diário; glicogênio; integração lavoura-pecuária-floresta; pH.

**Performance and carcass quality of Nellore cattle finished in integrated
crop-livestock systems**

ABSTRACT

Integrated Crop-livestock Systems (ICLS) are the key to increasing livestock productivity and the quality of the final product. However, there are still few studies that evaluate responses of the SIPAs in the animals, especially in the carcass quality. Thus, the objective of this study was to evaluate the performance and carcass characteristics of Nellore cattle finishing in ICLS, without shade availability (integrated crop-livestock: ICL) and with two tree densities (integrated crop-livestock-forest, ICLF, at 196 trees/ha and 448 trees/ha). The experimental design was in complete blocks, with three treatments (ICL, ICLF-1L and ICLF-3L) and four replicates per treatment, totaling 12 experimental plots. Sixty castrated Nellore cattle of approximately 28 ± 2.81 months of age and initial mean weight of 385.71 ± 27.17 kg were used to determine the average daily gain. After the slaughter of the animals, 48 samples of the *longissimus thoracis* muscle were collected for carcass analyzes. No differences were found ($P > 0.05$) between the treatments for the average daily gain and final live weight, contributing to the absence of difference in weight and yield of the hot carcass, forequarter, special hindquarter and flank ($P > 0.05$). Similarly, no were found difference ($P > 0.05$) between treatments for initial and final ribeye area, initial and final backfat thickness, marbling, pH and glycogen, both measured at 2 h and 24 h *post mortem*. Concludes that the introduction of the trees in the pasture does not interfere in the performance, in the carcass characteristics of the meat of Nellore cattle.

Keywords: average daily gain; glycogen, integrated crop-livestock-forest; pH.

1. Introdução

O aumento pela demanda na expansão da produção global de alimentos, fibras, madeira e biocombustíveis, sem a abertura de novas áreas de extração de madeira nativa e com a urgente necessidade de uma agricultura e pecuária sustentável, faz com que os produtores sejam cada vez mais incentivados a preterir o modelo extrativista em favor daqueles que exigem investimentos em novas tecnologias e processos que atendam melhor aos princípios preconizados pelos mecanismos da certificação de origem sustentável (Porfírio da Silva, 2009).

Os sistemas integrados de produção agropecuária, surgem como estratégia chave para otimização do aproveitamento dos solos, diversificação da produção e recuperação de pastagens degradadas. E, a recente inclusão do componente arbóreo, agrega novas vantagens, bem como outros produtos ao sistema, variando desde a conservação do solo com melhoria das condições ambientais da pastagem (proteção contra geadas, tempestades e altas temperaturas); aumento da qualidade da forrageira disponível aos animais, com o aumento do teor de proteína bruta, e, ainda, a disponibilidade de madeira na propriedade rural para diferentes usos, incrementando, assim, a renda por unidade de área, o que pode beneficiar, de sobremaneira, a grande quantidade de estabelecimentos rurais, com consequente elevação das condições sociais de pessoas que vivem em áreas rurais, muitas vezes em situações de pobreza, e têm na agricultura e pecuária sua única atividade produtiva (Sánchez, 2001; Sousa et al., 2007; Porfírio da Silva, 2009; Almeida et al., 2011; FAO, 2016).

A disposição de árvores na pastagem, pode ainda beneficiar os animais que nela vivem, protegendo-os contra intempéries climáticas e favorecendo o seu bem-estar, promovendo um ambiente com índice de conforto térmico mais adequado, com consequente aumento na produção de carne, devido à disponibilidade de sombra (Garcia et al., 2011; Domiciano et

al., 2016). No entanto, os trabalhos na literatura relatam, em sua maioria, aumento na quantidade dos produtos oriundos da agropecuária, sendo a qualidade ainda pouco avaliada.

O estresse ocasionado pelo calor altera a qualidade da carcaça e da carne dos animais a ele submetidos por longos períodos (estresse crônico), as quais são afetadas de duas maneiras: primeiro, há efeitos no metabolismo muscular, com a depleção da reserva de glicogênio, não produzindo ácido lático suficiente para a queda do pH e com consequências na qualidade da carne; em segundo, o organismo desses animais submetidos a altas temperaturas apresenta estratégias para facilitar a dissipação de calor, que pode persistir após o abate afetando a composição da carcaça, com maior deposição de gordura nos depósitos internos, ao invés do depósito subcutâneo (Gregory, 2010).

Assim, a introdução de árvores na atividade pastoril, a partir da integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), pode ter reflexos não apenas no desempenho dos animais, mas também na qualidade da carcaça dos mesmos, fazendo com que a pesquisa necessite ser executada com interdisciplinaridade em todos os componentes do sistema, sobretudo, na qualidade do produto final, a qual representa apenas 8,2% dos trabalhos de pesquisas em sistemas integrados de produção agropecuária (Moraes et al., 2014), além de suas alterações em função das diferentes possibilidades de sombreamento.

Desse modo, considerando a hipótese de que a ILPF pode proporcionar bem-estar aos animais com consequente melhoria no desempenho e na qualidade da carcaça dos mesmos, o presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o desempenho e as características de carcaça de bovinos da raça Nelore terminados em sistemas integrados de produção agropecuária, sem disponibilidade de sombra (integração lavoura-pecuária: ILP) e com duas densidades de árvores (196 árvores/ha: ILPF-1L e 448 árvores/ha: ILPF-3L).

2. Material e Métodos

O experimento foi realizado de acordo com os princípios éticos na experimentação animal (Protocolo N° 101/2014 - CEUA) determinados pela Comissão de Ética em Uso de Animais (CEUA) da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – UNESP, Câmpus de Botucatu.

2.1. Local do experimento e condições climáticas

O experimento foi realizado, na Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA), Polo Regional do Extremo Oeste, localizada no município de Andradina (20° 53' 38" de latitude sul, 51° 23' 1" de longitude oeste e 400 m de altitude), Oeste do Estado de São Paulo.

O clima predominante na região é o Aw, caracterizando-se como clima tropical de altitude, com verão quente e chuvoso e inverno seco, de acordo com o sistema de classificação climático Köppen (Alvares et al., 2013). Segundo os dados climáticos da própria agência, a precipitação anual da região é em torno de 1.257 mm, concentrando 78% das chuvas de outubro-abril e 22% de maio-setembro caracterizando a estação seca. A longo prazo (1956-2013) a média anual da temperatura máxima e mínima foram 30,7°C e 17,1°C, respectivamente, com precipitação anual média de 1.181,6 mm (Unicamp, 2013). Os dados climáticos e de conforto térmico foram mensurados durante o período experimental (Tabela 1).

2.2. Histórico da área e período experimental

O projeto iniciou-se em dezembro de 2011, quando a área foi selecionada e realizado o levantamento topográfico. No primeiro semestre de 2012 foi projetado o experimento, com a escolha dos tratamentos e divisão dos piquetes. O solo da área experimental foi classificado

como Latossolo Vermelho Amarelo distrófico (Embrapa, 2013) com camada superficial arenosa e declividade média do terreno de 6%. Em julho de 2012, o solo da área foi corrigido baseada nas análises químicas (0-20 cm), que apresentava os seguintes atributos: pH (CaCl₂) 4,8; M.O. 16 g dm⁻³; P (resina) 3 mg dm⁻³; K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ e H+Al 1,9; 7; 5 e 20 mmolc dm⁻³, respectivamente, S-SO₄²⁻ 1 mg dm⁻³ e V% (saturação por bases) de 42%. Os teores de argila, silte e areia foram de 107; 113 e 780 g kg⁻¹, respectivamente. Foi aplicado a lanço e incorporado o calcário dolomítico (PRNT 80%) na quantidade média de 1200 kg ha⁻¹ para elevação da saturação por bases a 70% e gesso agrícola em área total na quantidade de 600 kg ha⁻¹ visando fornecimento de enxofre às culturas, conforme recomendação do Boletim 100 (van Raij et al., 1997) para o Estado de São Paulo. No preparo de solo foram realizados terraceamento, gradagem aradora, aração e gradagem niveladora.

As árvores foram estabelecidas no período de novembro de 2012 a março de 2013 por meio de plantio manual das mudas, acompanhando as curvas de nível presentes na área (Porfírio da Silva et al., 2010). O clone de eucalipto utilizado no plantio foi o I-224 de *Eucalyptus urograndis*, com perfil para produção de celulose, característica comercial da região de implantação. Na adubação de plantio foram utilizados 350 kg ha⁻¹ da fórmula 04-30-16, sendo a quantidade de 210 g por muda (8,4 g N, 63 g P₂O₅, 33,6 g de K₂O) na cova de plantio. Na adubação de cobertura realizada em fevereiro de 2013, foram utilizados 37 kg ha⁻¹ de nitrogênio, 3 kg ha⁻¹ de zinco e 2 kg ha⁻¹ de boro, aplicando-se 50 g de ureia (23 g N), 9 g de sulfato de zinco (1,8 g Zn) e 12 g de borogran (1,2 g B) em coroamento sob cada muda de eucalipto. Em janeiro de 2014 foi realizada mais uma adubação de cobertura, com 123 kg ha⁻¹ de N, utilizando 160 g de ureia (73,6 g N) em forma de coroa sob cada muda. Conforme necessário foram realizados tratos culturais visando o controle de plantas-daninhas e irrigação pontual nas árvores recém-plantadas. Replantios foram realizados em parte da área em função de temperaturas elevadas concomitantes ao déficit hídrico

(veranicos) no período. Em fevereiro e março de 2013 foram realizados controles do besouro *Costalimaita ferruginea vulgata* no eucalipto com aplicação de inseticida Karat Zeon (150 ml ha⁻¹) + Match (200 ml ha⁻¹) e Endossulfan (1 l ha⁻¹) via pulverizador de barra tratorizado de 600 l. Em fevereiro de 2014 realizou-se novo controle da mesma espécie besouro no eucalipto com aplicação de inseticida Lorsban – 0,8 l ha⁻¹ + Actara 250 – 0,2 kg ha⁻¹ via pulverizador tratorizado de 600 l com utilização de barra na posição vertical. As alturas médias das árvores nos sistemas ILPF-1L e ILPF-3L aos 30 meses eram de 9,0 e 9,9 m, respectivamente.

A semeadura da soja (cultivar BMX Potência) foi realizada em dezembro 2012 em todos os sistemas (ILP, ILPF-1L e ILPF-3L), utilizando a semeadora Semeato modelo SAM 200 com quatro linhas, na densidade de 20 sementes por metro e espaçamento de 0,50 m entrelinhas, totalizando 400.000 sementes ha⁻¹. A adubação mineral de semeadura foi de 300 kg ha⁻¹ do fertilizante formulado 4-30-16, correspondendo à aplicação de 12 kg ha⁻¹ de N, 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 48 kg ha⁻¹ de K₂O. A adubação de cobertura foi efetuada 40 dias após o plantio, aplicando-se 200 kg ha⁻¹ do formulado 00-20-20. O controle de plantas-daninhas em pós-emergência na soja foi realizado em 24/01/2013, aplicando herbicida a base de Glyphosate (Zapp QI 620), na dose de 1.240 g i.a. ha⁻¹ com volume de calda de 250 l ha⁻¹, por meio de pulverizador tratorizado de barras, utilizando bicos do tipo leque espaçados em 0,50 m. Nesta aplicação, em mistura de tanque, utilizou-se fertilizante a base de cobalto e molibdênio (COMO Platinum), na dose de 150 ml ha⁻¹ do produto comercial. A colheita da soja foi realizada em maio de 2013, sendo obtido produtividade média de 35 sc ha⁻¹. Após a colheita da soja foi efetuado o controle das plantas daninhas emergentes na área. A área foi dessecada com utilização de herbicida a base de Glyphosate (Roundup WG), na dose de 1440 g i.a. ha⁻¹ com volume de aplicação de 250 l ha⁻¹, por meio de pulverizador tratorizado de barras, utilizando bicos do tipo leque espaçados em 0,50 m.

Em dezembro de 2013 foi semeado o capim, sendo utilizado sementes de *Urochloa brizantha* (Syn. *Brachiaria brizantha*) cv. Marandu, na quantidade de 8,0 kg ha⁻¹ de sementes puras e viáveis, plantadas com espaçamento entrelinhas de 0,20 m com a utilização de semeadora de plantio direto Semeato modelo SAM 200, tracionada por um trator New Holland modelo TL 75 4 x 4. Em seguida, tratou-se as sementes de milho híbrido BG 7049 (Biogene) com inseticida à base de Thiametoxan (Cruiser 350) na dosagem de 300 ml 100 kg⁻¹ para posterior plantio. No plantio do milho foi utilizado espaçamento de 0,80 m entrelinhas, visando atingir a densidade populacional de 62.500 plantas por hectare e a adubação de plantio foi de 310 kg ha⁻¹ de 8-28-16, o que corresponde a 24,8 kg ha⁻¹ de N, 86,8 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 49,6 kg ha⁻¹ de K₂O e 20 dias após a emergência das plantas de milho foi feita a adubação de cobertura com 92 kg ha⁻¹ de nitrogênio via ureia.

Em janeiro de 2014 foi realizado controle de lagartas com aplicação de inseticidas químicos a base de Lambda cyhalothrin (Karate Zeon), na dosagem de 7,5 g i.a. ha⁻¹ e inseticida a base de Lufenuron (Match CE) na dosagem de 15 g i.a. ha⁻¹, conjuntamente com herbicida seletivo para folha larga à base de Atrazine (Primóleo), na dose de 2400 g i.a. ha⁻¹ para controle de plantas daninhas no milho e na pastagem através de pulverizador tratorizado de barras com volume de aplicação de 250 l ha⁻¹. A colheita do milho foi realizada em abril de 2014 e, a partir deste momento, as cercas foram construídas, os bebedouros foram instalados e a área permaneceu em descanso até a entrada dos animais.

Em outubro de 2014 foi realizada coleta de amostra de solo na camada de 0-20 cm para análise das características químicas dos sistemas, sendo apresentados os seguintes resultados: 1) ILP: pH = 5,2; MO = 21 g dm⁻³; P = 15 g mg⁻³; K = 1,28, Ca = 14, Mg = 9,42, SB = 25 mmolc dm⁻³; 2) ILPF-1L: pH = 4,9; MO = 20 g dm⁻³; P = 9 g mg⁻³; K = 1,45, Ca = 11, Mg = 7,45, SB = 20 mmol c dm⁻³; 3) ILPF-3L: pH = 5,0; MO = 20 g dm⁻³; P = 7 g mg⁻³; K = 1,51, Ca = 12, Mg = 9,04, SB = 23 mmol c dm⁻³.

Entre os dias 08 de dezembro de 2014 a 09 de janeiro de 2015 foi realizada uniformização da forragem, por meio de roçagem mecânica a 15 cm de altura do solo, seguida por adubação nitrogenada de 40 kg ha⁻¹ de N na forma de ureia.

Em janeiro de 2015 iniciou-se a fase de adaptação (07/01/2015 a 11/02/2015), seguida do início da recria dos animais (início 11/02/2015 e término 13/01/2016), sendo o peso vivo e idade inicial nessa fase de 235,43±25,46 kg e 16±2,81 meses, respectivamente, e peso vivo final de 385,71±27,17 kg e 28±2,81 meses de idade. Após a fase de recria, deu-se início a fase de terminação dos animais (início 13/01/2016 e término 01/07/2016), a qual faz parte desse trabalho.

2.3. Animais, tratamentos, manejo da pastagem e suplementação

Foram utilizados 60 animais da raça Nelore castrados com 28±2,81 meses de idade e 385,71±27,17 kg de PV no início da fase de terminação. Esses animais foram blocados por faixas de peso em 12 piquetes contendo os tratamentos (Fig. 1; Tabela 2).

O método de pastejo adotado foi de lotação contínua com taxa de lotação variável, utilizando a técnica de *put and take* (Mott e Lucas, 1952). Em cada piquete foram utilizados cinco animais *testers* e um número variável de reguladores, conforme a necessidade de ajuste da taxa de lotação para manutenção da meta de manejo, com altura média do relvado de 30 cm para ótima condição de pasto (Silva, 2004), apresentando 29±1,62 cm, 29±1,30 cm e 28±1,44 cm para ILP, ILPF-1L e ILPF-3L, respectivamente. O monitoramento das condições de altura do dossel forrageiro foi realizado por meio de régua graduada em centímetros (cm), sendo medida a distância entre a curvatura da folha mais alta no ponto de amostragem e o solo (Hodgson, 1990), em percurso em zig-zag em intervalos médios de 14 dias, com número médio de amostragem de 100 pontos por unidade experimental. As

condições médias de produtividade e a composição bromatológica da pastagem durante o período experimental estão descritas na Tabela 3.

No período seco, compreendido de abril a junho foi ofertado suplemento concentrado para os animais com consumo de 0,7% do peso vivo, formulado usando NRC (2001), baseado no modelo Mechanistic (MLS) (Tabela 4). Os suplementos foram fornecidos diariamente, entre 11h e 13h, procurando não alterar o comportamento e os ciclos de pastejo dos animais.

2.4. Desempenho, área de olho de lombo e espessura de gordura subcutânea pelo ultrassom

Os animais foram pesados em balança eletrônica digital Indicador VF-B (Valfran, São Paulo, Brasil) de precisão de 1 kg, a cada 28 dias, sendo submetidos anteriormente a jejum de sólidos de 16 horas. O ganho médio diário (GMD) foi obtido por meio da diferença entre a pesagem final e inicial, dividido pelo número de dias deste intervalo (160 dias).

A técnica de ultrassonografia em tempo real foi utilizada no início do período experimental como ferramenta para a predição da área de olho de lombo (AOL) e espessura de gordura subcutânea (EGS) obtida na altura da 12^a costela. Para obtenção das imagens, utilizou-se o equipamento ALOKA 500V, com sonda linear de 17,2 cm e 3,5 MHz e guia acústica acoplada para melhor adaptação à anatomia do corpo do animal. As imagens obtidas foram armazenadas em microcomputador portátil e analisadas utilizando o programa Image J (National Institutes of Health, Bethesda, MD, USA).

2.5. Abate, rendimento da carcaça e dos cortes primários e coleta das amostras

Ao final do período de permanência estabelecido, os animais foram pesados, apresentando em média $453,68 \pm 29,69$ kg de PV e com $34 \pm 2,81$ meses de idade, sendo, posteriormente, abatidos em frigorífico comercial localizado no município de Bariri/SP, sob

Serviço de Inspeção Estadual (SISP), com aproximadamente 370 km de distância do local do experimento.

Durante a operação de abate as carcaças foram identificadas com etiquetas numeradas, fixadas no lado esquerdo. Após o abate do lote, o peso das meias-carcaças foi anotado, as quais, em seguida, permaneceram em câmara de resfriamento por 24 horas, após esse período foi realizada a secção entre a 8ª e 13ª vértebra torácica para realizar as análises laboratoriais.

Com o peso das meias-carcaças e do peso vivo animal foi possível determinar o rendimento da carcaça, definido como a relação entre o peso da carcaça e o peso vivo animal, expresso em porcentagem. Em seguida, realizou-se a pesagem dos cortes primários: traseiro especial, ponta de agulha e dianteiro para posterior cálculo do rendimento dos mesmos em função do peso da meia carcaça fria esquerda.

Utilizou-se 48 amostras do músculo LT entre a 8ª e 13ª vértebra torácica, as quais foram transportadas ao Laboratório de Bromatologia da Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas – UNESP, Campus de Dracena, onde foram realizados os cortes transversais com aproximadamente 2,5 cm de largura em serra fita BECCARO modelo 255, para as análises de área de olho de lombo, espessura de gordura subcutânea e marmorização entre a 12ª e 13ª vértebra torácica.

2.6. Área de olho de lombo, espessura de gordura subcutânea e marmorização

Para as medidas da área de olho de lombo e espessura de gordura subcutânea a peça foi fotografada e a mensuração foi realizada pelo programa Image J (National Institutes of Health, Maryland, USA). E, para a determinação do escore de marmorização foi utilizada a metodologia descrita pelo USDA Quality Grade (1997), variando os escores de 1 a 10 (1= praticamente ausente, 2 = traços, 3 = leve, 4 = pouco, 5 = modesto, 6 = moderado, 7 =

levemente abundante, 8 = moderadamente abundante, 9 = abundante e 10 = muito abundante).

2.7. *Potencial hidrogeniônico (pH) e glicogênio muscular*

Durante o resfriamento foi determinado o potencial hidrogeniônico (pH) do músculo *Longissimus thoracis* (LT) na altura do 12° espaço intercostal por meio de peagômetro de punção direta com termômetro acoplado (Modelo HI 99163 - Hanna Instruments), previamente calibrado com soluções tampões de pH 4,0 e 7,0 (Merck), segundo o método de Béltran et al. (1997). As medidas foram realizadas em todas as meias carcaças esquerdas com 2 horas e 24 horas *post mortem*.

Para o glicogênio, amostras do músculo LT entre a 11° e 12° vértebras torácicas com 2 cm de diâmetro e com aproximadamente 20 g, foram colhidas somente das meias carcaças esquerdas, com 2 horas e 24 horas *post mortem*. As amostras foram imediatamente congeladas em nitrogênio líquido e colocadas em tubos criogênicos devidamente identificados. Foram transportadas do frigorífico para o laboratório em botijão de nitrogênio e ao chegar ao laboratório foram colocadas em congelador de -80°C. Foi utilizado kit enzimáticos comercial (Glycogen Assay Kit, Cayman chemical, MI, USA) para a determinação das concentrações de glicogênio.

A extração do glicogênio foi realizada segundo recomendações do kit, onde pesou-se 350-400 mg de amostra em 2 ml de solução tampão contendo inibidor de protease (Assay Buffer), em seguida as amostras foram centrifugadas a 800 x g por 10 minutos a 4°C. O sobrenadante foi transferido em outro tubo, o qual foi diluído em solução tampão 1:10 e posteriormente submetido a leitura por fluorescência com comprimento de onda de excitação de 530-540 nm e emissão de 585-595 nm em leitor de microplacas SpectraMax M3 (Molecular Devices, LLC., CA, USA).

2.8. Análise estatística

Para as variáveis de desempenho foram utilizados 20 animais por tratamento (5 animais por piquete x 4 repetições por piquete x 3 tratamentos), totalizando 60 animais e, para as análises com as amostras do músculo *longissimus thoracis* foram utilizados 16 animais por tratamento (4 animais por piquete x 4 repetições por piquete x 3 tratamentos), sendo o piquete, em ambos os casos, a unidade experimental. O delineamento experimental foi em blocos completos não casualizados (bloco 1: piquetes A, G e H, bloco 2: piquetes B, I e J; bloco 3: piquetes C, K e L; bloco 4: piquetes D, E e F; Figura 1), com três tratamentos e quatro repetições por tratamento, totalizando 12 parcelas experimentais.

Os dados foram analisados com o procedimento MIXED (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA). Foi utilizado o procedimento UNIVARIATE NORMAL (SAS Inst. Inc., Cary, NC) e a normalidade dos dados confirmada pelo teste de Shapiro-Wilk ($W \geq 0,90$). Na análise dos dados o animal foi considerado como unidade experimental para todas as variáveis estudadas. Os dados foram então analisados utilizando o procedimento PROC MIXED (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) e a aproximação Satterthwaite para determinar os graus de liberdade para os testes de efeitos fixos. O sistema e o bloco foram considerados efeitos fixos e, para os efeitos aleatórios foram considerados o animal(piquete) e o piquete(tratamento*bloco). As médias foram calculadas pelo procedimento lsmeans e os resultados foram relatados como mínimos quadrados e separados utilizando a opção probabilidade diferenças (pdiff), ao nível de significância de 5%. Para os dados não-paramétricos (escore de marmorização) foi utilizado o Teste Kruskal-Wallis, sendo as medianas consideradas significativamente diferentes quando $P < 0,05$. O peso vivo inicial da fase de terminação foi utilizado como covariável para ajustar os dados de desempenho, peso vivo final e características de carcaça.

3. Resultados e Discussão

O peso vivo inicial apresentou diferença entre os tratamentos ($P = 0,01$; Tabela 5), no entanto, em função dos animais estarem na área desde a fase de recria, o mesmo foi utilizado como covariável para ajustar as variáveis de desempenho e características de carcaça, a fim de eliminar os efeitos do sistema na fase de recria e avaliar apenas a fase de terminação.

Desse modo, o ganho médio diário (GMD) dos animais não apresentou diferenças entre os tratamentos ($P = 0,80$; Tabela 5), indicando que, embora as árvores presentes na pastagem sejam comprovadamente eficientes para os animais perderem calor e regular a temperatura corporal (Garcia et al., 2011), o acesso a elas não influenciou o desempenho dos animais do presente estudo.

Embora não havendo diferença entre os tratamentos, foi observado um ganho abaixo do esperado para os animais, uma vez que as condições da pastagem (Tabela 3) e a suplementação ofertada (Tabela 4) garantiriam melhores resultados para essa variável. O ajuste dos valores pela covariância pode ter sido um dos motivos para a redução do GMD. No entanto, ocorreu uma queda drástica nos valores médios dessa variável nos meses de fevereiro, março e abril (Figura 2), possivelmente pela queda da precipitação nesse período (Tabela 1). No mês de abril, foi iniciada a oferta de suplemento concentrado aos animais, os quais obtiveram resposta satisfatória no mês seguinte (maio), no entanto, devido a uma queda acentuada da temperatura no mês de junho (Tabela 1), os animais perderam peso novamente (Figura 2), contribuindo, assim, para os valores apresentados de GMD.

O peso vivo final (PVF) também não apresentou diferenças entre os tratamentos avaliados ($P = 0,77$; Tabela 5), conseqüentemente, contribuiu para ausência de diferença no peso ($P = 0,54$) e rendimento da carcaça quente ($P = 0,94$), peso ($P = 0,33$) e rendimento do dianteiro ($P = 0,79$), peso ($P = 0,12$) e rendimento do traseiro especial ($P = 0,93$), e peso (P

= 0,96) e rendimento da ponta de agulha ($P = 0,28$) entre os sistemas de ILP, ILPF-1L e ILPF-3L.

Dentre as variáveis de carcaça, a maior importância do peso da carcaça quente nos sistemas de produção no Brasil é em consequência da forma de comercialização utilizada no país, que remunera o produtor em função dessa característica (Lopes et al., 2012). Portanto, pode-se afirmar que os animais apresentaram carcaças semelhantes no aspecto econômico nos diferentes sistemas de integração, uma vez que não houve diferença nos pesos de carcaça quente entre os tratamentos avaliados. Além disso, obteve-se rendimento de carcaça satisfatório em todos os tratamentos do ponto de vista produtivo, uma vez que muitos frigoríficos consideram apenas 50% de rendimento de carcaça quando compram o animal com base no seu peso vivo (Lopes et al., 2012).

A ausência de diferença no peso e rendimento do traseiro especial entre os tratamentos, local onde estão os cortes mais nobres da carcaça, indica também que essas apresentaram o mesmo grau de acabamento, fato esse, importante para o sistema produtivo, principalmente, para a cadeia frigorífica, devido aos seus cortes nobres se apresentarem, nesse caso, sem diferenças nos preços de comercialização (Missio et al., 2010).

Não foi encontrada diferença entre os tratamentos para área de olho de lombo (AOL) inicial ($P = 0,70$) e final ($P = 0,86$), espessura de gordura subcutânea (EGS) inicial ($P = 0,77$) e final ($P = 0,69$) e marmorização ($P = 0,49$; Tabela 5). A AOL tem alta relação com a taxa de crescimento, aumentando à medida que o animal aumenta sua deposição de carne na carcaça (Lopes et al., 2012). Isso explica a ausência de diferenças entre a AOL dos animais avaliados, uma vez que também não houve diferença no desempenho e nos parâmetros da carcaça entre os animais submetidos aos diferentes sistemas de integração.

O microclima proporcionado pelo componente arbóreo em suas diferentes densidades não interferiu na EGS dos animais, indicando que os bovinos da raça Nelore apresentaram

maior tolerância ao calor. Em geral, quando os animais são submetidos a ambientes com altas temperaturas ocorre acionamento de mecanismos termorreguladores que visam à redução do impacto do ambiente quente sobre seu organismo, o que faz com que parte da energia líquida para deposição desses tecidos seja perdida (Orlando et al., 2001). Em contrapartida, pode ocorrer compensação de deposição de gordura nos depósitos internos e ainda favorecer a marmorização (Mader e Davis, 2004; Nardone et al., 2006), uma vez que essa, tem a deposição constante no animal, apenas a sua expressão é tardia (Cianzio et al., 1982; Pethick, et al., 2004). Isso explica a ausência de diferenças na marmorização entre os tratamentos, uma vez que também não houve diferença na EGS da carcaça dos animais entre os diferentes sistemas de integração.

A EGS final encontrada em todos os tratamentos, apresentou valores médios superiores ao mínimo exigido pela indústria frigorífica (3 mm) e ainda, com valores capazes de proteger a carcaça contra escurecimento, desidratação e encurtamento das fibras devido ao frio durante o processo de resfriamento (EGS > 5 mm), contribuindo, assim, para o aspecto visual da carcaça e para a qualidade da carne e garantindo sua maciez (Felício, 1997). A marmorização foi classificada em todos os tratamentos entre leve a pouca (USDA, 1997), característica da carne magra dos zebuínos, a qual pode ser uma vantagem para a saúde humana (Climaco et al., 2011).

O pH das carcaças ($P = 0,33$ e $P = 0,62$), bem como o glicogênio muscular ($P = 0,99$ e $P = 0,97$) às 2h e 24h após o abate, respectivamente, não apresentaram diferenças entre os tratamentos (Figura 3), reforçando a hipótese de que o sombreamento natural não influenciou nas características da carcaça dos animais. Pode-se afirmar ainda que, o glicogênio apresentou níveis adequados (152,95 $\mu\text{g/ml}$; 153,03 $\mu\text{g/ml}$ e 155,15 $\mu\text{g/ml}$ às 2h *post mortem* e 47,05 $\mu\text{g/ml}$; 41,85 $\mu\text{g/ml}$ e 45,33 $\mu\text{g/ml}$ às 24h *post mortem* para ILP, ILPF-1L e ILPF-3L, respectivamente) para a queda do pH muscular (6,96; 6,82 e 7,00 às 2h *post mortem* e

5,52; 5,53 e 5,51 às 24h *post mortem* para ILP; ILPF-1L e ILPF-3L), sendo que o pH deve apresentar, habitualmente, entre 5,5 a 5,7 depois de 24 h *post mortem* (Kandeepan e Biswas, 2007), para garantir os padrões normais de desenvolvimento das características físicas e químicas responsáveis pela qualidade da carne. Se os animais apresentassem estresse calórico devido a exposição ao sol, esse glicogênio estaria quase totalmente esgotado no músculo, não produzindo ácido lático suficiente para a queda do pH (Apple et al., 2006). No entanto, esse fato não impede a recomendação do sombreamento para bovinos Nelore, uma vez que esse sistema permite melhores condições de qualidade de vida a estes animais (Ferro et al., 2016).

4. Conclusões

A introdução do componente arbóreo na pastagem não interfere no desempenho e nas características da carcaça dos bovinos, as quais apresentam-se semelhantes do ponto de vista produtivo. Todavia, o acesso a elas, não influencia no pH das carcaças, indicando assim, que os bovinos da raça Nelore apresentam maior tolerância ao calor.

5. Agradecimentos

À APTA, Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, Polo Regional Extremo Oeste – Andradina/SP pelo apoio logístico, de infraestrutura e ajuda na condução do experimento. À Fundação de Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP (2014/12662-0) pela bolsa concedida. As opiniões, hipóteses, conclusões ou recomendações contidas neste material são de responsabilidade dos autores e não refletem necessariamente a visão da FAPESP.

6. Referências

- Almeida, R.G., Barbosa, R.A., Zimmer, A.H., Kichel, A.N. 2011. Forrageiras em sistemas de produção de bovinos em integração. In: Bungenstab, D.J. (ed.). Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta: a produção sustentável. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 25-35. (In Portuguese).
- Alvares, C.A., Stape, J.L., Serntelhas, P.C., Gonçalves, J.L.M., Sparovek, G. 2013. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorol. Z.* 22, 711-728. doi: 10.1127/0941-2948/2013/0507.
- Apple, J.K., Kegley, E.B., Galloway, D.L., Wistuba, T.J., Rakes, L.K.J., Yancey, W.S. 2006. Treadmill exercise is not an effective methodology for producing the dark-cutting condition in young cattle. *J Anim Sci*, 84, 3079-3088. doi: 10.2527/jas.2006-137.
- Béltran, J.A., Jaime, I., Santolaria, P., Sañudo, C, Albertí, P., Roncalés, P. 1997. Effect of stress-induced high post-mortem pH on protease activity and tenderness of beef. *Meat Sci*, 45, 201-27. doi: 10.1016/S0309-1740(96)00103-9.
- Cianzio, D.S., Topel, D.G. 1982. Whitehurst, G.B. Adipose tissue growth in cattle representing two frame sizes: distribution among depots. *J. Anim. Sci.*, 55, 305-312. doi: 10.2527/jas1982.552305x.
- Climaco, S.M., Ribeiro, E.L.A., Mizubuti, I.Y., Silva, L.D.F., Barbosa, M.A.A.F., Ramos, B.M.O., Constantino, C. 2011. Características de carcaça e qualidade da carne de bovinos de corte de quatro grupos genéticos terminados em confinamento. *R. Bras. Zootec.*, 40, 2791-2798. doi: 10.1590/S1516-35982011001200025.
- Domiciano, L.F., Mombach, M.A., Carvalho, P., Silva, N.M.F., Pereira, D.H., Cabral, L.S., Lopes, L.B., Pedreira, B.C. 2016. Performance and behaviour of Nelore steers on integrated systems, *Anim. Prod. Sci.*, doi: 10.1071/AN16351.

- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema brasileiro de classificação de Solos. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. (In Portuguese).
- FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2016. Integrated Crop-Livestock Systems (ICLS). Available at: <http://www.fao.org/agriculture/crops/core-themes/theme/spi/scpi-home/managing-ecosystems/integrated-crop-livestock-systems/en/> (accessed April 7, 2017).
- Felício, P.E. Fatores que influenciam na qualidade da carne bovina. In: Produção de novilho de corte. Eds AM Peixoto, JC Moura, VP Faria, FEALQ – Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz: Piracicaba, Brazil, 79–97, 1997. (In Portuguese).
- Ferro, D.A.C., Arnhold, E., Bueno, C.P., Miyagi, E.S., Ferro, R.A.C., Silva, B.P. Ferro, D. A.C., Arnhold, E., Bueno, C.P., Miyagi, E.S., Ferro, R.A.C., Silva, B.P.A. 2016. Performance of Nellore males under different artificial shading levels in the feedlot. *Semin: Cien. Agrar., Londrina* 37, 2623-2632. doi: 10.5433/1679-0359.2016v37n4Supl1p2623.
- Garcia, A.R.; Matos, L.B.; Lourenço Júnior, J.D.B.; Nahún, B.D.S.; Araújo, C.V.D.; Santos, A.X. 2011. Variáveis fisiológicas de búfalas leiteiras criadas sob sombreamento em sistemas silvipastoris. *Pesq. Agropec. Bras.* 46, 1409-1414. doi: 10.1590/S0100-204X2011001000039.
- Gregory, N. G. 2010. How climatic changes could affect meat quality. *Food Res. Int.* 43, 1866-1873. doi: 10.1016/j.foodres.2009.05.018.
- Herring, W.O., Miller, D.C., Bertrand, J.K, Benyshek, L.L. 1994. Evaluation of machine, technician, and interpreter effects on ultrasonic measures of backfat and longissimus muscle area in beef cattle. *J. Anim. Sci.*, 72, 2216-2226. doi:10.2527/1994.7292216x.

- Hodgson, J. 1990. *Grazing management: science practice*. Essex: Longman Scientific & Technical, 1990. 203p.
- Kandeepan, G., Anjaneyulu, A.S.R., Kondaiah, N., Mendiratta, S.K., Lakshmanan, V. 2009. Effect of age and gender on the processing characteristics of buffalo meat. *Meat Sci.*, 83, 10–14. doi:10.1016/j.meatsci.2009.03.003.
- Lopes, L.S., Ladeira, M.M., Machado Neto, O.R., Paulino, V.R., Chizzotti, M.L., Ramos, E.M., Oliveira, D.M. 2012. Características de carcaça e cortes comerciais de tourinhos Red Norte e Nelore terminados em confinamento. *R. Bras. Zootec.*, 41, 970-977. doi: 10.1590/S1516-35982012000400020.
- Mader, T.L., Davis, M.S. 2004. Effect of management strategies on reducing heat stress of feedlot cattle: Feed and water intake. *J. Anim. Sci.*, 82, 3077–3087. doi: 10.2527/2004.82103077x.
- Missio, R.L., Brondani, I.L., Alves Filho, D.C., Restle, J., Arboitte, M.Z., Segabinazzi, L.R. 2010. Características da carcaça e da carne de tourinhos terminados em confinamento, recebendo diferentes níveis de concentrado na dieta. *R. Bras. Zootec.* 39(7), 1610-1617. doi: 10.1590/S1516-35982010000700030.
- Moraes, A., Carvalho, P.C.F., Lustosa, S.B.C., Lang, C.R., Deiss, L. 2014. Research on Integrated Crop-Livestock Systems in Brazil. *Rev. Cienc. Agron.* 45, 1024-1031. doi: 10.1590/S1806-66902014000500018.
- Mott, G.O., Lucas, H.L. 1952. The design, conduct, and interpretation of grazing trials on cultivated and improved pastures. In: *International Grassland Congress, 6.*, State College, Proceedings... State College, State Coilege Presa.
- Nardone, A., Ronchi, B., Lacetera, N., Bernabuci, U. 2006. Climatic effects on productive traits in livestock. *Vet. Res. Commun.*, 30, 75–8. doi: 10.1007/s11259-006-0016-x.

- NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient requirements of dairy cattle. 7.ed. Washington D.C.: National Academy, 2001. 381p.
- Orlando, U.A.D., Oliveira, R.F.M., Donzele, J.L. 2001. Níveis de proteína bruta para leitões dos 30 aos 60 kg mantidas em ambiente de alta temperatura (31°C). R. Bras. Zootec., 30, 1536-1543. doi: 10.1590/S1516-35982001000600022.
- Pethick, D.W., Harper, G., Oddy, Hutton. 2004. Growth, development and nutritional manipulation of marbling in cattle: A review. 44, 705-715. doi: 10.1071/EA02165.
- Porfírio-da-Silva, V., Medrado, M.J.S., Nicodemo, M.L.F., Dereti, R.M. 2010. Arborização de pastagens com espécies florestais madeireiras: implantação e manejo Colombo: Embrapa Florestas. (In Portuguese).
- Porfírio da Silva, V. 2009. O sistema silvipastoril e seus benefícios para a sustentabilidade da pecuária. Palestra no “Simpósio ABCZ-CNPC “Pecuária Sustentável”. Uberaba, MG. (In Portuguese).
- Sánchez, M.D. 2001. Panorama dos sistemas agroflorestais pecuários na América Latina. In: Carvalho, M.M., Alvim, M.J., Carneiro, J.C. (Eds). Sistemas agroflorestais pecuários: opções de sustentabilidade para áreas tropicais e subtropicais. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 9-17. (In Portuguese).
- SAS Institute. 2010. SAS User's guide: Statistics. Version 9.3. Cary, NC.
- Silva, S.C. 2004. Fundamentos para o manejo do pastejo de plantas forrageiras dos gêneros *Brachiaria* e *Panicum*. In: Simpósio Sobre Manejo Estratégico da Pastagem, 2., 2004, Viçosa. Anais. Viçosa: UFV, 347-385. (In Portuguese).
- Sousa, L.F., Maurício, R.M., Gonçalves, L.C., Saliba, E.O.S., Moreira, G.R. 2007. Produtividade e valor nutritivo da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em um sistema silvipastoril. Arq. Bras. Med. Vet. Zootec., 59, 1029-1037. doi: 10.1590/S0102-09352007000400032.

Unicamp - Universidade Estadual de Campinas 2012. Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas a Agricultura. Clima dos Municípios Paulistas. Andradina. Available at: http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_024.html (accessed March 30, 2017). (In Portuguese).

USDA/ARS. 1997. US Department of Agriculture, Agricultural Research Service. Nutrient Data Laboratory. Search The USDA National Nutrient Data base for standard national nutrient data base for Standard Reference, Release 18.

van Raij, B., Cantarella, H., Quaggio, J.A., Furlani, A.M.C. (Ed.). Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2.ed. rev. e atual. Campinas: Instituto Agrônômico/Fundação IAC, 1997. 285p. (In Portuguese).

Tabela 1

Precipitação e temperaturas máxima e mínima durante o período experimental e dos últimos 50 anos em Andradina - São Paulo e análise descritiva das condições climáticas e de conforto térmico da área experimental.

Características climáticas ¹	Meses											
	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
2015												
Precipitação (mm)	66,2	141,6	194,0	42,6	36,6	21,3	44,1	11,4	115,0	160,4	203,9	61,2
Temp. média max (°C)	35,4	33,0	32,1	34,2	28,8	27,0	26,6	32,1	32,3	34,2	31,9	32,1
Temp. média min (°C)	21,6	16,6	16,5	11,2	16,5	15,6	15,8	25,3	18,4	19,8	20,8	21,0
2016*												
Precipitação (mm)	372,4	102,2	74,8	61,0	136,4	51,6	5,0	67,0	43,6	89,8	51,6	149,6
Temp. média max (°C)	31,7	33,5	32,2	34,9	28,0	33,5	29,9	31,6	30,0	32,9	32,8	34,4
Temp. média min (°C)	21,5	21,6	20,3	19,9	16,2	2,6	13,4	14,9	15,8	19,1	20,0	20,6
A longo prazo (média de 50 anos)												
Precipitação (mm)	210,5	166,0	129,7	69,7	59,2	31,9	23,2	22,5	57,5	114,5	121,9	175,0
Temp. média max (°C)	31,7	31,9	31,7	30,6	28,8	27,8	28,1	30,8	31,9	32,0	31,9	31,5
Temp. média min (°C)	20,1	20,3	19,7	17,1	14,5	13,3	12,7	14,4	16,5	18,1	18,7	19,7
Características climáticas ²	Tratamentos											
	ILP	ILPF-1L	ILPF-3L	Máx.	Min.							
Velocidade do vento (m/s)	1,09 ± 0,61	0,80 ± 0,54	0,59 ± 0,34	1,90	0,03							
Temp de Bulbo Seco (°C)	33,23 ± 5,43	32,14 ± 5,65	32,12 ± 5,72	39,17	22,94							
Umidade Relativa (%)	45,83 ± 13,85	49,60 ± 17,48	51,37 ± 16,24	80,99	34,27							
Carga Térmica Radiante (W.m ⁻²)	423,69 ± 122,29	530,52 ± 45,96	523,13 ± 96,44	735,37	257,98							
Índice de Temp e Umidade	83,92 ± 5,14	81,33 ± 5,64	81,75 ± 6,00	90,53	71,80							
Índice de Temp de Globo e Umidade	87,22 ± 7,53	86,07 ± 6,48	84,55 ± 14,31	110,22	42,60							

*Período experimental: janeiro a junho de 2016.

¹Unicamp (2013).

²Dados coletados na área experimental.



Figura 1

Distribuição espacial dos sistemas integrados de produção agropecuária em Andradina – São Paulo, Brasil. Google Earth® image.

Tabela 2

Piquetes e tratamentos da área experimental, Andradina – São Paulo, Brasil.

Piquetes	Área (ha)	Sistema de produção
A	1,88	Integração lavoura-pecuária (ILP)
B	1,95	Integração lavoura-pecuária (ILP)
C	1,81	Integração lavoura-pecuária (ILP)
D	2,04	Integração lavoura-pecuária (ILP)
E	2,42	Integração lavoura-pecuária floresta, com árvores em linhas triplas (ILPF-3L)
F	1,85	Integração lavoura-pecuária floresta, com árvores em linhas simples (ILPF-1L)
G	2,21	Integração lavoura-pecuária floresta, com árvores em linhas simples (ILPF-1L)
H	1,97	Integração lavoura-pecuária floresta, com árvores em linhas triplas (ILPF-3L)
I	2,14	Integração lavoura-pecuária floresta, com árvores em linhas simples (ILPF-1L)
J	1,79	Integração lavoura-pecuária floresta, com árvores em linhas triplas (ILPF-3L)
K	1,95	Integração lavoura-pecuária floresta, com árvores em linhas simples (ILPF-1L)
L	1,65	Integração lavoura-pecuária floresta, com árvores em linhas triplas (ILPF-3L)
Total	23,66	

ILPF-1L: árvores de eucalipto plantadas em linhas simples, sendo a distância entre cada faixa de eucalipto de 17 a 21m e a distância entre plantas de 2m, com densidade de 196 árvores/ha; ILPF-3L: árvores de eucalipto plantadas em linhas triplas, sendo a distância entre as faixas de eucalipto de 17 a 21m, a distância entre plantas de 2m e a distância entre linhas de eucaliptos de 3m com densidade de 448 árvores/ha.

Tabela 3

Análise descritiva da produção, composição bromatológica e perfil de ácidos graxos da *Urochloa brizantha*, cv. Marandu durante o período experimental.

Características da pastagem	Tratamentos				
	ILP	ILPF-1L	ILP-3L	Máx.	Mín.
Taxa de Acúmulo (kg de MS/ha, dia)	43,85 ± 12,94	38,97 ± 19,72	38,78 ± 11,57	66,25	14,05
Massa de forragem (kg/ha)	5.400,03 ± 945,28	4.161,01 ± 833,26	4.250,60 ± 958,27	6.443	2.614
% Colmo	27,00 ± 4,36	29,56 ± 4,17	29,26 ± 4,66	35,50	20,50
% Folha verde	16,78 ± 2,80	18,72 ± 3,36	18,18 ± 2,35	21,25	11,50
% Material morto	56,25 ± 6,36	51,78 ± 7,06	52,45 ± 6,50	65,75	43,75

Composição bromatológica	Tratamentos				
	ILP	ILPF-1L	ILPF-3L	Máx.	Mín.
Matéria seca (%)	25,69 ± 0,34	22,91 ± 0,37	22,80 ± 0,36	37,39	17,79
Matéria Mineral (%)	9,25 ± 0,15	9,14 ± 0,15	8,98 ± 0,15	11,23	6,24
Proteína Bruta (%)	10,55 ± 0,26	12,55 ± 0,26	12,44 ± 0,26	16,96	7,83
FDN (%)	68,85 ± 0,42	66,98 ± 0,42	67,46 ± 0,51	74,24	46,46
FDA (%)	33,81 ± 0,25	33,28 ± 0,25	33,43 ± 0,26	36,75	22,46
Hemicelulose (%)	35,04 ± 0,35	33,70 ± 0,35	34,25 ± 0,36	41,05	24,00
Celulose (%)	29,59 ± 0,37	29,17 ± 0,37	28,99 ± 0,57	31,58	19,41
Lignina (%)	4,43 ± 0,13	4,11 ± 0,13	4,34 ± 0,13	5,60	2,50

Perfil de ácidos graxos	Tratamentos				
	ILP	ILPF-1L	ILPF-3L	Máx.	Mín.
C12:0	0,08 ± 0,01	0,06 ± 0,01	0,06 ± 0,01	0,09	0,05
C14:0	0,08 ± 0,01	0,06 ± 0,01	0,06 ± 0,01	0,09	0,05
C14:1 ω 9	0,02 ± 0,01	0,02 ± 0,01	0,01 ± 0,01	0,03	0,01
C14:1 ω 7	0,03 ± 0,01	0,03 ± 0,01	0,02 ± 0,01	0,03	0,02
C15:0	0,02 ± 0,01	0,03 ± 0,01	0,03 ± 0,01	0,03	0,02
C15:1 ω 5	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,01	0,01	0,01
C16:0	2,12 ± 0,09	3,16 ± 0,09	2,77 ± 0,09	3,40	2,04
C16:1 ω 7	0,06 ± 0,01	0,08 ± 0,01	0,08 ± 0,01	0,09	0,06
C17:0	0,03 ± 0,01	0,05 ± 0,01	0,04 ± 0,01	0,05	0,03
C18:0	0,24 ± 0,01	0,27 ± 0,01	0,26 ± 0,01	0,31	0,22
C18:1 ω 9c	0,31 ± 0,01	0,33 ± 0,01	0,31 ± 0,01	0,36	0,28
C18:1 ω 7	0,02 ± 0,01	0,03 ± 0,01	0,03 ± 0,01	0,03	0,02
C18:2 ω 6	0,94 ± 0,03	1,50 ± 0,03	1,30 ± 0,03	1,63	0,88
C18:3 ω 3	1,92 ± 0,08	3,34 ± 0,08	2,92 ± 0,08	3,53	1,75
C20:0	0,04 ± 0,01	0,05 ± 0,01	0,04 ± 0,01	0,05	0,04
C22:0	0,06 ± 0,01	0,06 ± 0,01	0,06 ± 0,01	0,07	0,05
C24:0	0,09 ± 0,01	0,11 ± 0,01	0,10 ± 0,01	0,14	0,08
AGS	2,76 ± 0,11	3,73 ± 0,11	3,42 ± 0,11	3,92	2,64
AGM	0,43 ± 0,16	0,50 ± 0,16	0,47 ± 0,16	0,52	0,36
AGP	2,86 ± 0,11	4,84 ± 0,11	4,22 ± 0,11	5,16	2,64
ω 6	0,94 ± 0,03	1,50 ± 0,03	1,30 ± 0,03	1,63	0,88
ω 3	1,92 ± 0,08	3,34 ± 0,08	2,92 ± 0,08	3,53	1,75
ω 6/ ω 3	0,49 ± 0,01	0,45 ± 0,01	0,44 ± 0,01	0,51	0,43
AGP/AGS	1,04 ± 0,05	1,30 ± 0,05	1,25 ± 0,05	1,46	0,95

C12 = Láurico; C14:0 = Mirístico; C14:1 ω 9 = Fisetéreo; C14:1 ω 7 = Miristoleico; C15:0 = Pentadecílico; C15:1 ω 5 = Pentadecanoico; C16:0 = Palmítico; C16:1 ω 7 = Palmitoleico; C17:0 = Margárico; C18:0 = Esteárico; C18:1 ω 9c = Oleico; C18:1 ω 7 = Vacênico; C18:2 ω 6 = Linolênico; C18:3 ω 3 = α -linolênico; C20:0 = Araquídico; C22:0 = Behênico; C24:0 = Lignocérico; AGS = Ácido graxo saturado; AGM = Ácido graxo monoinsaturado; AGP = Ácido graxo poliinsaturado; ω 6 = ômega 6; ω 3 = ômega 3; ω 6/ ω 3 = razão ômega 6 e ômega 3; AGP/AGS = razão entre ácidos graxos poliinsaturados e saturados.

Tabela 4

Ingredientes e composição nutricional do suplemento ofertado aos animais entre os meses de abril a junho de 2016.

Ingredientes, % de MS	
Milho moído	82,21
Farelo de soja	11,86
Ureia	1,11
Suplemento mineral*	4,91
Composição química ¹ , com base na MS	
MS, %	87,93
EM ² , Mcal/kg	3,10
ENm ² , Mcal/kg	2,11
ENg ² , Mcal/kg	1,44
PB, %	16,90
PM ² , %	15,02
FDN, %	10,21
peFDN ³ , %	3,20
CNF ³ , %	64,97
EE ³ , %	4,11
Ca, %	0,50
P, %	0,27

*Níveis de garantia do produto: Proteína bruta (Mín.) = 210,0000 g/kg; NNP-Equiv. proteína (Máx.) = 150,0000 g/kg; NDT estimado = 280,0000 g/kg; Cálcio (Mín.) = 65,0000 g/kg; Cálcio (Máx.) = 85,0000 g/kg; Fósforo (Mín.) = 30,0000 g/kg; Sódio (Mín.) = 100,0000 g/kg; Magnésio (Mín.) = 10,0000 g/kg; Enxofre (Mín.) = 15,0000 g/kg; Cobalto (Mín.) = 100,0000 mg/kg; Cobre (Mín.) = 800,0000 mg/kg; Iodo (Mín.) = 100,0000 mg/kg; Manganês (Mín.) = 1.500,0000 mg/kg; Selênio (Mín.) = 20,0000 mg/kg; Zinco (Mín.) = 3.200,0000 mg/kg; Ferro (Mín.) = 1.500,0000 mg/kg; Flúor (Máx.) = 300,0000 mg/kg; *Bacillus subtilis* (Mín.) = 4,5000x10⁹ UFC/kg; *Bifidobacterium bifidum* (Mín.) = 1,5000x10⁹ UFC/kg; *Enterococcus faecium* (Mín.) = 1,5000x10⁹ UFC/kg; *Lactobacillus acidophilus* (Mín.) = 1,5000x10⁹ UFC/kg; *Lactobacillus buchneri* (Mín.) = 3,0000x10⁹ UFC/kg; *Lactobacillus casei* (Mín.) = 1,5000x10⁹ UFC/kg; *Lactobacillus lactis* (Mín.) = 1,5000x10⁹ UFC/kg; *Saccharomyces cerevisiae* (Mín.) = 1,0000x10⁹ UFC/kg;

¹MS = matéria seca; EM = energia metabolizável; ENm = energia líquida para manutenção; ENg = energia líquida para ganho; PB = proteína bruta; PM = proteína metabolizável; FDN = fibra em detergente neutro; peNDF = fibra em detergente neutro fisicamente efetivo; CNF = carboidrato não fibroso e EE = extrato etéreo;

²Valores calculados usando o NRC (2001).

Tabela 5

Peso vivo inicial (PVI), ganho médio diário (GMD), peso vivo final (PVF), peso da carcaça quente (PCQ), rendimento de carcaça (RC), peso do dianteiro (PD), rendimento do dianteiro (RD), peso do traseiro especial (PTE), rendimento do traseiro especial (RTE), peso da ponta de agulha (PPA), rendimento da ponta de agulha (RPA), área de olho de lombo inicial (AOL-i), área de olho de lombo final (AOL-f), espessura de gordura subcutânea inicial (EGS-i), espessura de gordura subcutânea final (EGS-f) e marmorização (MAR) de bovinos da raça Nelore mantidos em sistema de integração lavoura-pecuária (ILP), integração lavoura-pecuária-floresta com densidade de 196 árvores ha⁻¹ (ILPF-1L) e integração lavoura-pecuária-floresta com densidade 448 árvores ha⁻¹ (ILPF-3L).

Tratamento	PVI	GMD	PVF	PCQ	RC	PD	RD	PTE	RTE	PPA	RPA	AOL-i	AOL-f	EGS-i	EGS-f	MAR*
	kg	kg dia ⁻¹	kg	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	cm ²	cm ²	mm	mm	1-10
ILP	400,12	0,394	443,18	255,16	57,48	50,22	39,03	63,87	47,79	17,02	13,17	52,48	75,19	1,80	5,85	3,30
ILPF-1L	372,57	0,484	447,72	256,98	57,40	52,41	39,29	64,84	48,63	16,12	12,27	52,75	75,24	1,69	5,93	3,43
ILPF-3L	381,65	0,469	455,23	258,66	56,82	55,22	39,10	68,53	48,57	16,51	12,32	52,95	76,92	1,90	6,05	3,93
Erro padrão	4,728	0,013	5,396	2,944	0,212	0,605	0,139	0,661	0,133	0,247	0,109	0,709	1,739	0,084	0,353	0,094
<i>P-value</i> [§]	0,017	0,801	0,772	0,549	0,948	0,333	0,797	0,121	0,937	0,962	0,286	0,341	0,866	0,777	0,697	0,490

Dados submetidos a covariância utilizando o peso vivo inicial para ajustar as variáveis de desempenho e características de carcaça.

[§]Letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo t de Student ($P < 0,05$).

*Teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis, sendo as medianas consideradas significativamente diferentes quando $P < 0,05$.

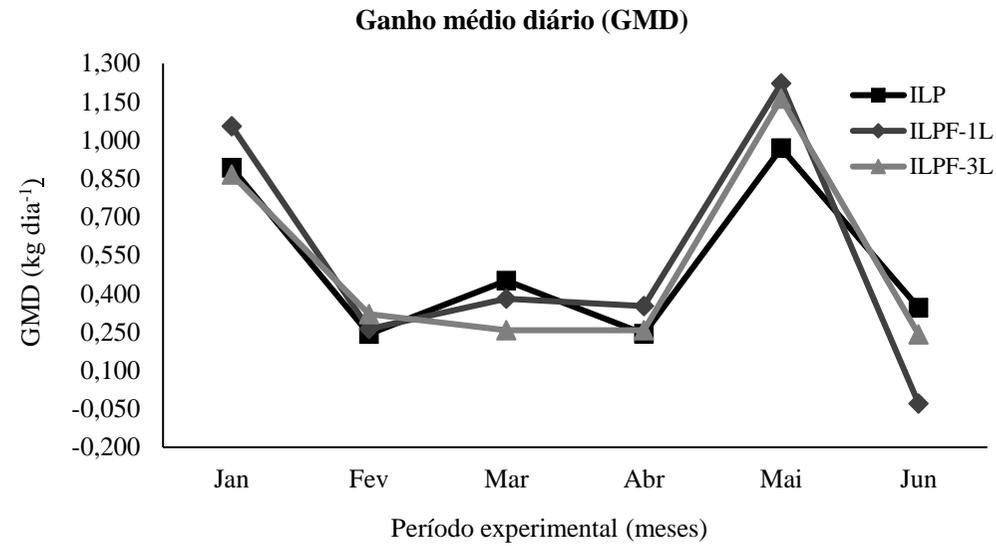


Figura 2. Ganho médio diário mensais (de janeiro a julho de 2016) de bovinos da raça Nelore mantidos em sistema de integração lavoura-pecuária (ILP), integração lavoura-pecuária-floresta com densidade de 196 árvores ha⁻¹ (ILPF-1L) e integração lavoura-pecuária-floresta com densidade 448 árvores ha⁻¹ (ILPF-3L).

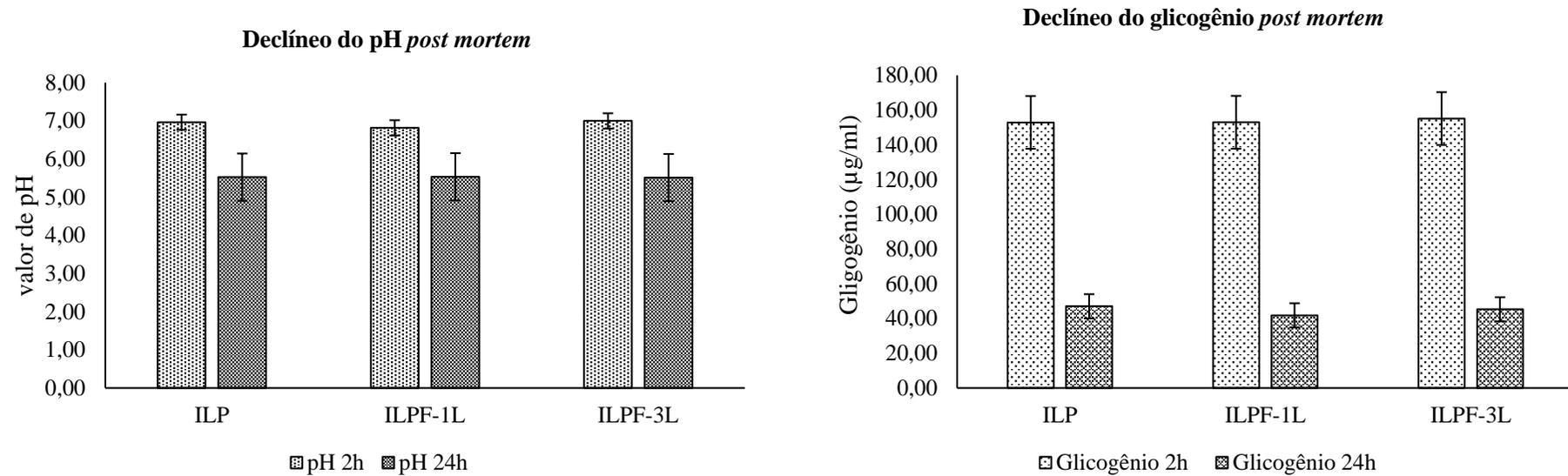


Figura 3. Potencial hidrogeniônico (pH) e concentração de glicogênio ($\mu\text{g/ml}$) do músculo *longissimus thoracis* às 2 h e 24 h *post mortem* de bovinos da raça Nelore mantidos em sistema de integração lavoura-pecuária (ILP), integração lavoura-pecuária-floresta com densidade de 196 árvores ha^{-1} (ILPF-1L) e integração lavoura-pecuária-floresta com densidade 448 árvores ha^{-1} (ILPF-3L) ($P = 0,33$, EP = 0,05; $P = 0,62$, EP = 0,01; $P = 0,99$, EP = 15,20; $P = 0,97$; EP = 6,96 para pH 2 h, pH 24 h, glicogênio 2 h e glicogênio 24 h, respectivamente).

CAPÍTULO 3

O artigo a seguir está redigido de acordo com as normas da Revista *Agricultural systems*, com exceção do idioma.

Qualidade da carne de bovinos Nelore terminados em sistemas integrados de produção agropecuária

RESUMO

Os sistemas integrados de produção agropecuária (SIPAs) serão a melhor forma para proteger o ambiente aliada a produção de alimentos para as populações futuras. Dessa forma, o presente estudo foi desenvolvido com o objetivo de avaliar as características da carne de bovinos da raça Nelore terminados em SIPAs, sem disponibilidade de sombra (integração lavoura-pecuária: ILP) e com duas densidades de árvores (integração lavoura-pecuária-floresta: ILPF, com 196 árvores/ha e 448 árvores/ha). O delineamento experimental foi em blocos completos, com três tratamentos (ILP, ILPF-1L e ILPF-3L) e quatro repetições por tratamento, totalizando 12 parcelas experimentais. Foram utilizados 60 animais da raça Nelore castrados com aproximadamente $28 \pm 2,81$ meses de idade e peso médio inicial de $385,71 \pm 27,17$ kg. Após o abate dos animais, foram coletadas 48 amostras do músculo *longissimus thoracis* para as análises de qualidade de carne. Não foram encontradas diferenças ($P > 0,05$) para a composição centesimal, colesterol, pH, perdas de peso por cocção, força de cisalhamento, colágeno, cor da carne e análise microbiológica entre os tratamentos avaliados. No entanto, houve tendência de menor quantidade dos ácidos graxos poliinsaturados C17:1 ω 9 e C20:4 ω 6 ($P = 0,05$ e $P = 0,06$, respectivamente) e maior índice de trombogenicidade ($P = 0,08$) na carne dos animais em sistema de ILPF-3L. Além de menor relação de AGM/AGP ($P < 0,05$) nesse mesmo sistema. Dessa forma, conclui-se que a composição e a qualidade física e microbiológica da carne de bovinos Nelore não são afetadas pelos diferentes sistemas de integração. No entanto, o sistema com maior densidade de árvores produz carne com tendência a menor qualidade no aspecto nutricional dos ácidos graxos.

Palavras-chave: integração lavoura-pecuária-floresta; maciez; perfil de ácidos graxos; pH.

Meat quality of Nellore cattle finished in integrated crop-livestock systems

ABSTRACT

Integrated Crop-livestock Systems (ICLS) will be the best way to protect the environment allied with food production for future populations. Thus, the objective of this study was to evaluate the meat quality of Nellore cattle finishing in ICLS, without shade availability (integrated crop-livestock: ICL) and with two tree densities (integrated crop-livestock-forest, ICLF, at 196 trees/ha and 448 trees/ha). The experimental design was in complete blocks, with three treatments (ICL, ICLF-1L and ICLF-3L) and four replicates per treatment, totaling 12 experimental plots. Sixty castrated Nellore cattle of approximately 28 ± 2.81 months of age and initial mean weight of 385.71 ± 27.17 kg. After the slaughter of the animals, 48 samples of the *longissimus thoracis* muscle were collected for meat quality analyzes. No differences ($P > 0.05$) were found for the centesimal composition, cholesterol, pH, weight loss per cooking, shear force, collagen, meat color and microbiological analysis among the evaluated treatments. However, there was a tendency of lower quantity of C17:1 ω 9 and C20:4 ω 6 polyunsaturated fatty acids ($P = 0.06$ and $P = 0.06$, respectively) and higher thrombogenicity index ($P = 0.08$) in the meat of the animals in the ILPF-3L system. In addition to the lower ratio of AGM/AGP and lower softness evaluated by sensory analysis in the same system ($P < 0.05$). Thus, concludes that the composition and the physical and microbiological quality of Nellore beef not were affected by the different systems evaluated. However, the system with higher density of trees produces meat with a tendency to lower quality in the nutritional aspect of fatty acids.

Keywords: integrated crop-livestock-forest; tenderness; fatty acid profile; pH.

1. Introdução

Segundo estimativas da FAO (2016), aproximadamente 15% da população mundial está desnutrida e, para as próximas décadas, o aumento populacional de cerca de 6,5 bilhões hoje para 9,2 bilhões até 2050, poderá vir acompanhado pela elevação da fome no mundo, uma vez que mais de 1 bilhão desse aumento ocorrerá na África. Com isso, a produção agrícola e o crescimento da produtividade continuam a ser essenciais para uma melhor nutrição (FAO, 2013).

Assim, surge o desafio de ampliar e melhorar a produção de alimentos, fibras e energia, sobretudo, para as próximas décadas, sendo obrigatório o estabelecimento de sistemas com baixos impactos ambientais e resistência às mudanças climáticas (Rockstrom et al., 2009; Godfray et al., 2010).

Nesse contexto, os sistemas integrados de produção agropecuária pode ser uma das melhores alternativas para o aumento pela demanda na expansão da produção global de alimentos para o futuro (Franzluebbbers e Stuedemann, 2007; Wirsenius et al., 2010), sem a abertura de novas áreas, aliada a urgente necessidade de uma agricultura e pecuária sustentáveis.

Dentre os sistemas integrados de produção agropecuária, a integração lavoura-pecuária (ILP) é considerada como a "nova revolução verde nos trópicos" (Mateus et al., 2012). E, mais recentemente, com a introdução do componente arbóreo – integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), constitui-se em um novo paradigma na agropecuária brasileira, capaz de beneficiar o solo e a forrageira, além de proporcionar microclima favorável, com aumento do índice de conforto térmico para os animais à sombra das árvores (Silva et al., 2011).

Esse avanço tecnológico, se deve, sobretudo, ao fato de que boa parte das áreas das pastagens, especialmente no Brasil Central, encontram-se sob condições climáticas que determinam estresse calórico em graus mediano a severo no animal (Porfírio da Silva, 2003).

O impacto do estresse no animal ocasionado pelo calor altera a qualidade da carne dos animais a ele submetidos por longos períodos (Gregory, 2010), com possíveis efeitos no metabolismo muscular que estão diretamente relacionados a queda do pH durante o abate, com conseqüente alterações na cor e maciez da carne, a qual torna-se escura, uma vez que o elevado pH faz com que as enzimas utilizem oxigênio rapidamente, reduzindo a proporção de pigmentos vermelhos oxigenados (oximioglobina); firme, resultante da menor ativação da enzima calpaína em pH elevado; e seca, em função da maior capacidade de retenção de água, devido ao pH estar distante do ponto isoelétrico das proteínas musculares (Guàrdia et al., 2005; Maganhini et al., 2007). Além disso, com o pH mais elevado, há maior desenvolvimento de microrganismos deteriorantes na carne (Guàrdia et al., 2005).

A introdução de árvores nas pastagens além de proporcionar bem-estar aos animais, pode ainda aumentar a qualidade da forrageira disponível aos animais (Sánchez, 2001). E, sabendo-se que a carne de ruminantes mantidos em pasto contém maior proporção de lipídios saudáveis e antioxidantes importantes para a saúde humana (Wood et al., 1999), é necessário avaliar o perfil de ácidos graxos da carne de bovinos submetidos em diferentes modelos de integração, uma vez que na literatura, esses dados são escassos.

Desse modo, considerando a hipótese de que a ILPF pode proporcionar bem-estar aos animais e melhoria na qualidade da forragem com conseqüências na qualidade da carne dos mesmos, o presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar as características da carne de bovinos da raça Nelore terminados em sistemas integrados de produção agropecuária, sem disponibilidade de sombra (ILP) e com duas densidades de árvores (196 árvores/ha: ILPF-1L e 448 árvores/ha: ILPF-3L).

2. Material e Métodos

O experimento foi realizado de acordo com os princípios éticos na experimentação animal (Protocolo N° 101/2014 - CEUA) determinados pela Comissão de Ética em Uso de Animais (CEUA) da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – UNESP, Câmpus de Botucatu.

2.1. Local do experimento e condições climáticas

O experimento foi realizado, na Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA), Polo Regional do Extremo Oeste, localizada no município de Andradina (20° 53' 38" de latitude sul, 51° 23' 1" de longitude oeste e 400 m de altitude), Oeste do Estado de São Paulo.

O clima predominante na região é o Aw, caracterizando-se como clima tropical de altitude, com verão quente e chuvoso e inverno seco, de acordo com o sistema de classificação climático Köppen (Alvares et al., 2013). Segundo os dados climáticos da própria agência, a precipitação anual da região é em torno de 1.257 mm, concentrando 78% das chuvas de outubro-abril e 22% de maio-setembro caracterizando a estação seca. A longo prazo (1956-2013) a média anual da temperatura máxima e mínima foram 30,7°C e 17,1°C, respectivamente, com precipitação anual média de 1.181,6 mm (Unicamp, 2013). Os dados climáticos e de conforto térmico foram mensurados durante o período experimental (Tabela 1).

2.2. Histórico da área e período experimental

O projeto iniciou-se em dezembro de 2011, quando a área foi selecionada e realizado o levantamento topográfico. No primeiro semestre de 2012 foi projetado o experimento, com a escolha dos tratamentos e divisão dos piquetes. O solo da área experimental foi classificado

como Latossolo Vermelho Amarelo distrófico (Embrapa, 2013) com camada superficial arenosa e declividade média do terreno de 6%. Em julho de 2012, o solo da área foi corrigido baseada nas análises químicas (0-20 cm), que apresentava os seguintes atributos: pH (CaCl₂) 4,8; M.O. 16 g dm⁻³; P (resina) 3 mg dm⁻³; K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ e H+Al 1,9; 7; 5 e 20 mmolc dm⁻³, respectivamente, S-SO₄²⁻ 1 mg dm⁻³ e V% (saturação por bases) de 42%. Os teores de argila, silte e areia foram de 107; 113 e 780 g kg⁻¹, respectivamente. Foi aplicado a lanço e incorporado o calcário dolomítico (PRNT 80%) na quantidade média de 1200 kg ha⁻¹ para elevação da saturação por bases a 70% e gesso agrícola em área total na quantidade de 600 kg ha⁻¹ visando fornecimento de enxofre às culturas, conforme recomendação do Boletim 100 (van Raij et al., 1997) para o Estado de São Paulo. No preparo de solo foram realizados terraceamento, gradagem aradora, aração e gradagem niveladora.

As árvores foram estabelecidas no período de novembro de 2012 a março de 2013 por meio de plantio manual das mudas, acompanhando as curvas de nível presentes na área (Porfírio da Silva et al., 2010). O clone de eucalipto utilizado no plantio foi o I-224 de *Eucalyptus urograndis*, com perfil para produção de celulose, característica comercial da região de implantação. Na adubação de plantio foram utilizados 350 kg ha⁻¹ da fórmula 04-30-16, sendo a quantidade de 210 g por muda (8,4 g N, 63 g P₂O₅, 33,6 g de K₂O) na cova de plantio. Na adubação de cobertura realizada em fevereiro de 2013, foram utilizados 37 kg ha⁻¹ de nitrogênio, 3 kg ha⁻¹ de zinco e 2 kg ha⁻¹ de boro, aplicando-se 50 g de ureia (23 g N), 9 g de sulfato de zinco (1,8 g Zn) e 12 g de borogran (1,2 g B) em coroamento sob cada muda de eucalipto. Em janeiro de 2014 foi realizada mais uma adubação de cobertura, com 123 kg ha⁻¹ de N, utilizando 160 g de ureia (73,6 g N) em forma de coroa sob cada muda. Conforme necessário foram realizados tratos culturais visando o controle de plantas-daninhas e irrigação pontual nas árvores recém-plantadas. Replantios foram realizados em parte da área em função de temperaturas elevadas concomitantes ao déficit hídrico

(veranicos) no período. Em fevereiro e março de 2013 foram realizados controles do besouro *Costalimaita ferruginea vulgata* no eucalipto com aplicação de inseticida Karat Zeon (150 ml ha⁻¹) + Match (200 ml ha⁻¹) e Endossulfan (1 l ha⁻¹) via pulverizador de barra tratorizado de 600 l. Em fevereiro de 2014 realizou-se novo controle da mesma espécie besouro no eucalipto com aplicação de inseticida Lorsban – 0,8 l ha⁻¹ + Actara 250 – 0,2 kg ha⁻¹ via pulverizador tratorizado de 600 l com utilização de barra na posição vertical. As alturas médias das árvores nos sistemas ILPF-1L e ILPF-3L aos 30 meses eram de 9,0 e 9,9 m, respectivamente.

A semeadura da soja (cultivar BMX Potência) foi realizada em dezembro 2012 em todos os sistemas (ILP, ILPF-1L e ILPF-3L), utilizando a semeadora Semeato modelo SAM 200 com quatro linhas, na densidade de 20 sementes por metro e espaçamento de 0,50 m entrelinhas, totalizando 400.000 sementes ha⁻¹. A adubação mineral de semeadura foi de 300 kg ha⁻¹ do fertilizante formulado 4-30-16, correspondendo à aplicação de 12 kg ha⁻¹ de N, 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 48 kg ha⁻¹ de K₂O. A adubação de cobertura foi efetuada 40 dias após o plantio, aplicando-se 200 kg ha⁻¹ do formulado 00-20-20. O controle de plantas-daninhas em pós-emergência na soja foi realizado em 24/01/2013, aplicando herbicida a base de Glyphosate (Zapp QI 620), na dose de 1.240 g i.a. ha⁻¹ com volume de calda de 250 l ha⁻¹, por meio de pulverizador tratorizado de barras, utilizando bicos do tipo leque espaçados em 0,50 m. Nesta aplicação, em mistura de tanque, utilizou-se fertilizante a base de cobalto e molibdênio (COMO Platinum), na dose de 150 ml ha⁻¹ do produto comercial. A colheita da soja foi realizada em maio de 2013, sendo obtido produtividade média de 35 sc ha⁻¹. Após a colheita da soja foi efetuado o controle das plantas daninhas emergentes na área. A área foi dessecada com utilização de herbicida a base de Glyphosate (Roundup WG), na dose de 1440 g i.a. ha⁻¹ com volume de aplicação de 250 l ha⁻¹, por meio de pulverizador tratorizado de barras, utilizando bicos do tipo leque espaçados em 0,50 m.

Em dezembro de 2013 foi semeado o capim, sendo utilizado sementes de *Urochloa brizantha* (Syn. *Brachiaria brizantha*) cv. Marandu, na quantidade de 8,0 kg ha⁻¹ de sementes puras e viáveis, plantadas com espaçamento entrelinhas de 0,20 m com a utilização de semeadora de plantio direto Semeato modelo SAM 200, tracionada por um trator New Holland modelo TL 75 4 x 4. Em seguida, tratou-se as sementes de milho híbrido BG 7049 (Biogene) com inseticida à base de Thiametoxan (Cruiser 350) na dosagem de 300 ml 100 kg⁻¹ para posterior plantio. No plantio do milho foi utilizado espaçamento de 0,80 m entrelinhas, visando atingir a densidade populacional de 62.500 plantas por hectare e a adubação de plantio foi de 310 kg ha⁻¹ de 8-28-16, o que corresponde a 24,8 kg ha⁻¹ de N, 86,8 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 49,6 kg ha⁻¹ de K₂O e 20 dias após a emergência das plantas de milho foi feita a adubação de cobertura com 92 kg ha⁻¹ de nitrogênio via ureia.

Em janeiro de 2014 foi realizado controle de lagartas com aplicação de inseticidas químicos a base de Lambda cyhalothrin (Karate Zeon), na dosagem de 7,5 g i.a. ha⁻¹ e inseticida a base de Lufenuron (Match CE) na dosagem de 15 g i.a. ha⁻¹, conjuntamente com herbicida seletivo para folha larga à base de Atrazine (Primóleo), na dose de 2400 g i.a. ha⁻¹ para controle de plantas daninhas no milho e na pastagem através de pulverizador tratorizado de barras com volume de aplicação de 250 l ha⁻¹. A colheita do milho foi realizada em abril de 2014 e, a partir deste momento, as cercas foram construídas, os bebedouros foram instalados e a área permaneceu em descanso até a entrada dos animais.

Em outubro de 2014 foi realizada coleta de amostra de solo na camada de 0-20 cm para análise das características químicas dos sistemas, sendo apresentados os seguintes resultados: 1) ILP: pH = 5,2; MO = 21 g dm⁻³; P = 15 g mg⁻³; K = 1,28, Ca = 14, Mg = 9,42, SB = 25 mmolc dm⁻³; 2) ILPF-1L: pH = 4,9; MO = 20 g dm⁻³; P = 9 g mg⁻³; K = 1,45, Ca = 11, Mg = 7,45, SB = 20 mmol c dm⁻³; 3) ILPF-3L: pH = 5,0; MO = 20 g dm⁻³; P = 7 g mg⁻³; K = 1,51, Ca = 12, Mg = 9,04, SB = 23 mmol c dm⁻³.

Entre os dias 08 de dezembro de 2014 a 09 de janeiro de 2015 foi realizada uniformização da forragem, por meio de roçagem mecânica a 15 cm de altura do solo, seguida por adubação nitrogenada de 40 kg ha⁻¹ de N na forma de ureia.

Em janeiro de 2015 iniciou-se a fase de adaptação (07/01/2015 a 11/02/2015), seguida do início da recria dos animais (início 11/02/2015 e término 13/01/2016), sendo o peso vivo e idade inicial nessa fase de 235,43±25,46 kg e 16±2,81 meses, respectivamente, e peso vivo final de 385,71±27,17 kg e 28±2,81 meses de idade. Após a fase de recria, deu-se início a fase de terminação dos animais (início 13/01/2016 e término 01/07/2016), a qual faz parte desse trabalho.

2.3. Animais, tratamentos, manejo da pastagem e suplementação

Foram utilizados 60 animais da raça Nelore castrados com 28 ± 2,81 meses de idade e 385,71±27,17 kg de PV no início da fase de terminação. Esses animais foram blocados por faixas de peso em 12 piquetes contendo os tratamentos (Fig. 1; Tabela 2).

O método de pastejo adotado foi de lotação contínua com taxa de lotação variável, utilizando a técnica de *put and take* (Mott e Lucas, 1952). Em cada piquete foram utilizados cinco animais *testers* e um número variável de reguladores, conforme a necessidade de ajuste da taxa de lotação para manutenção da meta de manejo, com altura média do relvado de 30 cm, a qual encontra-se dentro da faixa (20 a 40 cm) para ótima condição de pasto (Silva, 2004), apresentando 29±1,62 cm, 29±1,30 cm e 28±1,44 cm para ILP, ILPF-1L e ILPF-3L, respectivamente. O monitoramento das condições de altura do dossel forrageiro foi realizado por meio de régua graduada em centímetros (cm), sendo medida a distância entre a curvatura da folha mais alta no ponto de amostragem e o solo (Hodgson, 1990), em percurso em zig-zag em intervalos médios de 14 dias, com número médio de amostragem de 100 pontos por

unidade experimental. As condições médias de produção e a composição bromatológica da pastagem durante o período experimental estão descritas na Tabela 3.

No período seco, compreendido de abril a junho foi ofertado suplemento concentrado para os animais com consumo em 0,7% do peso vivo, formulado usando NRC (2001), baseado no modelo Mechanistic (MLS) (Tabela 4). Os suplementos foram fornecidos diariamente, entre 11h e 13h, procurando não alterar o comportamento e os ciclos de pastejo dos animais.

2.4. Abate e coleta das amostras

Ao final do período de permanência estabelecido, os animais foram pesados, apresentando em média $453,68 \pm 29,69$ kg de PV e com $34 \pm 2,81$ meses de idade, sendo, posteriormente, abatidos em frigorífico comercial localizado no município de Bariri/SP, sob Serviço de Inspeção Estadual (SISP), com aproximadamente 370 km de distância do local do experimento.

Durante a operação de abate foi possível identificar as carcaças com etiquetas numeradas, fixadas no lado direito e esquerdo. Após o abate do lote, o peso das meias-carcaças foi anotado, as quais, em seguida, permaneceram em câmara de resfriamento por 24 horas, após esse período foi realizada a secção entre a 8ª e 13ª vértebra torácica.

Foram coletadas 48 amostras do músculo LT entre a 8ª e 13ª vértebra torácica, as quais foram transportadas ao Laboratório de Bromatologia da Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas – UNESP, Campus de Dracena, onde foram realizados os cortes transversais com aproximadamente 2,5 cm de largura em serra fita (Model 255, Beccaro, Toronto, ON, Canada), seguindo o protocolo de coleta das amostras: entre a 8ª e 9ª vértebra torácica realizou-se corte para perfil de ácidos graxos; 9ª e 10ª vértebra torácica para colágeno e composição centesimal; 10ª e 12ª vértebra torácica para análise microbiológica e colesterol; 12ª e 13ª vértebra torácica para cor da carne e da gordura, potencial

hidrogeniônico (pH) 24h *post mortem*, força de cisalhamento e perdas de peso por cocção. Em seguida, cada corte foi embalado a vácuo (18 μ) em embaladora JETVAC® (200-B, Selovac, SP, Brasil) e congelados (-20°C) até o momento das análises.

2.5. Composição centesimal e colesterol

Foi utilizada para avaliar a composição centesimal a metodologia da espectroscopia no infravermelho próximo (NIRS - Near Infrared Spectroscopy) software ISIScan – FoodScan™. A metodologia aprovada pela AOAC (2012) item 2007.04, é realizada a partir de amostra *in natura* moída com aproximadamente 180g a fim de preencher o recipiente para a análise, evitando bolhas de ar, com temperatura ótima da amostra de 10 - 20°C, e sempre certificando de que as temperaturas das amostras não variassem mais de 5°C. Neste método foram aplicados à determinação simultânea de gordura, umidade e proteína da amostra de carne nas faixas de 1 - 43% de gordura, 27 - 74% umidade, e 14 - 25% de proteína. A altitude, 0,2000m; temperatura, 5 - 40°C; umidade relativa máxima de 80% para temperaturas de 0,31°C. As cinzas foram determinadas segundo o método recomendado pela AOAC (2007), item 39.1.09.

A análise do colesterol foi realizada segundo a metodologia enzimática descrita por Saldanha et al. (2004). O isolamento dos lipídeos foi realizado utilizando-se hidróxido de potássio 50%, álcool etílico e hexano. Uma alíquota de 3 mL do extrato de hexano foi seca sob N₂ e, em seguida adicionou-se álcool isopropílico até a completa solubilização. Para quantificação do colesterol utilizou-se kits laboratoriais da Laborlab S/A, composto por um reativo enzimático (contendo 0,025mol/L de 4 aminofenazona e 0,055mol/L de fenol). Adicionou-se 3 mL do reagente de trabalho às amostras e procedeu-se tratamento térmico por 10 minutos a 37°C em banho-maria. Após repouso de 90 minutos, leu-se a absorbância contra o branco, igualmente preparado a 499nm. A curva de calibração foi construída a partir

de uma solução padrão de colesterol (1,006 mg/100 mL), com concentrações variando de 0,01 a 0,05 mg/mL.

2.6. Perfil de ácidos graxos e índice de qualidade nutricional

Para o perfil de ácidos graxos, pesaram-se cerca de 100 mg de amostra triturada num tubo de ensaio de 10 cm. Em seguida, adicionou-se 2,0 mL de NaOH (1,5 mol.L⁻¹ em metanol). Depois disso, a amostra foi triturada com uma haste de agitação de vidro para formar uma película fina de modo a aumentar a superfície de contato. Em seguida, os tubos de ensaio foram colocados em banho ultrassônico (5 minutos a 30°C). Após o tempo de reação alcalina ter terminada, foram adicionados 2,0 mL de H₂SO₄ (1,5 mol.L⁻¹ em metanol para ambos os casos) e o tubo de ensaio foi novamente colocado no banho ultrassônico durante 5 minutos (30°C). Em seguida, adicionou-se 1 mL de hexano, adicionaram-se 500 µL de metil éster do ácido tricosanoico - padrão interno (23:0) de concentração 1 mg/mL, agitou-se os tubos durante 30 segundos, posteriormente centrifugou-se a 2000 rpm durante 1 minuto e recolheu-se a fase superior e injetado em cromatografia em fase gasosa (GC) (Figueiredo et al., 2016).

O FAME (ésteres metílicos de ácidos graxos) foi separado por cromatografia gasosa utilizando um cromatógrafo Thermo 3300 equipado com um detector de ionização de chama (FID) e uma coluna capilar de sílica fundida CP-7420 SELECT FAME (100 x 0,25 mm de diâmetro x 0,25 mm de espessura). A temperatura do injetor e do detector foi de 240°C. A temperatura da coluna foi mantida a 165°C durante 7 minutos. Em seguida, a temperatura da coluna foi aumentada de 165°C para 185°C a 4°C.min⁻¹, mantida a esta temperatura durante 4,67 minutos e finalmente aumentada para 235°C a 6°C.min⁻¹ e mantida por 5 minutos. As taxas de fluxo de gás utilizadas foram 1,2 mL.min⁻¹ para o gás transportador (H₂), 30 mL.min⁻¹ para o gás de compensação (N₂) e 35 e 350 mL.min⁻¹ para o gás FID H₂ e ar

sintético, respectivamente. Para a identificação de ácidos graxos, os tempos de retenção foram comparados com os dos ésteres metílicos padrão (Sigma, EUA) e a quantificação (mg de ácido graxo por g de lipídeos totais - TL) foi realizada contra o éster metílico do ácido tricosanóico (23:0) como padrão interno (IS), como descrito por Joseph e Ackman (1992). Os valores teóricos do fator de correção FID foram utilizados para obter valores de concentração (Visentainer, 2012). O teor de ácidos graxos foi calculado utilizando a equação:

$$FA = A_X M_{IS} C_{FX} / A_{IS} M_X C_{FAE}$$

Em que, FA é mg de ácido graxo de TL; A_X é a área do pico (ácidos graxos); A_{IS} é a área do pico do éster metílico de IS de ácido tricosanóico (23:0); M_{IS} é o peso (mg) de IS adicionado à amostra; M_X é o peso da amostra (mg); C_{FX} é o fato de correção teórico; C_{FAE} é o fator de conversão necessário para expressar os resultados como mg de ácido graxo ao invés de éster metílico.

A qualidade nutricional da fração lipídica foi avaliada por três índices a partir dos dados de composição em ácidos graxos, através dos seguintes cálculos:

- Índice de Aterogenicidade (IA) = $[(C12:0 + (4 \times C14:0) + C16:0)] / (\Sigma AGMI + \Sigma \omega 6 + \Sigma \omega 3)$;
- Índice de Trombogenicidade (IT) = $(C14:0 + C16:0 + C18:0) / [(0,5 \times \Sigma AGMI) + (0,5 \times \Sigma \omega 6 + (3 \times \Sigma \omega 3) + (\Sigma \omega 3 / \Sigma \omega 6))]$, segundo Ulbricht e Southgate (1991);
- Razão entre ácidos graxos hipocolesterolêmicos e hipercolesterolêmicos (HH) = $(C18:1cis9 + C18:2\omega 6 + C20:4\omega 6 + C18:3\omega 3 + C20:5\omega 3 + C22:5\omega 3 + C22:6\omega 3) / (C14:0 + 16:0)$, segundo Santos-Silva et al., (2002). Em que: AGMI = todos os ácidos monoinsaturados. Além desses foram determinadas as razões entre $\omega 6 / \omega 3$ e AGP/AGS = Poliinsaturados/Saturados.

2.7. *Potencial hidrogeniônico (pH) e perdas de peso por cocção*

O pH foi determinado segundo o método descrito por Beltrán et al. (1997), com medições por meio de peagâmetro (Modelo HI 99163, Marca HANNA, Woonsocket – USA) com eletrodo combinado para leitura em triplicata com perfurações em três pontos de cada repetição 24h *post mortem*. O equipamento foi calibrado antes do uso, utilizando-se solução tampão 4,1 e 7,1.

Para a determinação das perdas de peso por cocção (PPC), cada amostra foi pesada e posteriormente colocada em uma chapa elétrica, pré-aquecida a 170°C, até que a temperatura do centro geométrico de cada amostra atingisse 72°C, sendo verificada utilizando termômetro digital tipo espeto. A amostra, foi então removida da chapa elétrica e resfriada até a temperatura ambiente (25°C), sendo verificada utilizando termômetro infravermelho, a qual foi novamente pesada para a determinação da PPC, calculada pela diferença de peso da amostra antes e depois de ser submetida a tratamento térmico, expressa em percentagem. Em seguida, foram embaladas separadamente com suas respectivas identificações em papel alumínio para posterior análise de força de cisalhamento.

2.8. *Força de cisalhamento e colágeno*

A força de cisalhamento, por sua vez, foi realizada utilizando as amostras usadas para determinação da perda de peso por cocção, após refrigeração a 4°C por 12 horas. Em seguida, retiraram-se dez cilindros com 1,27 cm de diâmetro de cada amostra, os quais foram colocados com as fibras orientadas no sentido perpendicular às lâminas do aparelho Warner-Blatzler (TA-SBA CT3, Brookfield, USA) sendo a velocidade de descida do dispositivo de 20 cm/min (AMSA,1995).

Para a análise de colágeno foi utilizada a metodologia da espectroscopia no infravermelho próximo (NIRS - *Near Infrared Spectroscopy*) software ISIScan – FoodScan™.

2.9. Cor da carne

A cor da carne foi determinada mediante leitura em três pontos aleatórios da superfície de corte do músculo *longissimus thoracis* de cada amostra, por meio de espectrofotômetro portátil (CR-410-Konica Minolta, Câmera Co., Ltda Osaka, Japão) com iluminante D65, abertura de 8 mm de diâmetro e ângulo de observação de 10° (AMSA, 2012), previamente calibrado com padrão branco, conforme instruções do fabricante. Foi considerado o sistema CIELAB por meio de leituras de refletância da luz em três dimensões: L^* (luminosidade), a^* (vermelho) e b^* (amarelo), segundo metodologia descrita por Honikel (1998).

A determinação dos valores para o ângulo de tonalidade (H^*) foi obtida de acordo com MacDougal, (1994) e a determinação do teor de oximioglobina e de metamioglobina presentes na superfície da carne (O/M) foi realizada segundo Olivo e Shimokomaki (2001), usando as coordenadas de teor de vermelho (a^*) e intensidade de amarelo (b^*), obtidas nas determinações colorimétricas, com as seguintes fórmulas: $H^* = \tan^{-1}(b^*/a^*)$; $O/M = (a^*/b^*)$.

2.10. Análise microbiológica

Para a análise microbiológica, tomou-se como referência o *Compendium of methods for the microbiological examination of foods* (Downes e Ito, 2001). As amostras foram preparadas retirando-se alíquotas de aproximadamente 10 g da amostra de carne, as quais foram homogeneizadas em 90 ml solução salina peptonada estéril a 0,1%. A seguir, 1 mL da primeira diluição (10^{-1}) foi transferido para um frasco contendo 9 mL de solução salina peptonada estéril a 0,1% (10^{-2}), e assim por diante até a diluição 10^{-5} .

A contagem total de bactérias seguiu-se da seguinte forma: 1 mL de cada uma das diluições de cada amostra foram depositados em placas de Petri estéreis, em seguida foi acrescentado aproximadamente 15 mL de Agar Padrão (PCA) para a contagem total de bactérias e psicrotróficas e Agar Cristal Violeta BÍlis Dextrose (VBRD) para análise de enterobactérias, fundido e resfriado a temperatura em torno de 45°C. O inóculo foi misturado ao meio de cultura por meio de movimentos circulares suaves e na forma de oito. Após completa solidificação do meio, as placas foram invertidas e incubadas a 32°C por 48 horas para as contagens totais de bactérias e enterobactérias e a 7°C por 10 dias para as psicrotróficas. Para a contagem das colônias foram selecionadas as placas que continham entre 25 e 250 colônias. A contagem foi feita com o auxílio de uma lupa acoplada em um contador de colônias.

2.11. Análise estatística

Para as análises foram utilizados 16 animais por tratamento (4 animais por piquete x 4 repetições por piquete x 3 tratamentos), sendo o piquete, em ambos os casos, a unidade experimental. O delineamento experimental foi em blocos completos não casualizados (bloco 1: piquetes A, G e H, bloco 2: piquetes B, I e J; bloco 3: piquetes C, K e L; bloco 4: piquetes D, E e F; Figura 1), com três tratamentos e quatro repetições por tratamento, totalizando 12 parcelas experimentais.

Os dados foram analisados com o procedimento MIXED (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA). Foi utilizado o procedimento UNIVARIATE NORMAL (SAS Inst. Inc., Cary, NC) e a normalidade dos dados confirmada pelo teste de Shapiro-Wilk ($W \geq 0,90$). Na análise dos dados o animal foi considerado como unidade experimental para todas as variáveis estudadas. Os dados foram então analisados utilizando o procedimento PROC MIXED (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) e a aproximação Satterthwaite para determinar os graus de

liberdade para os testes de efeitos fixos. O sistema e o bloco foram considerados efeitos fixos e, para os efeitos aleatórios foram considerados o animal(piquete) e o piquete(tratamento*bloco). As médias foram calculadas pelo procedimento lsmeans e os resultados foram relatados como mínimos quadrados e separados utilizando a opção probabilidade diferenças (pdiff), ao nível de significância de 5%. Para os dados não-paramétricos (escores de aroma estranho e sabor estranho) foi utilizado o Teste Kruskal-Wallis, seguido pelo teste de Mann-Whitney sendo as medianas consideradas significativamente diferentes quando $P < 0,05$. As tendências foram consideradas quando $P < 0,09$.

3. Resultados e Discussão

Os diferentes sistemas de integração não interferiram no teor de proteína ($P = 0,99$), extrato etéreo ($P = 0,22$), umidade ($P = 0,97$), cinzas ($P = 0,44$) e colesterol ($P = 0,21$) da carne de bovinos Nelore (Tabela 5).

Segundo Geay et al. (2001) a quantidade de proteína, umidade e cinzas da carne apresentam-se, de modo geral, constantes, com aproximadamente 75% de água, 19% a 25% de proteína e 1% a 2% de minerais, estando a carne dos animais do presente estudo em conformidade com os intervalos sugeridos pela literatura. Por outro lado, a natureza e quantidade dos lipídeos são dependentes, entre outros fatores, de condições externas, como o tipo de alimentação ofertada (Geay et al., 2001). Além disso, quando o animal é exposto a altas temperaturas por longos períodos pode ocorrer impacto na composição da carcaça e carne, pela redução na deposição de gordura subcutânea e maior deposição de gordura nos depósitos internos (Gregory, 2010).

Nesse conceito, a ausência de diferença entre as variáveis de extrato etéreo e colesterol, os quais apresentam correlação significativa em função dos teores de extrato etéreo incluir a

gordura localizada intercelular e intracelular, sendo esta última a que contém os maiores níveis de colesterol (Stromer et al., 1966; Arboitte et al., 2004), indicam que, embora ocorram mudanças na composição bromatológica das gramíneas em função do componente arbóreo, além das sombras das árvores proporcionar microclima favorável aos animais da raça Nelore (Tabelas 1 e 3), essas não afetam a composição da carne dos mesmos.

No entanto, houve tendência para os ácidos graxos cis-10-heptadecenóico (C17:1 ω 9) e araquidônico (C20:4 ω 6) ($P = 0,05$ e $P = 0,06$; respectivamente; Tabela 6), sendo ambos com valores superiores nas carnes dos animais submetidos aos tratamentos ILP e ILPF-1L.

Os ácidos graxos da família ômega 9, têm sido apontados como hipolipidêmico, o qual atua diminuindo as lipoproteínas de baixa densidade (LDL) (Spector, 1999). Entre os ácidos graxos poliinsaturados da série ômega 6, o araquidônico é um dos mais representativos e possui papel importante no processo inflamatório, importantes em uma série de sistemas fisiológicos, como o renal, gastrointestinal, reprodutor e cardiovascular, além de ser mediador das respostas imune e inflamatória (Curi et al., 2002). No entanto, para que esse último promova ação benéfica a saúde humana na prevenção de doenças cardiovasculares e aterosclerose, doenças inflamatórias crônicas e ação anti-inflamatória e antitrombótica, é importante manter o balanço adequado entre esses com os ácidos graxos da série ômega 3 (Andrade e Carmo, 2006; Lavie et al., 2009; Mickleborough, 2009).

Estudos epidemiológicos e a Sociedade Japonesa de Nutrição Lipídica relataram que a relação de ω 6: ω 3 preconizada como ideal para a ingestão diária por humanos é de 4: 1 para adultos saudáveis (Department of Health and Social Security, 1994; Uauy et al., 1999). A carne dos animais do presente estudo apresentou valores menores que três, considerada, portanto, saudável para o consumo humano em todos os tratamentos avaliados. Esse resultado era esperado, uma vez que os animais eram provenientes de regime exclusivamente a pasto, o qual contém maior quantidade de α -linolênico (C18:3 ω 3) nas gramíneas (Tabela

3), no entanto, esse fato não influenciou a relação $\omega 6/\omega 3$ da carne de bovinos Nelore ($P = 0,91$; Tabela 7).

O índice de qualidade nutricional (IQN) apresentou diferença para a relação de ácidos graxos monoinsaturados/saturados (AGM/AGS), sendo que o tratamento ILPF-3L apresentou o menor valor em comparação aos outros sistemas ($P = 0,03$; Tabela 7). Embora sem diferença no perfil dos ácidos graxos saturados, esse se apresentou maior numericamente nesse sistema de integração e, uma vez que se posiciona como denominador, quanto maior o seu valor menor é a relação AGM/AGS. Os ácidos graxos monoinsaturados previnem o aparecimento de doenças cardiovasculares, pois atuam na redução do colesterol e nos níveis de LDL (Kris-Etherton, 1997). Assim, a carne dos bovinos produzidos no sistema com maior densidade de árvores se apresentou menos eficiente para esse aspecto nutricional.

Não foi encontrado diferença para os parâmetros de AGP/AGS ($P = 0,53$), razão entre ácidos graxos hipocolesterolêmicos e hipercolesterolêmicos (HH; $P = 0,17$) e índice de aterogenicidade (IA; $P = 0,23$) entre os tratamentos (Tabela 7), entretanto, houve tendência para o índice de trombogenicidade (IT; $P = 0,08$; Tabela 7).

Dentre as variáveis do IQN, a relação de AGP/AGS está abaixo do recomendado na dieta humana em todos os tratamentos avaliados, que deveria estar em torno de 0,45 a fim de prevenir problemas cardiovasculares (Department of Health and Social Security, 1994). O cálculo da razão dos ácidos graxos HH, relacionado mais especificamente com o metabolismo do colesterol sanguíneo, resultou em valores na faixa de 1,02 a 1,22. Valores superiores foram encontrados em carnes de bovinos jovens Nelore-Angus (Andrade et al., 2014). No entanto, ambos inferiores ao recomendado para produtos cárneos no aspecto nutricional (2,0), capazes de reduzir o risco de doenças cardiovasculares (Assunção, 2007).

Para os índices de IA e IT não há valores recomendados, mas, considera-se que quanto menor for o valor destes índices, mais favorável é o perfil de ácidos graxos à saúde humana (Sousa Bentes et al., 2009). O índice de aterogenicidade (IA), que relaciona os ácidos pró e antiaterogênicos no músculo *longissimus thoracis* dos animais experimentais ficaram entre 0,92 a 1,04. Valores inferiores foram encontrados em carnes de bovinos jovens Nelore-Angus (Andrade et al., 2014), no entanto, estão de acordo com a faixa estabelecida para a carne, a qual possui valores entre 0,5 e 1,0 (Bode et al., 2004). O índice de trombogenicidade (IT), por sua vez, apresentou tendência a ser maior no tratamento ILPF-3L, caracterizando as carnes dos animais nesse tratamento com menor potencial de prevenção ao aparecimento de doenças coronarianas (Turan et al., 2007).

O pH do músculo *longissimus thoracis* não apresentou diferenças entre os tratamentos avaliados ($P = 0,62$; Tabela 8). Além disso, os mesmos apresentaram valores inferiores ao limite de pH definido para a exportação de carne para a União Europeia (pH = 5,9) (Andrighetto et al., 2008) e estão dentro da faixa, habitualmente, encontrada depois de 24 h *post mortem* (5,5 a 5,7) (Kandeepan e Biswas, 2007), a qual é capaz de assegurar os padrões normais de desenvolvimento das características físicas e químicas responsáveis pela qualidade da carne. Animais em estresse calórico apresentaram valores médios de pH da carne superior a seis (pH = 6,24) (Kadim et al., 2004).

Assim, a ausência de diferença para os parâmetros de perdas de peso por cocção ($P = 0,37$), força de cisalhamento ($P = 0,54$), colágeno ($P = 0,44$) e cor da carne ($P = 0,29$; $P = 0,15$; $P = 0,57$ para a^* , b^* e L^* , respectivamente) entre os tratamentos era esperado (Tabela 8), uma vez que quando não há mudanças bioquímicas durante o período *post mortem*, não ocorrem modificações na cor, aparência, sabor, textura (maciez e suculência) e nas propriedades funcionais da carne (Ramos e Gomide 2007).

Dentre os parâmetros da qualidade da carne, a maciez é a característica mais desejada pelo consumidor, sendo que a satisfação do consumidor latino-americano é obtida quando a força de cisalhamento é igual ou inferior a 40,13 *N* (Rodas-González et al., 2009). No entanto, a carne dos animais do presente estudo apresentou valores superiores ao desejado, possivelmente pelo fato de serem animais provenientes de regime de alimentação em pastagem, os quais atingiram o peso de abate em maiores idades (34 meses) (Parmigiani e Torres, 2009). Além disso, a carne de animais zebuínos apresenta diferença na ação das enzimas proteolíticas no período pós abate (Curi et al., 2009), as quais são consideradas menos macia pela maior atividade da calpastatina, inibidora da calpaína, principal responsável pelo amaciamento da carne (Hadlich et al., 2008).

O atributo cor, que é o primeiro impacto sobre o consumidor, apresentou valores de luminosidade (L^*) e a intensidade de vermelho (a^*) dentro dos padrões propostos para a carne bovina, que variam entre 33,2 - 41,0 e entre 11,1- 23,6, respectivamente (Muchenje et al., 2009). Por outro lado, as médias da intensidade de amarelo (b^*) foram consideradas baixas (Abularach et al., 1998, Muchenje et al., 2009). No entanto, essa redução nos valores médios de b^* não ocasionaram diferenças no ângulo de tonalidade (H^* ; $P = 0,80$; Tabela 8), o qual é função de a^* e b^* . Não há padrão de valores para esse parâmetro, porém, sugere-se que o aumento nos valores de H^* é acompanhado, normalmente, pelo processo de descoloração das carnes (Lee et al., 2005). Valores superiores aos obtidos no presente estudo foram encontrados em carne bovina de animais Red Norte e Nelore (Andrade et al., 2010; Mello et al., 2017). A ausência de descoloração pode ser ainda confirmada pela quantidade de oximioglobina em relação a metamioglobina (O/M) presente na superfície das carnes, a qual não apresentou diferenças entre os tratamentos ($P = 0,54$; Tabela 8), porém, os resultados mais elevados dessa variável indicam maior concentração de oximioglobina, que

é responsável por dar a cor vermelha brilhante à carne e, valores com tendência a zero indicam concentrações mais altas de metamioglobina (Olivo e Shimokomaki, 2001).

Quanto à qualidade microbiológica do músculo *Longissimus thoracis*, não foi observada diferença para a contagem total de bactérias ($P = 0,486$), grupo de bactérias psicrotóxicas ($P = 0,46$) e enterobactérias ($P = 0,42$) entre os tratamentos (Tabela 10). Além disso, a carga microbiana encontrada não classifica a carne com grau de deterioração, uma vez que, para ser considerada contaminada, a carne deve apresentar níveis acima de 6 ou 7 log UFC/g para esses grupos de bactérias (Fung et al., 1980; Capta et al., 1999). Esse resultado era esperado, visto que o pH, o qual é responsável pelo aumento da carga microbiana da carne quando apresenta valores elevados (Borges e Freitas, 2002), apresentou-se com valores médios adequados para manutenção da carne (5,4 – 5,8) (Mach et al., 2008).

4. Conclusões

Conclui-se que a composição e a qualidade física e microbiológica da carne de bovinos Nelore não são afetadas pelos diferentes sistemas de integração avaliados. No entanto, o sistema com maior densidade de árvores produz carne com tendência a menor qualidade no aspecto nutricional dos ácidos graxos.

5. Agradecimentos

À APTA, Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, Polo Regional Extremo Oeste – Andradina/SP pelo apoio logístico, de infraestrutura e ajuda na condução do experimento. À Fundação de Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP (2014/12662-0) pela bolsa concedida. As opiniões, hipóteses, conclusões ou recomendações contidas neste material são de responsabilidade dos autores e não refletem necessariamente a visão da FAPESP.

6. Referências

- Abularach, M.L.S., Rocha, C.E., Felício, P.E. 1998. Características de qualidade do contrafilé (m. *L. dorsi*) de touros jovens da raça Nelore. Cien. Tecnol. Alim. 18, 205-210. doi: 10.1590/S0101-20611998000200012.
- Alvares, C.A., Stape, J.L., Serntelhas, P.C., Gonçalves, J.L.M., Sparovek, G. 2013. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorol. Z. 22, 711-728. doi: 10.1127/0941-2948/2013/0507.
- AMSA - American Meat Science Association. 2012. Meat color measurement guidelines. Champaign, 124 p.
- AMSA - American Meat Science Association. 1995. Research guidelines for cookery sensory and instrumental tenderness measurement of fresh meat. Chicago, 48 p.
- Andrade, P.M.M., Carmo, M.G.T. 2006. Ácidos graxos n-3: um link entre eicosanóides, inflamação e imunidade. Rev. Mn-Metabólica. 8, 135-43.
- Andrade, P.L, Bressan, M.C., Gama, L.T., Gonçalves, T.M., Ladeira, M.M., Ramos, E.M. 2010. Aged meat quality in Red Norte and Nelore cattle. R. Bras. Zootec. 39, 1791-1800. doi: 10.1590/S1516-35982010000800023.
- Andrade, E.N., Polizel Neto, A., Roça, R.O., Faria, M.H., Resende, F.D., Siqueira, G.R., Pinheiro, R.S.B. 2014. Beef quality of young Angus × Nelore cattle supplemented with rumen-protected lipids during rearing and fattening periods. Meat Sci. 98, 591–598. doi: 10.1016/j.meatsci.2014.05.028.
- Andrighetto, C., Jorge, A.M., Roça, R.O., Rodrigues, E., Bianchini, W., Francisco, C.L. 2008. Características físico-químicas e sensoriais da carne de bubalinos Murrah abatidos em diferentes períodos de confinamento. R. Bras. Zootec. 37, 2179–2184. doi:10.1590/S1516-35982008001200015.

- AOAC - Official Method 2007.04. Fat, moisture, and protein in meat and meat products. FOSS FoodScan™ Near-Infrared (NIR) spectrophotometer with FOSS Artificial Neural Network (ANN) calibration model and associated database, in: Official Methods of Analysis of AOAC International, 19th ed., AOAC International, Gaithersburg, MD, USA, 2012.
- AOAC - Official Methods of Analysis Chemists. 18.ed. Maryland, 2005, Current through Revision 2, 2007.
- Arboitte, M.Z., Restle, J., Alvez 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. R. Bras. Zootec. 33, 959-968. doi: 10.1590/S1516-35982004000400016.
- Assunção, J.M.P. Contribuição para o estudo da composição lipídica e do valor nutricional de leites e produtos lácteos dos açores. 2007, 113f. Dissertação de mestrado em controlo da qualidade e toxicologia dos alimentos, Universidade de Lisboa, Lisboa.
- Bobe, G., Zimmerman, S., Hammond, E.G., Freeman, G., Lindberg, G.L., Donald, C.B. 2004. Texture of butters made from milks differing in indices of atherogenicity. Animal Industry Report: AS 650, ASL R1902.
- Béltran, J.A., Jaime, I., Santolaria, P., Sañudo, C, Albertí, P., Roncalés, P. 1997. Effect of stress-induced high post-mortem pH on protease activity and tenderness of beef. Meat Sci. 45, 201-27. doi: 10.1016/S0309-1740(96)00103-9.
- Borges, J.T., Freitas, A.S. 2002. Aplicação do sistema Hazard Analysis and Critical Control Points (HACCP) no processamento da carne bovina fresca. Boletim do CEPPA, 20,1-18. doi: 10.5380/cep.v20i1.1131.

- Capta, R., Alonso-Calleja, C., García-Arias, M.T., García-Frenádez, M.C., Moreno, B. 1999. Aspectos de interés en la calidad microbiológica de la carne de pollo. *Eurocarne*, 9, 73-86.
- Curi, R.A., Chardulo, L.A.L., Mason, M.C., Arrigoni, M.D., Silveira, A.C., Oliveira, H.N. 2009. Effect of single nucleotide polymorphisms of CAPN1 and CAST genes on meat traits in Nelore beef cattle (*Bos indicus*) and in their crosses with *Bos taurus*. *Anim. Genet.* 40, 456-462. doi: 10.1111/j.1365-2052.2009.01859.x.
- Curi, R., Pompéia, C., Miyasaka, K., Procopio, J. 2002. Entendendo as Gorduras – Os Ácidos Graxos. São Paulo, Editora Manole Ltda. 1º ed. (In Portuguese).
- Department of Health and Social Security. 1994. Nutritional aspects of cardiovascular disease. Report on Health and Social Subjects, n.46. London: HMSO, 178 p.
- Downes, F.P., Ito, K. 2001. Compendium of methods for the examination of foods. American Public Health Association. 2.ed. Washington: APHA, 600p.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2013. Sistema brasileiro de classificação de Solos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 3º ed. (In Portuguese).
- FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2016. Integrated Crop-Livestock Systems (ICLS). Available at: <http://www.fao.org/agriculture/crops/core-themes/theme/spi/scpi-home/managing-ecosystems/integrated-crop-livestock-systems/en/> (accessed April 28, 2017).
- FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2013. The State of Food and Agriculture: Food Systems for Better Nutrition. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. Available at: <http://www.fao.org/docrep/018/i3300e/i3300e00.htm> (accessed February 28, 2017).
- Figueiredo, I.L., Claus, T., Junior, O.O.S., Almeida, V.C., Magon, T., Visentainer, J.V. 2016. Fast derivatization of fatty acids in different meat samples for gas

- chromatography analysis. *J. Chromatogr. A.* 1456, 235-241. doi: 10.1016/j.chroma.2016.06.012.
- Franzluebbers, A.J., and J.A. Stuedemann. 2007. Crop and cattle production responses to tillage and cover crop management in an integrated crop–livestock system in the southeastern USA. *Eur. J. Agron.* 57, 62-70. doi: 10.1016/j.eja.2013.05.009.
- Fung, D.Y.C., Kastner, C.L. Hunt, M.C. Dikeman, M.E. Kropf, D. 1980. Mesophilic and psychrotrophic bacterial population on hot-boned and conventionally processed beef. *J. Food Protect.* 43, 547-550. doi: 10.4315/0362-028X-43.7.547.
- Geay, Y., Bauchart, D., Hocquette, J., Culioli, J. 2001. Effect of nutritional factors on biochemical, structural and metabolic characteristics of muscles in ruminants, consequences on dietetic value and sensorial qualities of meat. *Reprod. Nutr. Dev.* 41, 1-26. doi: 10.1051/rnd:2001108.
- Godfray, H.C.J., Beddington, J.R., Crute, I.R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J.F., Pretty, J., Robinson, S., Thomas, S.M., Toulmin, C. 2010. Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *Science* 327, 812–818. doi:10.1126/science.1185383.
- Grandin, T. 2000. *Livestock Handling and Transport*. CABI, Publishing, Wasllingford, Oxon (Reino Unido), cap. 5, 63-85.
- Gregory, N.G. 2010. How climatic changes could affect meat quality. *Food Res. Int.* 43, 1866-1873. doi: 10.1016/j.foodres.2009.05.018.
- Guàrdia, M.D., Estany, J., Balasch, S., Oliver, M.A., Gispert, M., Diestre, A. 2005. Risk assessment of DFD meat due to pre-slaughter conditions in pigs. *Meat Sci.* 70, 709-716. doi: 10.1016/j.meatsci.2005.03.007.
- Hadlich, J.C., Longhini, L.G.R., Mason, M.C. 2008. A influência do colágeno na textura da carne. *Pubvet.* 2, Art. 160. (In Portuguese).

- Hodgson, J. 1990. *Grazing management: science practice*. Essex: Longman Scientific & Technical, 1990. 203p.
- Honikel, K.O. 1998. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Sci. Barking*, 49, 447-457.
- Joseph, J.D., Ackman, R.G. 1992. Capillary 359 column gas-Chromatographic method for analysis of encapsulated fish oils and fish oil ethyl-esters - Collaborative study. *Journal of AOAC International*, 75, 488-506.
- Lavie, C.J., Milani, R.V., Mehra, M.R., Ventura, H.O. 2009. Omega-3 polyunsaturated fatty acids and cardiovascular diseases. *J. Am. Coll. Cardiol.* 54, 85-94. doi: 10.1016/j.jacc.2009.02.084.
- Lee, S., Decker, E.A., Faustman, C., Mancini RA. 2005. The effects of antioxidant combinations on color and lipid oxidation in n-3 oil fortified ground beef patties. *Meat Sci.* 70, 683-689. doi: 10.1016/j.meatsci.2005.02.017.
- Kadim, I.T., Mahgoub, O., Al-Ajmi, D.S., Al-Maqbaly, R.S., Al-Mugheiry, S.M., Bartolome, D.Y. 2004. The influence of season on quality characteristics of hot-boned m. *Longissimus thoracis*. *Meat Sci.* 66, 831–836. doi: 10.1016/j.meatsci.2003.08.001.
- Kandeepan, G., Biswas, S. 2007 Effect of low temperature preservation on quality and shelf life of buffalo meat. *Am. J. Food Technol.* 2, 126–135. doi:10.3923/ajft.2007.126.135.
- Kris-Etherton, P.M., Yu, S. 1997. Individual fatty acid effects on plasma lipids and lipoproteins: human studies. *Am. J. Clin. Nutr.* 65, 1628S-1644S.
- MacDougal, D.B. Colour meat. In: Pearson, A.M., Dutson, T.R. (Eds.). 1994. *Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products- Advances in Meat Research Series*. London: Blackie Academic & Professional, 9, 79-93.

- Mach, N., Bach, A., Velarde, A., Devant, M. 2008. Association between animal, transportation, slaughterhouse practices, and meat pH in beef. *Meat Sci.* 78, 232-238. doi: 10.1016/j.meatsci.2007.06.021.
- Maganhini, M.B., Mariano, B., Soares, A.L., Guarnieri, P.D., Shimokomaki, M., Ida, E.I. 2007. Carne PSE (*Pale, Soft, Exudative*) e DFD (*Dark, Firm, Dry*) em lombo suíno numa linha de abate industrial. *Ciênc. Tecnol. Aliment.* 27, 69-72. doi: 10.1590/S0101-20612007000500012.
- Mateus, G.P., C.A.C. Crusciol, and E. Borghi. 2012. Integrated crop-livestock: the new green revolution in the tropics. (In Portuguese). *Pesqui. Tecnol.* 4, 1-5.
- Mello, J.L.M., Rodrigues, A.B.B., Giampietro-Ganeco, A., Ferrari, F.B., Souza, R.A., Souza, P.A., Borba, H. 2017. Characteristics of carcasses and meat from feedlot-finished buffalo and *Bos indicus* (Nellore) bulls. *Anim. Prod. Sci.* doi: 10.1071/AN16556.
- Mickleborough, T.D. 2009. Anti-inflammatory effects of polyunsaturated fatty acids on the inflammatory response in asthma. *Agro Food Ind. Hi-Tech.*, 20(4):10-2.
- Mott, G.O., Lucas, H.L. 1952. The design, conduct, and interpretation of grazing trials on cultivated and improved pastures. In: *International Grassland Congress, 6.*, State College, Proceedings... State College, State Coilege Presa.
- Muchenje, V., Dzamac, B.K., Chimonyoa, M., Strydom, P.E., Hugo, A., Raats, J.G. 2009. Some biochemical aspects pertaining to beef eating quality and consumer health: a review. *Food Chem.* 112, 279-289. doi: 10.1016/j.foodchem.2008.05.103.
- NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient requeriments of dairy cattle. 7.ed. Washington D.C.: National Academy, 2001. 381p.
- Olivo, R., Shimokomaki, M. *Carnes: no caminho da pesquisa.* 1. Cocal do Sul: Imprint, 2001. 155p.

- Parmigiani, P., Torres, R. 2009. Para além da rastreabilidade. *Rev. Nac. Carne*. 33, 8-15.
- Porfírio-da-Silva, V., Medrado, M.J.S., Nicodemo, M.L.F., Dereti, R.M. 2010. Arborização de pastagens com espécies florestais madeireiras: implantação e manejo Colombo: Embrapa Florestas. (In Portuguese).
- Porfírio-da-Silva, V. 2003. Sistemas silvipastoris em Mato Grosso do Sul. Para que adotá-los? In: *Seminário Sistemas Agroflorestais e Desenvolvimento Sustentável, Anais...* Campo Grande: Embrapa-Gado de Corte, p.1-13. (In Portuguese).
- Ramos, E.M., Gomide, L.A.M. 2007. Avaliação de carnes anormais: condições PSE e DFD. In 'Avaliação da qualidade de carnes: fundamentos e metodologias'. (Eds EM Ramos, LAM Gomide) pp. 531–575. (UFV - Universidade Federal de Viçosa: Viçosa, Minas Gerais, Brazil). (In Portuguese).
- Rockstrom, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, A., Chapin, F.S., Lambin, E.F., Lenton, T.M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H.J., Nykvist, B., Wit, C.A., Hughes, T., van der Leeuw, S., Rodhe, H., Sörlin, S., Snyder, P.K., Costanza, R., Svedin, U., Falkenmark, M., Karlberg, L., Corell, R.W., Fabry, V.J., Hansen, J., Walker, B., Liverman, D., Richardson, K., Crutzen, P., Foley, J.A. 2009. A safe operating space for humanity. *Nature*. 461, 472–475. doi:10.1038/461472a.
- Rodas-González, A., Huerta-Leidenz, N., Jerez-Timaure, N., Miller, M.F. 2009. Establishing tenderness thresholds of Venezuelan beef steaks using consumer and trained sensory panels. *Meat Sci*. 83, 218-223. doi: 10.1016/j.meatsci.2009.04.021.
- Saldanha, T., Mazalli, M.R., Bragagnolo, N. 2004. Avaliação comparativa entre dois métodos para determinação do colesterol em carnes e leite. *Ciênc. Tecnol. Aliment*. 24, 109-113. doi: 10.1590/S0101-20612004000100020.
- Sánchez, M.D. 2001. Panorama dos sistemas agroflorestais pecuários na América Latina. In: *Carvalho, M.M., Alvim, M.J., Carneiro, J.C. (Eds). Sistemas agroflorestais pecuários:*

opções de sustentabilidade para áreas tropicais e subtropicais. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 9-17. (In Portuguese).

Santana, E.A.R. 2017. Composição morfológica e valor alimentício de capim- marandu e comportamento de bovinos nelore em sistemas integrados de produção agropecuária. 98f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu.

Santos-Silva, J., Bessa, R.J.B., Santos-Silva, F. 2002. Effect of genotype, feeding system and slaughter weight on the quality of light lambs. II. Fatty acid composition of meat. *Livest. Prod. Sci.* 77, 187-194. doi: 10.1016/S0301-6226(02)00059-3.

Sapolsky, R.M., Romero, L.M., Munck, A.U. 2000. How do glucocorticoids influence stress responses? Integrating permissive, suppressive, stimulatory, and preparative actions. *Endocr. Rev.* 21, 55-89. doi: 10.1210/edrv.21.1.0389.

SAS Institute. 2010. SAS User's guide: Statistics. Version 9.3. Cary, NC.

Silva, J.A.R.; Araújo, A.A.; Lourenço Júnior, J.B., Santos, N.F.A., Garcia, A.R., Nahúm, B.S. 2011. Conforto térmico de búfalas em sistema silvipastoril na Amazônia Oriental. *Pesq. agropec. bras.*, 46, 1364-1371. doi: 10.1590/S0100-204X2011001000033.

Silva, S.C. 2004. Fundamentos para o manejo do pastejo de plantas forrageiras dos gêneros *Brachiaria* e *Panicum*. In: Simpósio Sobre Manejo Estratégico da Pastagem, 2. Viçosa. Anais. Viçosa: UFV, 347-385. (In Portuguese).

Sousa Bentes, A., Souza, H.A.L., Simões, M.G., Mendonça, X.M.F., 2009. Caracterização física e química e perfil lipídico de três espécies de peixes amazônicos. *RBTA*, 3, 97-108. doi: 10.3895/S1981-36862009000200011.

Spector, AA. Essentialy of fatty acids. *Lipids*, 34, Supplement, 1999.

- Stromer, M.H., Goll, D.E., Roberts, J.H. 1966. Cholesterol in subcutaneous and intramuscular lipid depots from bovine carcasses of different maturity and fatness. *J Anim Sci.* 25, 1145-1152. doi: 10.2527/jas1966.2541145x.
- Turan, H., Sönmez, G., Kaya, Y. 2007. Fatty acid profile and proximate composition of the thornback ray (*Raja clavata*, L. 1758) from the Sinop coast in the Black Sea. *J. Fish Sci.*, 1, 97-103. doi: 10.3153/jfscom.2007012.
- Uauy, R., Mena, P., Valenzuela, A. 1999. Essential fatty acids as determinants of lipids requeriments in infants, children and adults. *Eur. J. Clin. Nutr.* 53, 66-67.
- Unicamp - Universidade Estadual de Campinas 2012. Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas a Agricultura. Clima dos Municípios Paulistas. Andradina. Available at: http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_024.html (accessed March 30, 2017). (In Portuguese).
- van Raij, B., Cantarella, H., Quaggio, J.A., Furlani, A.M.C. 1997. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2.ed. rev. e atual. Campinas: Instituto Agrônômico/Fundação IAC, 285p. (In Portuguese).
- Visentainer, J.V. 2012. Aspectos analíticos da resposta do detector de ionização em chama para ésteres de ácidos graxos em biodiesel e alimentos. *Quím. Nova.* 35, 274-279. doi: 10.1590/S0100-40422012000200008.
- Wirsenius, S., Azar, C., Berndes, G., 2010. How much land is needed for global food production under scenarios of dietary changes and livestock productivity increases in 2030? *Agric. Sys.* 103, 621-638. doi: 10.1016/j.agsy.2010.07.005.
- Wood, J.D., Enser, M. Fisher, A.V., Nute, G.R., Richardson, R.I., Sheard, P.R. 1999. Manipulating meat quality and composition. *Proc. Nutr. Soc.* 58, 363-370. doi: 10.1017/S0029665199000488.

Tabela 1

Precipitação e temperaturas máxima e mínima durante o período experimental e dos últimos 50 anos em Andradina - São Paulo e análise descritiva das condições climáticas e de conforto térmico da área experimental.

Características climáticas ¹	Meses											
	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
2015												
Precipitação (mm)	66,2	141,6	194,0	42,6	36,6	21,3	44,1	11,4	115,0	160,4	203,9	61,2
Temp. média max (°C)	35,4	33,0	32,1	34,2	28,8	27,0	26,6	32,1	32,3	34,2	31,9	32,1
Temp. média min (°C)	21,6	16,6	16,5	11,2	16,5	15,6	15,8	25,3	18,4	19,8	20,8	21,0
2016*												
Precipitação (mm)	372,4	102,2	74,8	61,0	136,4	51,6	5,0	67,0	43,6	89,8	51,6	149,6
Temp. média max (°C)	31,7	33,5	32,2	34,9	28,0	33,5	29,9	31,6	30,0	32,9	32,8	34,4
Temp. média min (°C)	21,5	21,6	20,3	19,9	16,2	2,6	13,4	14,9	15,8	19,1	20,0	20,6
A longo prazo (média de 50 anos)												
Precipitação (mm)	210,5	166,0	129,7	69,7	59,2	31,9	23,2	22,5	57,5	114,5	121,9	175,0
Temp. média max (°C)	31,7	31,9	31,7	30,6	28,8	27,8	28,1	30,8	31,9	32,0	31,9	31,5
Temp. média min (°C)	20,1	20,3	19,7	17,1	14,5	13,3	12,7	14,4	16,5	18,1	18,7	19,7
Características climáticas ²	Tratamentos											
	ILP	ILPF-1L	ILPF-3L	Máx.	Min.							
Velocidade do vento (m/s)	1,09 ± 0,61	0,80 ± 0,54	0,59 ± 0,34	1,90	0,03							
Temp de Bulbo Seco (°C)	33,23 ± 5,43	32,14 ± 5,65	32,12 ± 5,72	39,17	22,94							
Umidade Relativa (%)	45,83 ± 13,85	49,60 ± 17,48	51,37 ± 16,24	80,99	34,27							
Carga Térmica Radiante (W.m ⁻²)	423,69 ± 122,29	530,52 ± 45,96	523,13 ± 96,44	735,37	257,98							
Índice de Temp e Umidade	83,92 ± 5,14	81,33 ± 5,64	81,75 ± 6,00	90,53	71,80							
Índice de Temp de Globo e Umidade	87,22 ± 7,53	86,07 ± 6,48	84,55 ± 14,31	110,22	42,60							

*Período experimental: janeiro a junho de 2016.

¹Unicamp (2013).

²Dados coletados na área experimental.



Figura 1

Distribuição espacial dos sistemas integrados de produção agropecuária em Andradina – São Paulo, Brasil. Google Earth® image.

Tabela 2

Piquetes e tratamentos da área experimental, Andradina – São Paulo, Brasil.

Piquetes	Área (ha)	Sistema de produção
A	1,88	Integração lavoura-pecuária (ILP)
B	1,95	Integração lavoura-pecuária (ILP)
C	1,81	Integração lavoura-pecuária (ILP)
D	2,04	Integração lavoura-pecuária (ILP)
E	2,42	Integração lavoura-pecuária floresta, com árvores em linhas triplas (ILPF-3L)
F	1,85	Integração lavoura-pecuária floresta, com árvores em linhas simples (ILPF-1L)
G	2,21	Integração lavoura-pecuária floresta, com árvores em linhas simples (ILPF-1L)
H	1,97	Integração lavoura-pecuária floresta, com árvores em linhas triplas (ILPF-3L)
I	2,14	Integração lavoura-pecuária floresta, com árvores em linhas simples (ILPF-1L)
J	1,79	Integração lavoura-pecuária floresta, com árvores em linhas triplas (ILPF-3L)
K	1,95	Integração lavoura-pecuária floresta, com árvores em linhas simples (ILPF-1L)
L	1,65	Integração lavoura-pecuária floresta, com árvores em linhas triplas (ILPF-3L)
Total	23,66	

ILPF-1L: árvores de eucalipto plantadas em linhas simples, sendo a distância entre cada faixa de eucalipto de 17 a 21m e a distância entre plantas de 2m, com densidade de 196 árvores/ha; ILPF-3L: árvores de eucalipto plantadas em linhas triplas, sendo a distância entre as faixas de eucalipto de 17 a 21m, a distância entre plantas de 2m e a distância entre linhas de eucaliptos de 3m com densidade de 448 árvores/ha.

Tabela 3

Análise descritiva da produção, composição bromatológica e perfil de ácidos graxos da *Urochloa brizantha*, cv. Marandu durante o período experimental.

Características da pastagem	Tratamentos				
	ILP	ILPF-1L	ILP-3L	Máx.	Mín.
Taxa de Acúmulo (kg de MS/ha, dia)	43,85 ± 12,94	38,97 ± 19,72	38,78 ± 11,57	66,25	14,05
Massa de forragem (kg/ha)	5.400,03 ± 945,28	4.161,01 ± 833,26	4.250,60 ± 958,27	6.443	2.614
% Colmo	27,00 ± 4,36	29,56 ± 4,17	29,26 ± 4,66	35,50	20,50
% Folha verde	16,78 ± 2,80	18,72 ± 3,36	18,18 ± 2,35	21,25	11,50
% Material morto	56,25 ± 6,36	51,78 ± 7,06	52,45 ± 6,50	65,75	43,75

Composição bromatológica	Tratamentos				
	ILP	ILPF-1L	ILPF-3L	Máx.	Mín.
Matéria seca (%)	25,69 ± 0,34	22,91 ± 0,37	22,80 ± 0,36	37,39	17,79
Matéria Mineral (%)	9,25 ± 0,15	9,14 ± 0,15	8,98 ± 0,15	11,23	6,24
Proteína Bruta (%)	10,55 ± 0,26	12,55 ± 0,26	12,44 ± 0,26	16,96	7,83
FDN (%)	68,85 ± 0,42	66,98 ± 0,42	67,46 ± 0,51	74,24	46,46
FDA (%)	33,81 ± 0,25	33,28 ± 0,25	33,43 ± 0,26	36,75	22,46
Hemicelulose (%)	35,04 ± 0,35	33,70 ± 0,35	34,25 ± 0,36	41,05	24,00
Celulose (%)	29,59 ± 0,37	29,17 ± 0,37	28,99 ± 0,57	31,58	19,41
Lignina (%)	4,43 ± 0,13	4,11 ± 0,13	4,34 ± 0,13	5,60	2,50

Perfil de ácidos graxos	Tratamentos				
	ILP	ILPF-1L	ILPF-3L	Máx.	Mín.
C12:0	0,08 ± 0,01	0,06 ± 0,01	0,06 ± 0,01	0,09	0,05
C14:0	0,08 ± 0,01	0,06 ± 0,01	0,06 ± 0,01	0,09	0,05
C14:1 ω 9	0,02 ± 0,01	0,02 ± 0,01	0,01 ± 0,01	0,03	0,01
C14:1 ω 7	0,03 ± 0,01	0,03 ± 0,01	0,02 ± 0,01	0,03	0,02
C15:0	0,02 ± 0,01	0,03 ± 0,01	0,03 ± 0,01	0,03	0,02
C15:1 ω 5	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,01	0,01	0,01
C16:0	2,12 ± 0,09	3,16 ± 0,09	2,77 ± 0,09	3,40	2,04
C16:1 ω 7	0,06 ± 0,01	0,08 ± 0,01	0,08 ± 0,01	0,09	0,06
C17:0	0,03 ± 0,01	0,05 ± 0,01	0,04 ± 0,01	0,05	0,03
C18:0	0,24 ± 0,01	0,27 ± 0,01	0,26 ± 0,01	0,31	0,22
C18:1 ω 9c	0,31 ± 0,01	0,33 ± 0,01	0,31 ± 0,01	0,36	0,28
C18:1 ω 7	0,02 ± 0,01	0,03 ± 0,01	0,03 ± 0,01	0,03	0,02
C18:2 ω 6	0,94 ± 0,03	1,50 ± 0,03	1,30 ± 0,03	1,63	0,88
C18:3 ω 3	1,92 ± 0,08	3,34 ± 0,08	2,92 ± 0,08	3,53	1,75
C20:0	0,04 ± 0,01	0,05 ± 0,01	0,04 ± 0,01	0,05	0,04
C22:0	0,06 ± 0,01	0,06 ± 0,01	0,06 ± 0,01	0,07	0,05
C24:0	0,09 ± 0,01	0,11 ± 0,01	0,10 ± 0,01	0,14	0,08
AGS	2,76 ± 0,11	3,73 ± 0,11	3,42 ± 0,11	3,92	2,64
AGM	0,43 ± 0,16	0,50 ± 0,16	0,47 ± 0,16	0,52	0,36
AGP	2,86 ± 0,11	4,84 ± 0,11	4,22 ± 0,11	5,16	2,64
ω 6	0,94 ± 0,03	1,50 ± 0,03	1,30 ± 0,03	1,63	0,88
ω 3	1,92 ± 0,08	3,34 ± 0,08	2,92 ± 0,08	3,53	1,75
ω 6/ ω 3	0,49 ± 0,01	0,45 ± 0,01	0,44 ± 0,01	0,51	0,43
AGP/AGS	1,04 ± 0,05	1,30 ± 0,05	1,25 ± 0,05	1,46	0,95

C12 = Láurico; C14:0 = Mirístico; C14:1 ω 9 = Fisetéreo; C14:1 ω 7 = Miristoleico; C15:0 = Pentadecílico; C15:1 ω 5 = Pentadecanoico; C16:0 = Palmítico; C16:1 ω 7 = Palmitoleico; C17:0 = Margárico; C18:0 = Esteárico; C18:1 ω 9c = Oleico; C18:1 ω 7 = Vacênico; C18:2 ω 6 = Linolênico; C18:3 ω 3 = α -linolênico; C20:0 = Araquídico; C22:0 = Behênico; C24:0 = Lignocérico; AGS = Ácido graxo saturado; AGM = Ácido graxo monoinsaturado; AGP = Ácido graxo poliinsaturado; ω 6 = ômega 6; ω 3 = ômega 3; ω 6/ ω 3 = razão ômega 6 e ômega 3; AGP/AGS = razão entre ácidos graxos poliinsaturados e saturados.

Tabela 4

Ingredientes e composição nutricional do suplemento ofertado aos animais entre os meses de abril a junho de 2016.

Ingredientes, % de MS	
Milho moído	82,21
Farelo de soja	11,86
Ureia	1,11
Suplemento mineral*	4,91
Composição química ¹ , com base na MS	
MS, %	87,93
EM ² , Mcal/kg	3,10
ENm ² , Mcal/kg	2,11
ENg ² , Mcal/kg	1,44
PB, %	16,90
PM ² , %	15,02
FDN, %	10,21
peFDN ³ , %	3,20
CNF ³ , %	64,97
EE ³ , %	4,11
Ca, %	0,50
P, %	0,27

*Níveis de garantia do produto: Proteína bruta (Mín.) = 210,0000 g/kg; NNP-Equiv. proteína (Máx.) = 150,0000 g/kg; NDT estimado = 280,0000 g/kg; Cálcio (Mín.) = 65,0000 g/kg; Cálcio (Máx.) = 85,0000 g/kg; Fósforo (Mín.) = 30,0000 g/kg; Sódio (Mín.) = 100,0000 g/kg; Magnésio (Mín.) = 10,0000 g/kg; Enxofre (Mín.) = 15,0000 g/kg; Cobalto (Mín.) = 100,0000 mg/kg; Cobre (Mín.) = 800,0000 mg/kg; Iodo (Mín.) = 100,0000 mg/kg; Manganês (Mín.) = 1.500,0000 mg/kg; Selênio (Mín.) = 20,0000 mg/kg; Zinco (Mín.) = 3.200,0000 mg/kg; Ferro (Mín.) = 1.500,0000 mg/kg; Flúor (Máx.) = 300,0000 mg/kg; *Bacillus subtilis* (Mín.) = 4,5000x10⁹ UFC/kg; *Bifidobacterium bifidum* (Mín.) = 1,5000x10⁹ UFC/kg; *Enterococcus faecium* (Mín.) = 1,5000x10⁹ UFC/kg; *Lactobacillus acidophilus* (Mín.) = 1,5000x10⁹ UFC/kg; *Lactobacillus buchneri* (Mín.) = 3,0000x10⁹ UFC/kg; *Lactobacillus casei* (Mín.) = 1,5000x10⁹ UFC/kg; *Lactobacillus lactis* (Mín.) = 1,5000x10⁹ UFC/kg; *Saccharomyces cerevisiae* (Mín.) = 1,0000x10⁹ UFC/kg;

¹MS = matéria seca; EM = energia metabolizável; ENm = energia líquida para manutenção; ENg = energia líquida para ganho; PB = proteína bruta; PM = proteína metabolizável; FDN = fibra em detergente neutro; peNDF = fibra em detergente neutro fisicamente efetivo; CNF = carboidrato não fibroso e EE = extrato etéreo;

²Valores calculados usando o NRC (2001).

Tabela 5

Proteína, extrato etéreo, umidade, cinzas e colesterol do músculo *longissimus thoracis* de bovinos da raça Nelore mantidos em sistema de integração lavoura-pecuária (ILP), integração lavoura-pecuária-floresta com densidade de 196 árvores ha⁻¹ (ILPF-1L) e integração lavoura-pecuária-floresta com densidade 448 árvores ha⁻¹ (ILPF-3L).

Tratamento	Proteína	Extrato etéreo	Umidade	Cinzas	Colesterol
	%	%	%	%	mg 100g de carne ⁻¹
ILP	23,45	2,42	73,09	1,11	48,39
ILPF-1L	23,57	2,30	73,10	1,12	52,47
ILPF-3L	23,42	2,39	73,20	1,10	52,01
Erro padrão	0,093	0,090	0,139	0,006	1,099
<i>P-value</i> [§]	0,991	0,226	0,974	0,440	0,211

[§]Letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo t de Student ($P < 0,05$).

Tabela 6

Perfil de ácidos graxos do músculo *longissimus thoracis* de bovinos da raça Nelore mantidos em sistema de integração lavoura-pecuária (ILP), integração lavoura-pecuária-floresta com densidade de 196 árvores ha⁻¹ (ILPF-1L) e integração lavoura-pecuária-floresta com densidade 448 árvores ha⁻¹ (ILPF-3L).

	Tratamento			Erro Padrão	P-value [§]
	ILP	ILPF-1L	ILPF-3L		
	mg de ácido graxo g de lipídeos totais ⁻¹				
C12:0	0,05	0,05	0,06	0,004	0,498
C14:0	2,04	1,95	2,04	0,187	0,976
C14:1 ω 9	0,58	0,51	0,56	0,058	0,888
C14:1 ω 7	0,33	0,32	0,45	0,035	0,299
C15:0	0,44	0,45	0,61	0,046	0,226
C15:1 ω 5	0,23	0,23	0,28	0,023	0,543
C16:0	17,77	16,23	16,88	1,476	0,929
C16:1 ω 9	0,18	0,17	0,19	0,015	0,898
C16:1 ω 7	0,88	0,89	0,98	0,085	0,879
C16:1 ω 5	0,41	0,40	0,41	0,036	0,987
C17:0	1,03	1,06	1,21	0,098	0,728
C17:1 ω 9	0,15 a	0,15 a	0,12 b	0,008	0,055
C18:0	16,65	16,57	19,84	1,439	0,546
C18:1trans11	1,33	1,28	1,79	0,135	0,218
C18:1 ω 9c	20,87	19,25	18,17	1,777	0,855
C18:1 ω 7	0,26	0,30	0,27	0,025	0,765
C18:2 ω 6	0,92	0,97	0,80	0,039	0,429
C18:3 ω 6	0,09	0,09	0,09	0,009	0,962
C18:3 ω 3	0,27	0,27	0,24	0,010	0,359
C20:2 ω 6	0,07	0,06	0,05	0,003	0,306
C20:3 ω 6	0,07	0,06	0,05	0,003	0,217
C20:4 ω 6	0,19 a	0,19 a	0,16 b	0,007	0,063
C20:5 ω 3-EPA	0,05	0,06	0,04	0,003	0,171
C22:5 ω 3-DPA	0,14	0,14	0,11	0,006	0,172
C22:6 ω 3-DHA	0,02	0,02	0,01	0,001	0,117
C23:0	5,06	5,10	5,08	0,011	0,603
AGS	37,99	36,30	40,65	3,139	0,856
AGM	25,78	23,97	23,23	2,198	0,909
AGP	2,21	2,26	1,96	0,085	0,498
ω 6	1,36	1,42	1,16	0,056	0,348
ω 3	0,49	0,48	0,40	0,018	0,223
CLA	0,36	0,36	0,39	0,037	0,918

C12 = Láurico; C14:0 = Mirístico; C14:1 ω 9 = Fisetéreo; C14:1 ω 7 = Miristoleico; C15:0 = Pentadecílico; C15:1 ω 5 = Pentadecanoico; C16:0 = Palmítico; C16:1 ω 9 = Palmitoleico; C16:1 ω 7 = Palmitoleico; C16:1 ω 5 = Palmitoleico; C17:0 = Margárico; C17:1 ω 9 = *cis*-10-heptadecenóico; C18:0 = Esteárico; C18:1trans11 = Transvacênico; C18:1 ω 9c = Oleico; C18:1 ω 7 = Vacênico; C18:2 ω 6 = Linolênico; C18:3 ω 6 = γ -linolênico; C18:3 ω 3 = α -linolênico; C20:2 ω 6 = Eicosadienóico; C20:3 ω 6 = γ -linolênico; C20:4 ω 6 = Araquidônico; C20:5 ω 3-EPA = Eicosapentaenóico; C22:5 ω 3-DPA = Decosapentaenóico; C22:6 ω 3-DHA = Decosahexanóico; C23:0 = Tricosanóico; AGS = Ácido graxo saturado; AGM = Ácido graxo monoinsaturado; AGP = Ácido graxo poliinsaturado; ω 6 = ômega 6; ω 3 = ômega 3; CLA = Ácido linoleico conjugado.

[§]Letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo t de Student ($P < 0,05$).

Tabela 7

Razão entre ácidos graxos monoinsaturados e saturados (AGM/AGS), poliinsaturados e saturados (AGP/AGS), ômega 6 e ômega ($\omega 6/\omega 3$) hipocolesterolêmicos e hipercolesterolêmicos (HH) e índice de aterogenicidade (IA) e trombogenicidade (IT) dos lipídios do músculo *longissimus thoracis* de bovinos da raça Nelore mantidos em sistema de integração lavoura-pecuária (ILP), integração lavoura-pecuária-floresta com densidade de 196 árvores ha⁻¹ (ILPF-1L) e integração lavoura-pecuária-floresta com densidade 448 árvores ha⁻¹ (ILPF-3L).

Tratamento	AGM/AGS	AGP/AGS	$\omega 6/\omega 3$	HH	IA	IT
			<u>mg de ácido graxo g de lipídeos totais⁻¹</u>			
ILP	0,70 a	0,06	2,96:1	1,17	0,92	2,33 a
ILPF-1L	0,67 a	0,05	2,98:1	1,22	0,89	2,32 a
ILPF-3L	0,57 b	0,05	2,86:1	1,02	1,04	2,84 b
Erro padrão	0,021	0,002	0,105	0,037	0,028	0,085
<i>P-value</i> [§]	0,031	0,531	0,915	0,175	0,231	0,088

[§]Letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo t de Student ($P < 0,05$).

Tabela 8

Potencial hidrogeniônico (pH), perdas de peso por cocção (PPC), força de cisalhamento (FC), colágeno, luminosidade (L^*), intensidade de vermelho (a^*), intensidade de amarelo (b^*), ângulo de tonalidade (H^*) e oximioglobina/metamioglobina (O/M) do *longissimus thoracis* de bovinos da raça Nelore mantidos em sistema de integração lavoura-pecuária (ILP), integração lavoura-pecuária-floresta com densidade de 196 árvores ha⁻¹ (ILPF-1L) e integração lavoura-pecuária-floresta com densidade 448 árvores ha⁻¹ (ILPF-3L).

Tratamento	pH	PPC	FC	Colágeno	L^*	a^*	b^*	H^*	O/M
		<u>%</u>	<u>N</u>	<u>%</u>					
ILP	5,52	24,01	61,09	1,30	38,34	14,92	2,48	9,48	6,57
ILPF-1L	5,53	25,50	65,41	1,35	38,84	14,93	2,66	9,68	6,03
ILPF-3L	5,51	24,90	64,42	1,35	39,08	15,50	2,72	9,82	6,14
Erro padrão	0,008	0,429	0,166	0,014	0,176	0,142	0,091	0,318	0,209
<i>P-value</i> [§]	0,625	0,373	0,548	0,442	0,290	0,153	0,579	0,806	0,545

[§]Letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo t de Student ($P < 0,05$).

Tabela 9

Contagem total de bactérias (CTB), psicrotróficas (PSI) e enterobactérias (ENT) do músculo *longissimus thoracis* de bovinos da raça Nelore mantidos em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta com densidade de 196 árvores ha⁻¹ (ILPF-1L) e integração lavoura-pecuária-floresta com densidade 448 árvores ha⁻¹ (ILPF-3L).

Tratamento	CTB	PSI UFC log g ⁻¹	ENT
ILP	0,66	0,86	0,54
ILPF-1L	0,81	0,98	0,70
ILPF-3L	0,79	0,88	0,61
Erro padrão	0,052	0,048	0,056
<i>P-value</i> [§]	0,486	0,467	0,429

[§]Letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo t de Student ($P < 0,05$).

CAPÍTULO 4

Implicações

Atualmente, a população tem-se preocupado e se conscientizado cada vez mais com os aspectos ambientais ao redor do mundo, assim, o aumento necessário pela produtividade agropecuária consolidada a urgente necessidade pela sustentabilidade, viabiliza a utilização dos sistemas integrados de produção agropecuária (SIPAs). E, com a recente introdução do componente arbóreo na atividade pastoril, é uma questão de tempo para se obter uma complementação de benefícios sociais, econômicos e ambientais.

Embora existam exemplos de sua utilização no país, a diversidade de condições regionais indica a necessidade de estudos regionalizados sobre a viabilidade da combinação dos componentes do sistema. Neste sentido, essa pesquisa é um grande passo para a implantação do sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) na região do Extremo Oeste Paulista, envolvendo metodologias e resultados interdisciplinares. No entanto, a escolha por uma raça animal menos tolerante ao calor poderia determinar efeitos mais efetivos nos resultados de qualidade da carcaça e carne.

Animais zebuínos são comprovadamente mais adaptados às condições climáticas do nosso país. Assim, a escolha por esses animais deixa uma lacuna para as possibilidades das vantagens dos sistemas de ILPF em animais, no mínimo, cruzados (½ taurino). Por outro lado, esse fato não impede a recomendação pela utilização do sombreamento para bovinos Nelore, uma vez que esse sistema permite melhores condições de qualidade de vida a estes animais, sobretudo, em se tratando das condições climáticas irregulares da região onde se implantou o experimento, diferindo da média histórica em determinados períodos.

Outro obstáculo, é a falta de incentivo financeiro à pesquisa científica e tecnológica para esses sistemas de integração, com a finalidade de garantir que a agropecuária brasileira ganhe destaque no cenário internacional nas próximas décadas, sobretudo, pela produção de produtos que preconizam a sustentabilidade.

De modo geral, existem ainda muitos aspectos a serem superados de ordem de informação e conhecimentos rotineiros, sendo esse, o fator que mais limita a ampliação desses sistemas, impedindo assim, que a agropecuária se modernize e traga benefícios ao produtor rural, não apenas pelo aspecto econômico, mas também pelo ponto de vista humano, porque não existe nada mais gratificante em se trabalhar com ILPF do que ver um animal à sombra de uma árvore.