

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIÁS
CAMPUS SÃO LUÍS DE MONTES BELOS, GO
PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO RURAL SUSTENTÁVEL
MESTRADO PROFISSIONAL

ALEXANDRA ALMEIDA GLÉRIA

**DESEMPENHO ZOOTÉCNICO E QUALIDADE DE CARNE DE NOVILHAS
NELORE E F1 NELORE X ANGUS RECRIADAS EM DIFERENTES
SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA CONSORCIADOS
COM GUANDU**

São Luís de Montes Belos, GO
2017

ALEXANDRA ALMEIDA GLÉRIA

**DESEMPENHO ZOOTÉCNICO E QUALIDADE DE CARNE DE NOVILHAS
NELORE E F1 NELORE X ANGUS RECRIADAS EM DIFERENTES
SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA CONSORCIADOS
COM GUANDU**

Dissertação apresentada à
Universidade Estadual de Goiás
Campus São Luís de Montes Belos
para obtenção do título de Mestre
em Desenvolvimento Rural
Sustentável.

Linha de pesquisa: Produção Animal

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Medeiros da Silva

Co-orientador: Me. Tiago do Prado Paim

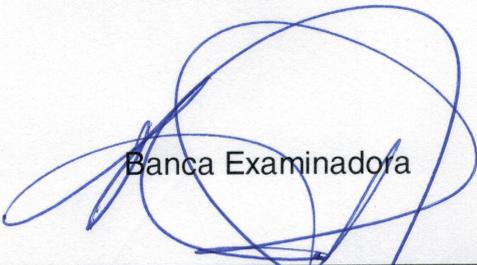
São Luís de Montes Belos, GO
2017

ALEXANDRA ALMEIDA GLÉRIA

**DESEMPENHO ZOOTÉCNICO E QUALIDADE DE CARNE DE NOVILHAS
NELORE E NELORES X ANGUS RECRIADAS EM DIFERENTES SISTEMAS DE
INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA CONSORCIADOS COM GUANDU**

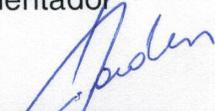
Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Goiás, Campus São Luís de Montes Belos para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento Rural Sustentável.

Aprovado em:

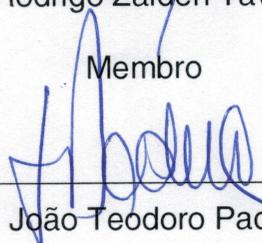

Banca Examinadora

Prof. Dr. Rodrigo Medeiros da Silva – UEG

Orientador


Prof. Dr. Rodrigo Zaiden Taveira – UEG

Membro


Prof. Dr. João Teodoro Padua – UFG

Membro

Dedicatória, À Deus por tudo e aos meus familiares e amigos pelo apoio incondicional.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por permitir a oportunidade deste momento.

Aos meus pais, Maria de Fátima Gléria e Ademir Gléria, pelo amor e incentivo em todos os momentos de minha vida.

Ao Professor Dr. Rodrigo Medeiros da Silva, pela orientação, motivação e contribuições significativas na construção desta dissertação.

Ao Tiago Paim pela coorientação e amizade, além da sua dedicação, competência e motivação. Seu apoio e paciência foram fundamentais durante as etapas da realização do mestrado.

Ao meu noivo Lucas Jorge dos Santos pelo carinho, incentivo e paciência durante a realização desta.

Aos amigos de trabalho, Estenio, Guido e Flavio pelo incentivo e apoio sempre dispensados durante o período do mestrado.

Aos colegas Diego, Lucas Ferreira, Rodrigo, Janayna, Joyce e Raiany pela participação e colaboração para a realização desta.

A Universidade Estadual de Goiás (UEG) pela oportunidade de realização do mestrado.

Ao Instituto Federal Goiano – Campus Iporá, pela oportunidade de realização do mestrado e pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Conselho Nacional de desenvolvimento científico e tecnológico - Cnpq pelo apoio financeiro e interesse por este estudo.

Enfim, a todos que contribuíram direta ou indiretamente para a concretização desta etapa da vida.

Obrigada!

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1- CONSIDERAÇÕES GERAIS

Tabela I. Produção animal (kg de peso vivo.ha⁻¹) em sistemas tradicionais de pastejo contínuo, sistemas de Integração lavoura-pecuária e pastagem degradada na região dos Cerrados, Campo Grande, MS. (Animal production (kg of Live Weight.ha⁻¹) in traditional continuous grazing system, crop-livestock system and degraded pasture in Cerrados, Campo Grande, MS).....21

Tabela II. Grupos raciais, raças, peso de abate e características de importância econômica de bovinos. (Genetic groups, breeds, weight at slaughter and cattle traits of economic importance).....27

CAPÍTULO 2 - Desempenho zootécnico de novilhas Nelore e F1 Nelore x Angus em diferentes sistemas de Integração Lavoura-Pecuária consorciado com guandu

Tabela 1. Análise bromatológica dos seis sistemas de produção de forragem diferentes (M+B+G - milho grão consorciado com guandu e *Urochloa brizantha* cv. Paiaguás (braquiária); M+B - milho grão consorciado com braquiária; B+G - braquiária consorciada com guandu; C+SS+G - pastagem pré-existente adubada com fósforo consorciada com guandu; C+SS - pastagem de braquiária pré-existente com adubação de fósforo; C – pastagem pré-existente) durante o período seco57

Tabela 2. Análise bromatológica da forragem, dentro (G) e fora (F) das gaiolas, dos três tratamentos de baixo investimento (C+SS+G - pastagem pré-existente adubada com fósforo consorciada com guandu; C+SS - pastagem de braquiária pré-existente com adubação de fósforo; C – pastagem pré-existente) nos períodos seco e chuvoso.58

Tabela 3. Teor de lignina (g kg⁻¹) na forragem, dentro (G) e fora (F) das gaiolas, de seis sistemas de produção de forragem diferentes (M+B+G - milho grão consorciado com guandu e *Urochloa brizantha* cv. Paiaguás (braquiária); M+B - milho grão consorciado com braquiária; B+G - braquiária consorciada com guandu; C+SS+G - pastagem pré-existente adubada com fósforo consorciada com guandu; C+SS - pastagem de braquiária pré-existente com adubação de fósforo; C – pastagem pré-existente) durante o período seco.59

Tabela 4. Ganho em peso de fêmeas Nelore (N) e Nelore x Angus (F1) submetidas a dois grupos de sistemas de produção de forragem diferentes no período das águas (alto – uso de ILP e consórcio com guandu; e baixo – sistemas pecuários exclusivos com uso de consórcio com guandu).....60

Tabela 5. Resultados das estimativas entre ganho de peso no período das secas e águas e rendimento de carcaça de peso de fêmeas Nelore (N) e Nelore x Angus (F1)

submetidas a seis sistemas de produção de forragem (M+B+G - milho grão consorciado com guandu e *Urochloa brizantha* cv. Paiaguás (braquiária); M+B - milho grão consorciado com braquiária; B+G - braquiária consorciada com guandu; C+SS+G - pastagem pré-existente adubada com fósforo consorciada com guandu; C+SS - pastagem de braquiária pré-existente com adubação de fósforo; C - pastagem pré-existente).....61

Tabela 6. Resultados de ganho de peso de fêmeas Nelore (N) e Nelore x Angus (F1) submetidas a seis sistemas de produção de forragem diferentes (M+B+G - milho grão consorciado com guandu e *Urochloa brizantha* cv. Paiaguás (braquiária); M+B - milho grão consorciado com braquiária; B+G - braquiária consorciada com guandu; C+SS+G - pastagem pré-existente adubada com fósforo consorciada com guandu; C+SS - pastagem de braquiária pré-existente com adubação de fósforo; C - pastagem pré-existente) no período da seca.62

Tabela 7. Resultados de ganho de peso de fêmeas Nelore (N) e Nelore x Angus (F1) submetidas a três sistemas de produção de forragem diferentes no período das águas (C+SS+G - pastagem pré-existente adubada com fósforo e consorciada com guandu; C+SS - pastagem pré-existente adubada com 54 kg de P₂O₅.ha⁻¹; C - pastagem pré-existente).....63

CAPÍTULO 3 - Meat quality produced in different integrated crop-livestock systems using Nelore and Nelore × Angus heifers

Table 1. Initial BW (IBW), weight gain during the dry season (WGDS), and BW at the end of the dry season (BWDS) of F1 Nelore × Angus and Nelore heifers raised in different FPS during the 2015 dry season77

Table 2. Daily weight gain in the rainy season (WGRS) and during the feedlot period (last 30 days of the experiment) of Nelore and F1 Nelore × Angus heifers raised in different FPS (high input; HI and low input; LI)78

Table 3. Carcass traits of Nelore and F1 Nelore × Angus heifers raised in different forage production systems (high input; HI and low input; LI)78

Table 4. Carcass traits and meat quality of Nelore and F1 Nelore × Angus heifers raised in different FPS (high input; HI and low input; LI)79

Table 5. Meat assessments for texture (T), luminosity (L), red (a) and yellow (b) color intensity, shear force and weight loss by cooking (WLC) of F1 Nelore × Angus and Nelore heifers raised in different FPS during the 2015 dry season.....81

Table 6. Pearson correlation coefficients among carcass traits and meat quality characteristics of F1 Nelore x Angus and Nelore heifers reised in different FPS (high input; HI and low input; LI)82

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 2- Desempenho zootécnico de novilhas Nelore e F1 Nelore x Angus em diferentes sistemas de integração lavoura-pecuária consorciado com guandu

Figura 1. Layout do experimento durante os períodos seco e chuvoso64

Figura 2. Resultados das pesagens de fêmeas Nelore (N) e Nelore x Angus (F1) de acordo com os dias de experimento submetidas a dois grupos de sistemas de produção de forragem diferentes no período das águas (alto – uso de ILP e consórcio com guandu; e baixo – sistemas pecuários exclusivos com uso de consórcio com guandu). ^{a,b,c,d}: letras diferentes na mesma coluna significam diferença estatística no teste de Tukey ($p < 0,05$).65

Figura 3. Resultados das pesagens de fêmeas Nelore (N) e Nelore x Angus (F1) submetidas a seis sistemas de produção de forragem diferentes de acordo com os dias de experimento durante o período seco.66

Figura 4. Resultados das pesagens de fêmeas Nelore (N) e Nelore x Angus (F1) submetidas a três sistemas de produção de forragem durante o período seco (M+B+G: milho grão consorciado com guandu e *Urochloa brizantha* cv. Paiaguás (braquiária); M+B: milho grão consorciado com braquiária; B+G: braquiária consorciada com guandu).67

Figura 5. Resultados de ganho de peso diário de fêmeas Nelore (N) e Nelore x Angus (F1) submetidas a seis sistemas de produção de forragem diferentes de acordo com os dias de experimento durante o período seco.68

CAPÍTULO 3- Meat quality produced in different integrated crop-livestock systems using Nellore and Nellore × Angus heifers

Figure 1. Layout of the experiment during the dry and rainy seasons72

Figure 2. Factor analyses with all the variables of carcass traits and meat quality evaluated. Values in parentheses indicate the proportion of the variance explained by each factor.....80

RESUMO

Estratégias como a Integração lavoura-pecuária (ILP) tem sido adotadas nos sistemas de produção buscando potencializar a capacidade produtiva da atividade pecuária nas áreas atualmente exploradas, maximizando a eficiência de uso da terra. O sucesso dessa solução tecnológica no âmbito pecuário depende de vários fatores, dentre eles está o uso de recursos genéticos adequados, além do manejo e planejamento nutricional nos diferentes períodos do ano. Neste sentido, é importante avaliar a qualidade do produto final mesmo que esse não esteja vinculado diretamente a rentabilidade, pois com a maior concorrência e o aumento da exigência do mercado, este fator pode ser decisivo para a comercialização do produto. Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho produtivo e as características de carcaça e de carne de novilhas Nelore e Nelore x Angus (F1) recriadas em dois sistemas de produção de forragem sendo: Integração Lavoura-Pecuária, denominado alto investimento, e sistema pecuário exclusivo, denominado de baixo investimento. Dentro de cada sistema foram avaliados três tratamentos diferentes, envolvendo o consórcio com Guandu (*Cajanus cajan*) em ambos sistemas e o consórcio com milho (*Zea mays*) no sistema de ILP. Os animais F1 (Nelore x Angus) foram superiores aos animais Nelore para peso de carcaça, rendimento e ganhos de peso. Os animais F1 apresentaram superioridade quanto às características de carcaça e qualidade da carne em relação ao Nelore. Os tratamentos de alto investimento resultaram em maiores pesos de carcaça, ganho total e ganho a pasto. Os sistemas integrados proporcionaram maior produtividade e qualidade de carne. Dentro dos tratamentos do sistema de baixo investimento, o consórcio com Guandu apresentou maior produtividade por área. Conclui-se que o Guandu é uma boa opção de leguminosa forrageira para os sistemas de produção pecuária tendo resultados positivos em ambos os sistemas de produção de forragem. Os animais F1 são um importante recurso genético para o aumento da produtividade do sistema.

Palavras chave: Pecuária. Carcaça. Produtividade. Leguminosa. Recurso genético.

SUMMARY

Strategies as crop livestock integration (CLI) has been adopted in production systems aiming to enhance the productivity capacity of livestock in the previous explored areas, maximizing the land use efficiency. The success of this technological solution on livestock depends on many factors, as use of adequate genetic resource, management and nutritional planning according to the seasons of the year. Therefore, it is important to evaluate the quality of final product even it is not direct related to economic yield, because this can be a decisive factor to commercialization in a more competitive and demanding market. So, this work aimed to evaluate the production performance and meat and carcass traits of Nellore and Nellore x Angus (F1) heifers reared in two forage production systems (one with crop livestock integration, named as high input, and other as sole livestock system, named as low input). Inside each system, three different treatments were evaluated, involving intercropping with Pigeon pea (*Cajanus cajan*) in both systems, and intercropping with corn (*Zea mays*) in CLI system. The F1 animals had higher carcass weight, yield and body weight gain than Nellore animals. F1 animals showed better carcass and meat quality traits compared to Nellore. The high input systems showed higher carcass weights and body weight gains. The integrated systems proportionated higher yield and meat quality. Inside both forage production systems, the intercropping with pigeon pea proportionated higher yield per area. In conclusion, the pigeon pea is an interesting leguminous forage option to livestock production systems, showing positive results in both forage production systems. The F1 animals are an important genetic resource for enhancing the system productivity.

Keywords: Livestock. Carcass. Yield. Leguminous. Genetic resource.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	3
LISTA DE FIGURAS	5
CAPÍTULO 1- CONSIDERAÇÕES GERAIS	9
Resumo	9
Introdução	10
Sistemas integrados de produção no Brasil	11
A bovinocultura de corte em sistemas integrados	16
Forragens para sistemas integrados de gado de corte	20
Utilização de feijão guandu em sistemas integrados.....	22
Adequação do recurso genético para o sistema integrado de produção.....	23
Características da carcaça e qualidade da carne.....	28
Considerações Finais	30
Bibliografia.....	31
CAPÍTULO 2- ARTIGO 1	40
RESUMO.....	40
INTRODUÇÃO	40
MATERIAL E MÉTODOS	42
RESULTADOS.....	47
DISCUSSÃO	48
CONCLUSÃO.....	51
BIBLIOGRAFIA	51
CAPÍTULO 3- ARTIGO 2.....	66
ABSTRACT	66
1. Introduction.....	67
2. Materials and methods	68
3. Results	73
4. Discussion	80
5. Conclusions.....	83
6. Acknowledgments	84
7. References.....	84

CAPÍTULO 1- CONSIDERAÇÕES GERAIS¹

Produção de bovinos de corte em sistemas de Integração lavoura-pecuária

Beef cattle production in crop-livestock systems

Resumo

Atualmente, é essencial o aumento da capacidade produtiva da pecuária nas áreas previamente exploradas visando a sustentabilidade econômica da atividade. Estratégias como a Integração lavoura-pecuária (ILP) tem sido desenvolvidas visando maximizar o uso da terra e a produtividade das áreas. O sucesso dessa solução tecnológica depende de vários fatores envolvidos na produção animal e vegetal. Dentro da produção animal, os principais fatores são o uso dos recursos genéticos adequados, além do manejo e planejamento nutricional. Com o aumento na demanda de produtos cárneos para atender consumidores cada vez mais exigentes, a cadeia produtiva está mais atenta em oferecer produtos com qualidade assegurada com sistema de produção sustentável, tendo em vista melhorar a credibilidade e conseqüentemente, aumentar a comercialização desses produtos. Objetivou-se revisar as informações dispostas na literatura envolvendo a pesquisa em sistemas de Integração lavoura-pecuária, buscando enfoque especial sobre o componente animal dentro desses sistemas produtivos. Dentro do componente animal, o objetivo foi revisar estudos envolvendo bovinos, englobando aspectos nutricionais e de recursos genéticos empregados. Foi feito o levantamento bibliográfico em portais de revistas científicas e entidades públicas e privadas com dados relevantes para o assunto abordado.

Palabras chave: Produtividade. Qualidade de forragem. Sustentabilidade. Pecuária. Sistemas de produção.

¹ Informações parciais publicada em: GLÉRIA, A. A.; SILVA, R. M.; SANTOS, A. P. P.; SANTOS, K. J. G.; PAIM, T. G. Produção de bovinos de corte em sistemas de Integração lavoura-pecuária. **Archivos de Zootecnia**, v. 66, n. 253, p. 141-150, 2017.

Summary

Actually, the increase in livestock productive capacity in previous explored areas is essential looking for economical sustainability. Strategies as crop-livestock system has been engineered aim at optimize the land use and yield. The success of this technological solution depends on several factors concerned in animal and vegetal production. In animal production, the main factors are the suitable genetic resource, handling, and nutritional plan. With the increase in meat products demand to attend customers more exigent, the production chain is vigilant to offer ascertained quality products with sustainable production, in order to increase the reliability and, consequently, increase the trading of this products. This paper aims to review the literature involving the research in crop-livestock system, searching for specific focus on animal component inside these productive systems. In animal factor, the objective was to review studies involving cattle, encompassing nutritional aspects and genetic resources used. It was conducted bibliographic review in scientific journals and public and private entities with relevant data to the subject.

Keywords: Yield. Forage quality. Sustainability. Livestock. Production systems.

Introdução

A preocupação com os recursos produtivos, com o ambiente e com os custos de produção, tem levado a pesquisa e os produtores a buscar a adoção de técnicas de cultivo mais econômicas e sustentáveis (Nascimento e Carvalho, 2011). Cada vez mais tem ocorrido a substituição dos sistemas pecuários pela agricultura devido à baixa rentabilidade proporcionada pela pecuária extensiva amplamente praticada. Sendo assim, torna-se necessária a busca de novas tecnologias que garantam o desenvolvimento de sistemas pecuários intensivos que proporcionem rentabilidade por área próxima à obtida com as culturas anuais.

Devido a décadas de exploração extensiva, grande parte das áreas de pecuária estão atualmente em algum estágio de degradação. Para potencializar a capacidade produtiva dessas áreas e manter a rentabilidade da atividade, é fundamental o uso de estratégias como a Integração do cultivo de grãos à pecuária

e a suplementação de animais em pastejo (Alonso et al., 2014). Assim, uma alternativa tecnológica capaz de promover a recuperação da produtividade de áreas degradadas e melhor uso da terra, é o sistema de Integração lavoura-pecuária (ILP) (Wadt, 2003).

A ILP, ou sistema agropastoril, consiste na associação de cultivos agrícolas e produção animal e tem sido adotada em diferentes partes do mundo, com os mais diferentes propósitos (Kunrath et al., 2015). Esta tecnologia já vem sendo utilizada há muitas décadas e, nos últimos anos, vem ganhando cada vez mais adeptos devido ao insucesso dos modelos de produção pecuário e agrícola. A pecuária com bovinos, por exemplo, tem enfrentado dificuldades para maximizar a utilização da terra e tem sido apontada como responsável por grandes impactos ambientais, principalmente em relação ao aquecimento global. Por outro lado, os sistemas agrícolas baseados na monocultura apresentam alto risco financeiro e alta incidência de pragas e doenças, o que pode se agravar em um contexto de mudanças climáticas (Machado e Ceccon, 2010).

O sucesso da ILP como solução tecnológica depende de encontrar o equilíbrio na combinação dos diversos fatores produtivos, observando os aspectos fitotécnicos, zootécnicos e fitopatológicos. No aspecto zootécnico os pontos chave para o sucesso da produção animal são a identificação da genética e do manejo nutricional mais adequado ao nível de tecnologia a ser adotado. Assim, o planejamento nutricional deve levar em consideração as diferenças de condições do ambiente ao longo do ano. E, por se tratar de sistema mais intensivo de produção, o uso do recurso genético adequado tem grande impacto na rentabilidade do sistema.

Este trabalho foi realizado com o objetivo de revisar as informações dispostas na literatura envolvendo a pesquisa em sistemas de integração lavoura-pecuária, buscando enfoque especial sobre o componente animal dentro desses sistemas produtivos. Dentro do componente animal, o objetivo foi revisar estudos envolvendo bovinos, englobando aspectos nutricionais e de recursos genéticos empregados.

Sistemas integrados de produção no Brasil

A preocupação com exploração racional, ambientalmente correta, sustentabilidade da produção e mecanismos de desenvolvimento limpo, são temas cada vez mais defendidos na atualidade, para o desenvolvimento da agropecuária do país. Com a ampliação da abertura do mercado internacional à commodities, os

produtores do Brasil vêm buscando tecnificar seu sistema de produção, visando atender as exigências ambientais e ao mesmo tempo aumentar as fontes de renda (Macedo, 2009).

Estima-se que a agropecuária brasileira contribui com cerca de 22% da emissão de gases causadores do efeito estufa (GEE) no Brasil. Se incluir as emissões provenientes do fator “mudança no uso da terra e florestas”, aumentaria esse índice para 80%, levando o Brasil ao posto de quinto maior emissor de GEE do mundo (Almeida e Medeiros, 2015). De acordo com estudos realizados por Pedreira et al (2004), a emissão de metano pelos bovinos depende da quantidade de alimento ingerido e da qualidade da dieta. Dietas com maior digestibilidade proporcionam maior consumo com redução na emissão de metano por unidade de alimento ingerido do que dietas de baixa qualidade. Esta realidade acarreta na busca de melhorias dos processos de produção com o desenvolvimento de mecanismos de mitigação da emissão desses gases.

Estes fatores juntamente com os problemas advindos das mudanças climáticas, vêm modificando o cenário agrícola brasileiro, onde o produtor busca intensificar o uso da terra com estabilidade de produção e sustentabilidade, buscando a adoção de sistemas integrados de produção (Assmann et al., 2004). As pastagens nestes tipos de sistema, apresentam maior disponibilidade de matéria seca e maior valor nutricional de forragem consumida. A diferença é a maior disponibilidade de forragem devido a melhor fertilidade do solo, resultado da ação residual de adubação das culturas vegetais. Essa maior disponibilidade possibilita maior seleção pelos animais das partes mais nutritivas das plantas o que explica a melhora na qualidade do alimento ingerido (Almeida e Medeiros, 2015).

A ILP é uma estratégia de produção com potencial de sustentabilidade, que integra atividades agrícolas e pecuárias com a implantação de diferentes sistemas produtivos de grãos, fibras, carne, leite, agroenergia e outros. Essa Integração é realizada na mesma área, em cultivo consorciado, sequencial ou rotacionado sendo que o uso da terra é cíclico, no tempo e no espaço, entre as atividades de lavoura e pecuária (Macedo, 2009).Esses sistemas têm contribuído para a alimentação de dois terços da população mundial, sendo responsáveis por aproximadamente 50% da produção de alimentos (41% de milho, 86% de arroz, 66% de sorgo), 75% do leite e 60% da carne (Herrero et al., 2010). De acordo com Bell e Moore (2012), essas atividades são uma das formas mais importantes de utilização da terra,

estando presente em 25 milhões de km² no mundo.

De acordo com Vilela et al. (2001) as vantagens da ILP são: 1- recuperação mais eficiente da fertilidade do solo, com a fixação biológica do nitrogênio pelas leguminosas onde ocorre a incorporação do nitrogênio, fósforo e enxofre na matéria orgânica ativa do solo o que leva ao aumento da atividade biológica, principalmente no subsolo, devido a penetração profunda das raízes de espécies perenes e tolerantes à acidez; 2 - Aumento da eficiência de ciclagem de nutrientes com o aproveitamento do adubo residual deixado pelas culturas anuais; 3 - Melhora das condições físicas, químicas e biológicas do solo pela facilidade da aplicação de práticas de conservação do solo; 4 - Controle de plantas daninhas, principalmente, as anuais e quebra o ciclo de pragas e microrganismos patogênicos.

Carvalho et al. (2005) ressaltam que a ILP também promove a racionalização e melhor aproveitamento de pessoal e estrutura. As atividades agrícolas podem ser melhoradas pela inclusão de sistemas pecuários, e vice e versa. Essa Integração de atividades promove o aumento da rentabilidade da reserva de valor do sistema e a produção das culturas anuais se tornam mais estáveis ao longo do tempo.

Apesar dos potenciais benefícios desse modelo de produção, a sua adesão ainda é relativamente pequena no Brasil, cerca de 1,5 milhão de hectares (Balbino et al., 2011). Para o produtor, migrar de sistemas especializados para sistemas mistos de produção, mais complexos, demanda maior capacidade gerencial, equipes especializadas e mais investimentos em infraestrutura (Vilela et al., 2011).

Na região central do país, a ILP tem sido apresentada como alternativa para recuperação de pastagens degradadas e também como recuperadora dos estoques de carbono das áreas agrícolas por proporcionar o aumento da biomassa produzida por área. Isso contradiz a visão de que as atividades pecuárias e agrícolas são responsáveis por degradação do meio ambiente e pela emissão de gases causadores do efeito estufa (Carvalho et al., 2011).

Os sistemas de ILP devem ser estruturados de acordo com as condições e os objetivos da fazenda e do produtor, pois as diferenças nos resultados podem ser atribuídas às particularidades de cada região e da propriedade, como condições de clima e de solo, infraestrutura, experiência do produtor e tecnologia disponível (Vilela et al., 2011).

Segundo Balbino et al. (2011), três modalidades de Integração se destacam no Brasil Central: a) Empresas especializadas em pecuária - culturas de grãos (arroz,

soja, milho e sorgo) são introduzidas em áreas de pastagens degradadas para recuperar a produtividade das forrageiras; b) Empresas especializadas na produção de grãos - utilizam gramíneas forrageiras na entressafra como cobertura de solo, em sistema plantio direto, destinada a alimentação de bovinos como forragem; e c) Empresas que, sistematicamente, adotam a rotação de pasto e lavoura para intensificar o uso da terra e se beneficiar do sinergismo entre as duas atividades.

Ainda que os sistemas de ILP apresentem inúmeras vantagens quando comparados a sistemas intensivos de produção, seu sucesso depende do grau de conhecimento sobre o sistema como um todo. O produtor deve estar atento à interação solo-planta-animal para a obtenção de elevado rendimento, seja no componente animal como no vegetal (Balbinot Junior et al., 2009). Zanine et al (2006) ressaltam que é necessário que se leve em consideração também fatores como a escolha de culturas e pastagens harmonizadas aos interesses dos sistemas de produção em uso; o planejamento de técnicas de manejo das culturas e animais; o aumento de complexidade do sistema, que são fatores que exigem grande capacitação dos técnicos e produtores envolvidos nas atividades, além da receptividade da atividade pecuária por agricultores tradicionais e vice e versa.

É importante ainda, que o produtor dê atenção especial à qualidade genética do rebanho. Animais com genética adequada tendem a utilizar melhor a oferta das pastagens e dos resíduos agrícolas proporcionados pelo sistema. Por consequência, é esperado que a produção de grãos, pastagens e carne por hectare nessas áreas, consiga atingir níveis necessários para a sustentabilidade do sistema como um todo (Vilela et al., 2011).

Na década de 1980 iniciaram os primeiros estudos sobre a ILP com o lançamento do Sistema Barreirão. A Embrapa Arroz e Feijão iniciou suas pesquisas com o objetivo de recuperar áreas com degradação na região dos cerrados (Silva e Correia, 2011) buscando avaliar o efeito de diferentes procedimentos para integrar as práticas utilizadas na lavoura e pecuária. Em seguida, foram divulgadas as primeiras recomendações técnicas para os agricultores utilizando preparo convencional do solo, com correção e adubação antes do plantio das culturas (Almeida et al, 2012).

Este modelo de Integração é uma tecnologia de recuperação e renovação de pastagens em consórcio com culturas anuais. Utiliza-se o consórcio do arroz de sequeiro, milho, sorgo ou milheto com forrageiras, principalmente dos gêneros *Brachiaria* e *Andropogon* e/ou com leguminosas forrageiras como *Stylosanthes sp*,

Calopogonio mucunoides e *Arachis pintoe* (Kluthcouski et al., 1991). De acordo com Oliveira et al (1996) e Magnabosco et al. (2003), o Sistema Barreirão promove a recuperação de pastagens minimizando os custos de produção e recuperação e proporciona melhor aproveitamento da área para o cultivo da cultura.

Durante os períodos de 1987/88 e 1990/94, foram implantadas 81 unidades de demonstração do Sistema Barreirão, nos estados de Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Tocantins, Minas Gerais, São Paulo e Bahia. Foi observado nesses períodos que nenhuma das lavouras sofreram prejuízos totais pela má distribuição das chuvas. As características dos solos nessas unidades eram de acidez elevada e textura de argilosa a arenosa. Durante o período de avaliação, foram obtidos rendimentos variando de 600 a 3.415 kg.ha⁻¹ de arroz e de 2.100 a 7.428 kg.há⁻¹ de milho (Cobucci et al., 2007).

Em 2001, os pesquisadores da Embrapa Arroz e Feijão divulgaram um novo modelo de ILP, o Sistema Santa Fé, que surgiu com o intuito de produzir forrageiras para entressafra e para o fornecimento de palhada para o plantio direto (Ceccon et al., 2013). A metodologia do sistema promove a rotação de culturas anuais (milho, sorgo, milho e soja) com forrageiras tropicais, principalmente as do gênero *Brachiaria*, para o plantio direto ou convencional. Nota-se que as culturas anuais apresentam desenvolvimento inicial satisfatório levando a alta competição sobre as forrageiras o que evita diminuição na produção de grãos. O sistema proporciona vantagens por não alterar o cronograma de atividades do produtor e não necessita de equipamentos especiais para a implantação. O plantio da forrageira pode ser feito junto ao da cultura anual ou de 10 a 20 dias após o plantio desta (Kluthcouski et al., 2000).

Esta tecnologia permite minimizar a competição da forrageira com a cultura anual promovendo uma produção de grãos equivalentes ao sistema solteiro. Além disso, a utilização de culturas mais competitivas como o milho, a utilização de um número ideal de forrageiras/m² (de 4 a 6 plantas/m²) e desenvolvimento inicial vigoroso das culturas, fazem com que a produtividade se iguale ao sistema solteiro (Cobucci et al., 2001). Estudos feitos na Fazenda Santa Terezinha no estado de Minas Gerais mostraram que após a implantação da ILP utilizando lavoura de soja, houve um aumento da lotação animal que antes era de 1 UA/ha⁻¹, para 3,2 UA/ha⁻¹. Esses dados ressaltam que esta modalidade promove melhorias exponenciais na qualidade das pastagens e na produção animal (Kluthcouski et al., 2004).

Em 2010, a Embrapa em parceria com a Fazenda Santa Brígida localizada no

município de Ipameri-GO desenvolveu um novo modelo de ILP, o Sistema Santa Brígida. Este sistema objetiva a inserção de adubação verde no sistema de produção permitindo aumentar a fixação biológica do nitrogênio atmosférico no solo. O consórcio é feito utilizando leguminosas com forrageiras ou culturas anuais, principalmente o milho. É notório os benefícios com a melhoria da qualidade das pastagens e palhada para o Sistema de Plantio Direto (Oliveira et al., 2010).

O Sistema São Mateus (SSMateus) é o modelo de ILP mais recente que surgiu em 2013, pela Embrapa em parceria com outras instituições. Esse modelo foi desenvolvido como alternativa tecnológica visando a recuperação de pastagens degradadas e melhorias na viabilidade da produção de grãos em regiões com baixo teor de argila. Este modelo consiste na antecipação da correção química e física do solo, plantio de braquiária em consórcio com a soja inoculada (para promover o aumento da população de *Bradyrhizobium* no solo), pastejo leve com animais no período seco do ano e posterior cultivo de soja em plantio direto com o objetivo de amortizar os custos na recuperação da pastagem. Os resultados obtidos neste sistema de ILP mostraram ganhos em produtividade de grãos de soja e rendimentos satisfatórios em desempenho da atividade pecuária. Estes resultados são decorrência das melhorias na qualidade do solo que refletem na produção de grãos e da forrageira (Salton et al., 2013).

A bovinocultura de corte em sistemas integrados

A procura por produtos de origem animal vem crescendo progressivamente em consequência do aumento da população e com a melhoria de vida das pessoas em países emergentes como o Brasil. Para atender essa demanda, é primordial a adoção de práticas tecnológicas que proporcione ganhos em produtividade nas áreas já estabelecidas para esta atividade, uma vez que o desmatamento e a abertura de novas áreas estão cada vez mais combatidos (Almeida et al., 2012).

O Brasil, país de clima tropical com grande extensão de terra, tem potencial para atender o mercado interno e internacional de alimento. A criação de bovinos a pasto baseada na alta produção das gramíneas, devido ao clima e insolação favorável, resulta em menor custo nutricional por produto (carne ou leite) produzido (Hoffmann et al., 2014). O Brasil passou a ser o maior exportador de carne bovina no mundo em 2003 quando ultrapassou a Austrália (Ribeiro et al., 2005). Em 2015, a agropecuária foi responsável por 1,8% do crescimento do

Produto Interno Bruto (PIB) do período, enquanto a indústria apresentou queda de 6,2% e o setor de serviços registrou recuo de 2,7% (BRASIL, 2016). A perspectiva de crescimento é de 2,15% ao ano, para os próximos anos (BRASIL, 2015).

Estima-se que dos 173 milhões de hectares de pastagens no Brasil, 117 milhões de hectares são de pastagens cultivadas com taxas de lotação de 1,0 UA.ha⁻¹ e destas, 70% encontram-se em algum estágio de degradação. Cerca de 70% das pastagens cultivadas são do gênero *Brachiaria*, o que representa 80 milhões de hectares de pastagens dessa espécie. Dentre estas, 90% das áreas são ocupadas por *Brachiaria brizantha* e *Brachiaria decumbens* (Zimmer et al., 2012).

Ao considerar que no Brasil a maior parte da produção pecuária é praticada a pasto, a degradação das pastagens se apresenta como um dos maiores gargalos, refletindo diretamente na sustentabilidade da atividade como um todo. O problema fica claro quando, por exemplo, leva-se em conta as fases de recria e engorda de bovino, pois a produtividade de carne em uma pastagem degradada está em torno de 3 arrobas.ha⁻¹ano⁻¹, enquanto numa pastagem recuperada e bem manejada pode-se atingir mais de 16 arrobas.ha⁻¹ano⁻¹ (Kichel et al., 2012).

Estes fatores juntamente com os problemas advindos das mudanças climáticas, que acarreta em uma carência de alimentos para o gado durante o inverno, vêm modificando o cenário agrícola brasileiro onde o produtor busca intensificar o uso da terra com o desenvolvimento de produções mais estáveis e ao mesmo tempo sustentáveis com sistemas integrados de produção (Assmann et al., 2004).

As pastagens em sistemas de ILP, apresentam características mais favoráveis que as pastagens convencionais para a nutrição de bovinos. A principal característica é a maior disponibilidade de matéria seca e maior valor nutricional de forragem consumida. Essa maior disponibilidade possibilita maior seleção pelos animais das partes mais nutritiva das plantas o que explica a melhora na qualidade do alimento ingerido (Almeida e Medeiros, 2013).

Macedo (2009) avaliou o ganho de peso animal em sistemas tradicionais e de ILP em região do Cerrado (Tabela I). O estudo mostrou que o sistema de plantio convencional apresentou resposta à adubação de manutenção comparando com o sistema não adubado de pastagem degradada, porém, não apresenta eficácia econômica quando se compara com os sistemas integrados onde, além do ganho animal, tem-se o ganho com a venda de grãos da lavoura. Há também os ganhos indiretos com a melhoria da qualidade do solo que proporciona maior estabilidade

produtiva.

Tabela 1. Produção animal (kg de peso vivo.ha⁻¹) em sistemas tradicionais de pastejo contínuo, sistemas de Integração lavoura-pecuária e pastagem degradada na região dos Cerrados, Campo Grande, MS. (Animal production (kg of Live Weight.ha⁻¹) in traditional continuous grazing system, crop-livestock system and degraded pasture in Cerrados, Campo Grande, MS).

SISTEMAS	ANOS											Total	Média
	94/95	95/96	96/97	97/98	98/99	99/00	00/01	01/02	02/03	03/04	04/05		
SISTEMAS TRADICIONAIS													
<i>B. decumbens</i>													
PCSA	342	556	404	360	325	235	353	249	212	270	297	3603	328
PCCA	385	497	379	497	464	278	358	289	267	340	432	4186	381
SISTEMAS INTEGRADOS LAVOURA-PECUÁRIA													
Soja/sorgo - <i>P. maximum</i> Tanzânia													
L4-P4	-	-	-	-	686	414	399	-	483	464	522	2968	495
L1-P3	-	842	522	-	-	358	393	-	-	484	486	3085	514
PASTAGEM DEGRADADA													
<i>B. decumbens</i>													
PD	68	90	116	111	177	73	185	127	178	201	224	1550	141

Adaptado de: Macedo (2009); PCSA = pasto contínuo sem adubação de manutenção; PCCA= pasto contínuo com adubação de manutenção; L4-P4= 4 anos de lavoura, seguidos de 4 anos de pastagem; L1-P3= 1 ano de lavoura seguido de 3 anos de pastagem implantada. com milho; PD= pastagem degradada.

Ruviaro et al. (2016) estudando a viabilidade econômica e ambiental da produção de carne em diferentes sistemas alimentares no bioma Pampa, região sul do Brasil, constataram melhores resultados nos sistemas de produção utilizando pastagem nativa com suplementação proteica e energética e sistema integrado de pastagem nativa com azevém. De acordo com estes autores, ambos os sistemas permitem melhores ganhos na produção de carne bovina sem a necessidade de abertura de novas áreas o que contribui para a preservação do ambiente.

Os sistemas integrados abrem várias oportunidades para o produtor proporcionando maiores ganhos onde uma atividade é capaz de contribuir beneficentemente para a outra. A escolha desses sistemas para a produção de bovinos de corte deve estar atrelada as condições do produtor e demanda planejamento das atividades devido à complexidade para se conduzir sistemas de lavoura e pecuária em uma mesma propriedade. Cada atividade deve ser desenvolvida com um nível tecnológico compatível uma com a outra (Machado e Ceccon, 2010).

Forragens para sistemas integrados de gado de corte

Experimentos de longa duração têm demonstrado os benefícios da ILP principalmente por proporcionar sinergismo entre a interação solo-planta-animal. A alta variabilidade das culturas nas regiões do Brasil, juntamente com os custos elevados de nutrição animal, incentivou os produtores a adotar essa tecnologia como opção de diversificação de baixo risco (Moraes et al., 2012). O conhecimento do comportamento das espécies a serem implantadas nos sistemas integrados é de suma importância a fim de evitar queda de produtividade nas culturas de grãos e na formação da pastagem, devido a competição por recursos de produção (Kluthcouski e Yokoyama, 2003).

Para a implantação do sistema de ILP, a soja tem se destacado pelas características de adaptabilidade e retorno econômico satisfatório. Diferente da cultura do milho que no início do processo pode trazer problemas devido à alta exigência nutricional no solo. Por este motivo é necessária a realização de manejos no solo, com revolvimento, incorporação de calcário e gesso e práticas conservacionistas (Macedo e Zimer, 2007). No que se refere a escolha da forrageira a ser implantada em sistemas integrados, alguns pontos devem ser levados em consideração como a longevidade e distribuição ao longo do ano, produtividade de

matéria seca em combinação com o teor de proteína bruta e a boa aceitação pelos animais (Maranhão et al., 2009).

As regiões de clima temperado apresentam riscos de erosão após a colheita das culturas de verão, no período que antecede a semeadura dos cereais de inverno. Ocorre o baixo rendimento das pastagens que em grande parte são nativas, e se tornam insuficientes para períodos de inverno. Visando amenizar esses problemas, recomenda-se a utilização de espécies que protegem os solos, em plantio direto (Gonçalves e Franchini, 2007). Pode-se utilizar como opções de forrageira, as aveias branca e preta, por serem de clima temperado, nas regiões onde ocorrem geadas, e nas demais regiões utiliza-se o milho ou sorgo forrageiro devido às facilidades de cultivo e produção de sementes, porém, o custo da semente do sorgo pode inviabilizar o seu uso nessa época do ano (Machado e Ceccon, 2010). O cultivo de cereais de inverno como trigo, centeio e cevada é outra alternativa que objetiva o fornecimento de forragem verde no período de carência alimentar, particularmente no outono-inverno e proporciona a produção de grãos no fim do inverno e primavera (Fontaneli et al., 2006).

Machado e Assis (2010) realizaram a avaliação bromatológica da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e *Brachiaria ruziziensis* cultivadas em sucessão a cultura da soja em regiões do cerrado e obtiveram resultados de teores de proteína bruta (PB) e digestibilidade na massa foliar em média de 16% e 75%, respectivamente. Cruz (2016) obteve resultados de proteína bruta para a cv. Marandu, superiores quando comparados com *Panicum maximum* cv. Mombaça, 14,5% e 12% respectivamente. As diferenças de valores encontradas para a mesma cultivar podem estar relacionadas às variações de solo, clima, região ou idade de corte da planta.

Quintino et al. (2016) apresentam a *Brachiaria brizantha* cv. Piatã como alternativa para ILP. Estes autores observaram que no consórcio desse cultivar com sorgo de corte e pastejo não houve interferência no desenvolvimento e na morfogênese do capim e não prejudicou o plantio direto da cultura subsequente. Com essa estratégia é possível antecipar a entrada dos animais na área devido à precocidade da cultura do sorgo além de garantir a produção de palhada pelo cv. Piatã. Pariz et al. (2010) avaliaram diferentes espécies forrageiras cultivadas em sistema solteiro e consorciado com milho e obtiveram resultados que sugerem melhores teores de energia e proteína bruta da forragem nos sistemas consorciados, em especial a *Brachiaria ruziziensis*, que dentre as cultivares testadas foi a que

mostrou melhor composição bromatológica com menor composição de parede celular.

Ainda são escassos na literatura resultados de pesquisa com as diferentes cultivares de plantas forrageiras, em especial os gêneros *Brachiaria* e *Panicum*. Os resultados encontrados até o momento não apresentam grandes diferença de composição nutricional e quantidade de forragem produzida entre as cultivares.

Utilização de feijão guandu em sistemas integrados

Em razão dos custos elevados e o aumento na demanda por fontes proteicas, os pesquisadores vem buscando alternativas que visam substituir as fontes de proteína tradicionais. Neste contexto, o feijão guandu (*Cajanus cajan*) apresenta-se como alternativa devido aos altos teores de proteína bruta (AMAEFULE et al., 2011) além de ser uma planta resistente à seca (VIEIRA et al., 2001) pois tem a capacidade de absorver água e nutrientes das camadas mais profundas do solo (SOUTO et al., 2009).

O sistema radicular do guandu atinge grandes profundidades proporcionando a absorção de minerais e trazendo para as camadas superficiais, disponibilizando para as demais culturas (EMEFIENE et al., 2014). Suas raízes liberam ácidos orgânicos que são capazes de liberar o fósforo associado com o ferro e o alumínio presente no solo (OTANI et al., 1996). Além disso, as raízes possuem fungos e bactérias capazes de dissolver o fosfato do solo e o disponibiliza para as plantas (CARNEIRO et al., 2004).

Essa leguminosa é encontrada em diversos países, principalmente os asiáticos e africanos e tem potencial para exercer várias funções nos sistemas agropecuários: como melhoradora de solos, recuperação de áreas degradadas, planta fitorremediadora, renovação de pastagens e alimentação de animais e humana devido ao seu elevado valor biológico (AZEVEDO et al., 2007).

Dentre as cultivares disponíveis no mercado, se destacam BRS Mandarin, Fava Larga, IAPAR 43 e Super N por apresentarem características, condições de exploração e indicações distintas (CARELLOS, 2013).

De acordo com BELTRAME e RODRIGUES (2007), o feijão guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) é uma espécie de crescimento rápido que cobre o solo facilmente o que possibilita alta produção de fitomassa ainda no estágio inicial. Seu porte

arbustivo é ereto, a altura pode variar entre 2 a 3 metros e o ciclo de vida chega de 3 a 4 anos. Além disso, é um potencial adubo verde que tem ciclo de vida curto o que sugere a competição com plantas invasoras. Esses autores obtiveram resultados positivos na utilização do guandu para a restauração de áreas degradadas por reduzir os custos e melhorar a renda da propriedade contribuindo na alimentação animal além da possível comercialização de sementes.

O feijão guandu já vem sendo utilizado em sistemas integrados (Sistema Santa Brígida) com o intuito de aumentar a fixação biológica do nitrogênio (adubo verde) além de produzir forragens mais ricas em proteínas (OLIVEIRA et al., 2010). O consórcio de gramíneas com leguminosas para a produção de silagem, objetiva melhorar o valor proteico da forragem produzida, proporcionando uma possível redução dos custos com a alimentação animal (OLIVEIRA et al., 2005).

De acordo com Azevedo et al. (2007) sua produtividade em matéria seca pode chegar a 12 ton/ha/ano, o que é um índice ótimo para produção pecuária, uma vez que possui alto valor nutritivo. Suas folhagens e ramos possuem teores de proteína bruta entre 16 e 20% e a digestibilidade da matéria seca varia de 50 a 65%.

Adequação do recurso genético para o sistema integrado de produção

As recorrentes reduções na lucratividade da pecuária de corte e a concorrência do mercado externo na cadeia produtiva da carne bovina fizeram com que os pecuaristas buscassem novas tecnologias para os sistemas de produção. O produtor que antes escolhia a raça a ser utilizada no seu rebanho se baseando em “modismo” ou preferência pessoal passou a buscar genótipos comprovadamente mais adequados ao seu sistema de produção, ou seja, aqueles mais eficientes em converter alimento consumido em ganho de peso e que atendessem a demanda do mercado, principalmente em qualidade de carcaça e de carne (Rubiano et al, 2009). Animais com maior potencial produtivo podem ser obtidos com o melhoramento genético pela seleção dentro de raças, mas também como produto do cruzamento entre raças. Os cruzamentos geralmente produzem um recurso genético com elevada produtividade devido a exploração da heterose, principalmente na primeira geração (F1) (Mokolobate et al., 2014; Pereira et al., 2014; Silva et al., 2015). Por outro lado, a seleção dentro de raça, quando conduzida adequadamente, promove uma melhoria gradual e constante do rebanho, e, portanto, pode ser uma alternativa a longo prazo (Josahkian, 2000).

Com aproximadamente 211,8 milhões de cabeças, o Brasil tem o maior rebanho comercial do mundo, o que faz da pecuária bovina um dos setores mais importantes do agronegócio brasileiro e, conseqüentemente, da economia nacional (IBGE, 2013). As raças zebuínas representam cerca de 80% do rebanho nacional (ABIEC, 2014). De acordo com o número de registros da Associação Brasileira de Criadores de Zebu (Faria et al., 2015), a raça Nelore representa quase 80% do rebanho nacional de zebuínos, seguida da raça Nelore Mocho com 12,7% dos animais zebuínos com registro genealógico definitivo. Rosa e Meneses (2015) apresentam as principais raças de importância econômica para o Brasil dentro dos grupos raciais existentes (Tabela II).

Tabela II. Grupos raciais, raças, peso de abate e características de importância econômica de bovinos. (Genetic groups, breeds, weight at slaughter and cattle traits of economic importance).

Grupo Racial	Raças	Peso de abate	Características
Ilhas Britânicas	Alberdeen Angus, Red Angus e Red Poll	420-450 Kg	Alta fertilidade, precocidade sexual, bom desempenho em crescimento e qualidade da carne.
Continente Europeu (países baixos)	Hereford, Shorthorn, Maine Anjou, Belgian Blue e Normando	450-500 Kg	Alta fertilidade, rusticidade, eficiência alimentar, longevidade, adaptabilidade, resistentes em condições adversas.
Continente Europeu (Interior)	Devon, South Devon, Limousin, Blonde d'Aquitaine, Charolês, Salers, Simental, Gelbvieh, Fleckvieh, Pardo Suíço Corte, Chianina, Marchigiana, Piemontês	500-610 kg	Grandes massas musculares, tardias do ponto de vista sexual e de acabamento de carcaça, exigentes em termos nutricionais.
Taurino adaptado	Caracu, Curraleiro ou Pé-duro, Pantaneiro, Crioulo Lajeano, Mocha Nacional, N'Dama, e compostos taurinos como a raça Senepol	Variável 300 - 570 kg	Bem adaptadas ao clima tropical, alta fertilidade, habilidade materna e maciez de carne.
Zebuíno	Guzerá, Gir, Sindi e Cangaian, Nelore, Indubrasil, Tabapuã e Brahman	460-500 kg	Índices produtivos mais baixos que as taurinas europeias, tardios sexualmente, maciez da carne variável e menos convexidade nas massas musculares, tolerantes ao calor dos trópicos e resistentes a ação de endo e ectoparasitas.
Composto (cruzamento entre <i>Bos taurus</i> e <i>Bos indicus</i>)	Santa Gertrudis; Belmont Red; Blonel; Bonsmara; Braford; Brangus; Canchim; Montana; Purunã e Simbrasil	450 – 600 kg	Rusticidade e adaptabilidade próprias do gado zebu, com produtividade e qualidade dos produtos característicos do gado europeu.

Adaptado de: Rosa e Meneses (2015).

Para a obtenção de melhor resultado em ambiente tropical, é necessário adotar técnicas que possibilite explorar melhor o potencial genético dos animais no sistema de produção utilizado. O cruzamento sistêmico entre raças *Bos taurus* e *Bos indicus* tem sido utilizado no Brasil, resultando em animal com elevado potencial produtivo, em consequência da heterose e da complementaridade entre as raças. Essa

tecnologia proporciona a adequação do animal ao ambiente e aos objetivos almejados no sistema de produção. Além disso, proporciona maior flexibilidade ao sistema produtivos, em relação a satisfazer exigências de mercado (Alencar, 2004).

O cruzamento é um dos mais importantes processos que o criador pode lançar mão para o aumento rápido do rendimento de seu rebanho (Felício, 1997). O cruzamento entre raças busca gerar heterose, que proporciona vigor híbrido em características comercialmente importantes, particularmente de reprodução e sobrevivência. A heterose proporciona ganho gratuito adicional que permite que a produtividade dos cruzados exceda a produtividade de ambas as raças-base (Madalena, 2012). No cruzamento, o efeito de raça nas características quantitativa e qualitativa da carcaça e no ganho de peso é grande. Animais de grupos genéticos taurinos e zebuínos apresentam características diferentes de maturidade fisiológica, peso de abate, rendimento e relação músculo:gordura na carcaça, que, por meio de cruzamentos entre raças zebuínas e européias, têm possibilitado à produção de gado de corte no país com os benefícios do vigor híbrido, para incremento da produtividade do rebanho (Rocha Júnior et al, 2010).

Por outro lado, o melhoramento genético dentro de raça é um processo lento e acumulativo. Portanto, esta alternativa pode trazer grandes ganhos para o produtor a longo prazo. A seleção dentro de raças, proporciona ganhos genéticos mais acelerados e próximo dos previstos na teoria, aumenta a frequência gênica favorável e por consequência diminui os genes indesejáveis dentro de um rebanho. Isso permite a identificação de animais com melhor desempenho e com maiores chances de acerto quando se compara a seleções empíricas (Josahkian, 2000).

A escolha do material genético mais adequado ao sistema de produção é fundamental para garantir a rentabilidade e sustentabilidade. Por exemplo, os sistemas integrados de produção animal exigem recurso genético com alta produtividade. Uma opção de obtenção destes animais é o cruzamento de fêmeas Nelore (base do plantel nacional de bovinos de corte) com touros de raças especializadas nas características de interesse (Cruz et al., 2009). Outra opção é o melhoramento dentro de raça, que beneficia principalmente o produtor de sistemas de cria ou ciclo completo.

O sistema de cria ocupa posição de destaque na cadeia produtiva da carne uma vez que objetiva principalmente a produção de bezerros que se tornarão futuras matrizes e reprodutores que produzirão animais para o abate (Tanaka et al. 2012). Para a escolha da estratégia a ser adotada, seja seleção ou cruzamento, é fundamental a

visão do sistema produtivo como um todo desde a decisão de quais recursos genéticos serão utilizados bem como o tipo de sistema de produção e práticas de manejo a serem adotados e por fim, o mercado da carne (Josahkian, 2000). No caso de adoção de cruzamento, deve-se ter em mente qual o destino das fêmeas F1, se reprodução ou abate. No caso de utilizá-las para reprodução, é necessário o planejamento de qual grupo genético utilizar para a produção do F2. No caso de abate do F1, é fundamental a programação da reposição do rebanho de matrizes.

No Brasil tem sido adotado o cruzamento entre *Bos taurus* e *Bos indicus* visando aumentar a produção de carne e melhoria de qualidade da carcaça em relação a espessura de gordura, marmoreio e maciez da carne. Em geral, as raças taurinas apresentam melhor acabamento de gordura e maior maciez, em decorrência de diferenças nas atividades enzimáticas do músculo (Prado et al., 2008).

Clímaco et al. (2011) utilizando grupos genéticos de animais Bonsmara (grupo genético de taurino adaptado), Tabapuã (grupo genético zebuino) e cruzados (Tabapuã, Nelore e Angus) em regime de confinamento, observaram que os animais Bonsmara apresentaram maior área de olho de lombo, maior percentual de músculo e menor percentual de gordura na carcaça. Nos animais mestiços a espessura de gordura de cobertura foi maior que nos animais puros. A carne dos animais Bonsmara e mestiços apresentou melhor qualidade se comparada à dos animais Tabapuã.

Freitas et al. (2008) ressalta que ao utilizar diferentes genótipos, é importante avaliar as características de conversão alimentar e ganho de peso proporcionados pela raça escolhida, pois são determinantes para a obtenção de carne com qualidade. Uma carcaça de qualidade e com bom rendimento deve apresentar relação adequada entre as partes que a compõe, ou seja, quantidade máxima de músculo, mínima de osso e boa deposição de gordura, assegurando ao produto condições adequadas de manuseio e palatabilidade.

Silva et al. (2015) avaliaram características de carcaça de bovinos mestiços de Aberdeen Angus e de Nelore alimentados em confinamento e constataram que novilhos com predominância genética Aberdeen Angus apresentaram maior peso ao abate, peso de carcaça quente, e área do músculo *Longissimus dorsi* quando comparados com novilhos com predominância genética Nelore.

As principais características determinantes da produtividade são consumo alimentar, ganho em peso e rendimento de carcaça. Diversos experimentos têm sido

realizados buscando identificar a raça ideal a ser utilizada nos sistemas intensivos de produção de carne com o cruzamento de *Bos taurus* e *Bos indicus* e, em geral, os produtos F1 apresentam resultados muito próximos, sendo que os cruzamentos utilizando a raça Angus se destacam na grande maioria dos trabalhos (Cruz et al., 2009).

Existem vários estudos comparando carcaças de diferentes grupos genéticos, porém, a variedade entre os estudos, que são provenientes de diferentes tipos de manejo alimentar, diferentes categorias, sexos, métodos de avaliação, dados oriundos de vários países, idades ao abate distintas, diferentes números de amostras (n), etc. impossibilitam que sejam feitas comparações conclusivas entre a qualidade da carcaça dos diferentes genótipos. A metanálise é um procedimento estatístico que vem sendo utilizada em algumas pesquisas, propondo estimar e, se necessário, incluir na análise conjunta a variância entre os estudos. A técnica consiste em combinar os resultados de vários experimentos que examinam o mesmo tema com o objetivo de sumarizar um conjunto de evidências (Hauptli et al., 2007).

Lopes et al. (2008) avaliaram com a metodologia da metanálise, os fatores que afetam os componentes da qualidade da carcaça em bovinos comparando-os com diferentes grupos genéticos. Os pesquisadores extraíram de artigos publicados entre 1985 e 2006, estimativas de área de olho de lombo - AOL e espessura de gordura - EG em função das variações de país de origem e contribuição dos genes zebuínos, taurinos britânicos e taurinos continentais. Os resultados mostraram que animais criados nos EUA apresentaram valores superiores de AOL e EG quando comparados aos criados na Austrália e no Brasil; machos inteiros e castrados obtiveram maiores medidas de AOL do que fêmeas e os melhores resultados para EG foram observados nas fêmeas. Animais com genótipos taurinos continentais obtiveram maiores valores de AOL e os taurinos britânicos, maiores valores de EG. Já os zebuínos apresentaram valores intermediários.

Características da carcaça e qualidade da carne

Na bovinocultura de corte as avaliações de características da carcaça e qualidade da carne, são fundamentais para avaliação ampla dos sistemas de produção (NASSU et al., 2016). Uma carcaça de qualidade e com bom rendimento deve apresentar relação adequada entre as partes que a compõem com máximo de

músculo, mínimo de ossos e boa deposição de gordura assegurando qualidade mínima do produto (FREITAS et al., 2008).

Rendimento de carcaça é a comparação entre o peso vivo do animal e o peso quente de sua carcaça que são aferidos logo após o abate e são expressos em percentual (GOMIDE et al., 2014). De acordo com FELICIO (2011), carcaças com alto percentual de rendimento trazem vantagens econômicas por diluírem os custos por quilograma de carne desossada, porém, o rendimento deve ser limitado para que não prejudique a qualidade, o que ocorre com carcaças com musculatura bem desenvolvida, porém magras.

A uniformização dos cortes de carne constitui a primeira fase que possibilita uma diferenciação qualitativa entre os diferentes segmentos, porém não assegura os elementos decisivos de qualidade se não for acompanhada da padronização do animal vivo, seguida de sua devida classificação e tipificação de carcaças (GOMIDE et al., 2014). De acordo com MOREIRA et al. (2012), a prática de classificar e tipificar as carcaças permite uma definição do valor de determinada carcaça obrigando toda a cadeia produtiva a se adequar para conseguir produzir carcaças com bons rendimentos e conseqüentemente resultando em uma melhor remuneração sobre o produto. Isto resulta em um aumento de qualidade e rendimento de carnes produzidas no país o que favorece o produtor, a indústria e por conseqüência, o consumidor.

DOMINGUES et al. (2014) ressalta que a espessura de gordura é uma das avaliações mais importantes e tem relação positiva com a quantidade total de gordura e negativa com o percentual de cortes desossados. A medição pode ser realizada com a utilização de aparelhos de ultrassom (KEINPRECHT et al., 2016) ou paquímetro (LUCAS et al., 2016). A gordura subcutânea atua como isolante térmico, reduzindo a velocidade de resfriamento da carcaça, por isso existe a necessidade de um mínimo de 3 mm de espessura de gordura no abate. De acordo com PRADO et al. (2009), a gordura também está relacionada a perda de peso da carcaça por desidratação e na coloração durante o processo de resfriamento.

Para JELENÍKOVÁ et al., (2008), a maciez é a característica sensorial de maior interesse econômico. WEBB et al. (2005) relata que para o consumidor, a qualidade da carne está diretamente associada a sua utilização, ou seja, ao consumo. Estão em primeiro plano, características como a palatabilidade e sanidade. A palatabilidade está diretamente relacionada à maciez, sabor e

suculência. Esses critérios são dependentes de vários fatores que incluem a idade do animal, sexo e estado fisiológico do animal vivo.

A maciez pode ser mensurada pela força de cisalhamento seguindo a metodologia padronizada por WHEELER et al. (1997) onde as amostras de carne são submetidas ao procedimento de congelamento, descongelamento, cocção e resfriamento sendo feitos cortes perpendiculares na orientação longitudinal das fibras musculares e assim cada amostra é cisalhada por completo em seu centro geométrico, obtendo a força necessária para o cisalhamento pelo método Warner-Bratzler. De acordo com ALVES et al. (2006), a força de cisalhamento deve ser inferior a 4,5 kgf para estar com a maciez satisfatória.

FELICIO (1997) inclui como exigência do consumidor, a qualidade visual da carne. Para o autor, os fatores que influenciam na qualidade visual e palatável são subdivididos em duas categorias: *ante mortem* (fatores ligados ao genótipo dos animais e as condições ambientais em que se desenvolveram) e os *post mortem* (fatores que vão desde os procedimentos técnicos adotados durante o abate até a chegada ao consumidor final).

WHITE et al. (2006) ressaltam que, no *post mortem*, as técnicas de refrigeração da carne e a redução do pH muscular, interferem diretamente nos processos bioquímicos que são responsáveis pela transformação de músculos em carne, o que também altera a qualidade. De acordo com SAVELL et al. (2005), as condições do resfriamento fazem parte de um controle crítico do sistema, que acarretam em fatores mais importantes em relação à qualidade, do que aqueles que afetam a satisfação do consumidor.

A obtenção de carne com qualidade não é tão simples. Para KIRINUS et al. (2014), a carne é um produto frágil, devido a diversidade de sua composição e estrutura, além da falta de estabilidade intrínseca e da variedade de fatores que influenciam em suas características e qualidade, desde antes do animal nascer até o consumo final do produto.

Considerações Finais

A Integração lavoura-pecuária (ILP) é uma excelente alternativa para intensificação do uso da terra com maior produção de alimentos por área. O recurso genético de bovinos adequado para estes sistemas intensivos de produção depende dos fatores ambientais da região, tipos de manejo e sistema de produção (cria,

recria, terminação ou ciclo completo). Este recurso genético pode estar associado ao uso de animais F1 (zebuíno x taurino), em sistemas de recria e terminação, e animais zebuínos melhorados (oriundos de programas de melhoramento genético), principalmente, quando há o planejamento para adoção de sistemas de ciclo completo.

Bibliografia

ABIEC (Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne). 2014. Estatísticas de exportação de carne. <<http://www.abiec.com.br/texto.asp?id=31>> (21/07/2016).

Alencar, M.M. 2004. Utilização de cruzamentos industriais na pecuária de corte tropical. In: Santos, F.A.P. Moura, J.C. e Faria, V.P. Pecuária de corte intensiva nos trópicos. Embrapa Pecuária Sudeste. Piracicaba. SP. pp.149-170.

Almeida, R.G. de. e Medeiros, S.R. de. 2015. Emissão de gases de efeito estufa em sistemas de Integração lavoura - pecuária – floresta. In: Alves, F.V.; Laura, V.A. e Almeida, R.G. de. Sistemas agroflorestais: a agropecuária sustentável. Embrapa Gado de Corte. Brasília. DF. 20 pp.

Almeida, R.G.; Barbosa, R.A.; Zimmer, A.H. e Kichel,A.N. 2012. Forrageiras em sistemas de produção de bovinos em Integração. In.: Bungenstab, D.J. Sistemas de Integração lavoura-pecuária-floresta: a produção sustentável. Embrapa. Brasília. DF. pp. 87-94.

Alonso, M.P.; Moraes, E. H.B.K. de.; Pina, D.S. dos; Pereira, D.H.; Mombach, M.A.; Gimenez, B. de M. e Wruck, F. J. 2014. Suplementação concentrada para bovinos de corte em sistema de Integração lavoura e pecuária no período das águas. Rev Bras Saúde Prod Anim, Salvador. BA. 15: 339-349.

Alves, D. D.; de Tonissi, R. H.; de Goes, B.; Mancio, A. B. Maciez da carne bovina. Ciência Animal Brasileira, v. 6, n. 3, p. 135-149, 2006.

Amaefule, K.U.; Ukpanah, U.A.; Ibok, A.E. Performance of starter broilers fed raw pigeon pea [*Cajanus cajan* (L.) Millsp.] seed meal diets supplemented with lysine and or methionine. International Journal of Poultry Science, v.10, p.205-211, 2011. DOI: 10.3923/ijps.2011.205.211.

Assmann, A.L.; Pelissari, A.e Moraes, A. 2004. Produção de gado de corte e acúmulo de matéria seca em sistema de Integração lavoura-pecuária em presença ou ausência de trevo branco e nitrogênio. Rev Bras Zootecn, 33: 37-44.

Azevedo, L. R.; Ribeiro, G. T.; Azevedo, C. L. L. Feijão guandu: uma planta multiuso. Revista da Fapese, v. 3, n. 2, p. 81-86, 2007.

Balbino, L.C.; Barcellos, A. de O. e Stone, L.F. 2011. Marco referencial: Integração

lavoura-pecuária-floresta (ILPF). Embrapa. Brasília, DF. 130 pp.

Balbinot Junior, A.A.; Moraes, A. de; Veiga, M. da; Pelissari, A. e Dieckow, J. 2009. Integração lavoura-pecuária: intensificação de uso de áreas agrícolas. *Ciênc Rur*, 39: 1925-1933.

Bell, L.W. e Moore, A.D. 2012. Integrated crop-livestock systems in Australian agriculture: Trends, drivers and implications. *Agric Syst*, 111: 1-12.

Beltrame, T. P.; Rodrigues, E. Feijão guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) na restauração de florestas tropicais. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 28, n. 1, p. 19-28, 2007.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2016. PIB da agropecuária tem alta de 1,8% em 2015.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Exportação. 2015. <http://www.agricultura.gov.br/animal> (22/09/2015).

Carellós, D. D. C. Avaliação de cultivares de feijão-guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) para produção de forragem no período seco, em São João Evangelista-MG. 2013. 114 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2013.

Carneiro, R. G.; Mendes, I. D. C.; Lovato, P. E.; Carvalho, A. M. D.; Vivaldi, L. J. Indicadores biológicos associados ao ciclo do fósforo em solos de Cerrado sob plantio direto e plantio convencional. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 39, n. 7, p. 661-669, 2004.

Carvalho, A.J.; Carneiro, J.E.S. de.; Ferreira, R.F.; Cecon, P.R. e Santos, M.V.S. dos. 2011. Efeito da época de semeadura de *brachiaria decumbens* e de dessecantes em pré-colheita sobre o rendimento de grãos do feijoeiro e a biomassa forrageira em cultivo consorciado. *Ciênc agrotec*, 35: 893-899.

Carvalho, P.C. de F.; Anghinoni, I.; Moraes, A.; Trein, C.R.; Flores, J.P.C.; Cepik, C.T.C.; Levien, R.; Lopes, M.T.; Baggio, C.; Lang, C.R; Sulc, R.M. e Pelissari, A. 2005. O estado da arte em Integração lavoura-pecuária. In: Gottschall, C.S.; Silva, J.L.S. e Rodrigues, N.C. *Produção animal: mitos, pesquisa e adoção de tecnologia*. Editora da ULBRA. Porto Alegre. RS. pp. 7-44.

Cecon, G.; Borghi, E. e Crusciol, C.A.C. 2013. Modalidades e métodos de implantação do consórcio milho-braquiária. In: Cecon, G. *Consórcio milho-braquiária*. Embrapa. Brasília. DF. 175 pp.

Climaco, S.M.; Ribeiro, E.L.A.; Mizubuti, I.Y. da.; Silva, L.D.F; Barbosa, M.A.A.F.; Ramos, B.M.O. e Constantino, C. 2011. Características de carcaça e qualidade da carne de bovinos de corte de quatro grupos genéticos terminados em confinamento. *Rev Bras Zootecn*, 40: 2791-2798.

Cobucci, T.; Kluthcouski J. e Aidar, H. 2001. Sistema Santa Fé: produção de

forragem na entressafra. Workshop internacional programa de Integração agricultura e pecuária para o desenvolvimento sustentável das savanas tropicais sulamericanas. Anais. Embrapa Arroz e Feijão. Santo Antonio de Goiás. GO. pp. 125-135.

Cobucci, T.; Wruck, F. J.; Kluthcouski, J.; Teixeira, S.R. e Teixeira Neto, M.L. 2007. Opções de Integração lavoura-pecuária e alguns de seus aspectos econômicos. Inf Agropec, 28: 25-42.

Cruz, G.M.; Rodrigues, A.A.; Tullio, R.R.; Alencar, M.M.; Alleoni, G.F. e Oliveira, G.P. 2009. Desempenho de bezerros da raça Nelore e cruzados desamamados recebendo concentrado em pastagem adubada de *Cynodon dactylon* cv. Coastcross. Rev Bras Zootecn, 38: 139-148.

Cruz, S.S. da. 2016. Produção e qualidade de silagens de sorgo em sistema de Integração lavoura-pecuária no cerrado de baixa altitude. Tese (Doutorado em Sistemas de Produção). Universidade Estadual Paulista. Ilha Solteira.

Cundiff, L.V. et al. Characteristics of diverse breeds in cycle IV of the cattle germoplasm evaluation program. Beef Research-Progress Report., v. 71, n. 4, p. 63, 1993.

Domingues, M. S.; Lupatini, G. C.; Andrighetto, C.; Araújo, Laura C. A.; Cardassi, M. R.; Polli, D.; Medeiros, S. F.; Fonseca, R.; Santos, J. A. A. Desempenho e características da carcaça de novilhos submetidos à suplementação na seca. Rev. Bras. Saúde Prod. Anim., Salvador, v.15, n.4, p.1052-1060 out./dez., 2014.

Emefiene, M. E., Joshua, V. I., Nwadike, C., Yaroson, A. Y., & Zwalnan, N. D. E. Profitability analysis of Pigeon pea (*Cajanus cajan*) production in Riyom LGA of Plateau State. International Letters of Natural Sciences, v. 13, n. 2, 2014.

Faria, C.U.; Andrade, W.B.F.; Pereira, C.F.; Silva, RP.; Lôbo, R.B. 2015. Análise bayesiana para características de carcaça avaliadas por ultrassonografia de bovinos da raça nelore mocho, criados em bioma cerrado. Ciên Rur, Santa Maria. 45: 317-322.

Felício, P.E. de. 1997. Fatores ante et post mortem que influenciam na qualidade da carne bovina. In: Peixoto, A.M.; Moura, J.C. de. e Faria, V.P. de. Produção do Novilho de Corte. FEALQ-USP. Piracicaba, SP. p.79-97.

Felício, P. E. de. Classificação, tipificação e qualidade da carne bovina. In: VI Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Carnes, 2011, São Pedro. Anais... São Paulo: p.127-133, 2011.

Fontaneli, R.S.; Santos, H.P.; Duca, L.J.D. de.; Rodrigues, O.; Pires, J.L.F.; Teixeira, M.C.C.; Junior, A.N.; Caierão, E.; Oliveira, J.T. de.; Pazinato, A.C.; Maldaner, G.L. e Barbieri, N.L. 2006. Estabelecimento e manejo de cereais de inverno de duplo propósito. In: Santos, H.P. e Fontaneli, R.S. Cereais de inverno de duplo propósito para a Integração lavoura-pecuária no sul do Brasil. Embrapa. Passo Fundo. RS. pp. 15-35.

Freitas, A.K.; Restle, J.; Pacheco, P.S.; Padua, J.T.; Lage, M.E.; Miyagi, E.S. e Silva, G.F.R. 2008. Características de carcaças de bovinos Nelore inteiros vs castrados em duas idades, terminados em confinamento. *Rev Bras Zootecn*, 37: 1055-1062.

Freitas, A.K.; Restle, J.; Pacheco, P.S.; Padua, J.T.; Lage, M.E.; Miyagi, E.S.; Silva, G.F.R. Características de carcaças de bovinos Nelore inteiros vs castrados em duas idades, terminados em confinamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.37, n.6, p.1055-1062, 2008.

Gomide, L.A.M.; Ramos, E.M.; Fontes, P.R. Tecnologia de abate e tipificação de carcaças. 2. Ed. UFV: Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2014. 336p.

Gonçalves, S.L. e Franchini J.C. 2007. Integração Lavoura-Pecuária. Embrapa. Londrina. 7 pp.

Hauptli, L.; Lovatto, P.A. e Hauschild, L. 2007. Comparação da adição de extratos vegetais e antimicrobianos sintéticos para leitões na creche através de meta-análise. *Ciênc Rur*, 37: 1084-1090.

Herrero, M.; Thornton, P.K.; Notenbaert, A.M.; Wood, S.; Msangi, S.; Freeman, H.A.; Bossio, D.; Dixon, J.; Peters, M.; Van de Steeg, J.; Lynam, J.; Parthasarathy Rao, P.; Macmillan, S.; Gerard, B.; Mcdermott, J.; Sere, C. e Rosegrant, M. 2010. Smart investments in sustainable food production: revisiting mixed crop-livestock systems. *Science*, 327: 822-825.

Hoffmann, A.; Moraes, E H.B.K.; Mousquer, C.J.; Simioni, T. A.; Gomer, F. J.; Ferreira, V.B. e Silva, H.M da. 2014. Produção de bovinos de corte no sistema de pasto-suplemento no período da seca. *Nativa*, 2: 119-130. <http://www.agricultura.gov.br/comunicacao/noticias/2016/03/pib-da-agropecuaria-tem-alta-de-1porcento-em-2015> (13/09/2016).

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção da pecuária municipal. 2013. <ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Pecuaria/Producao_da_Pecuaria_Municipal/2013/ppm2013.pdf> (16/09/2015).

Jeleníková, J.; Pipek, P.; Staruch, L. The influence of ante-mortem treatment on relationship between pH and tenderness of beef. *Meat Science*, v. 80, n. 3, p. 870-874, 2008.

Josahkian, L.A. 2000. Programa de melhoramento genético das raças zebuínas. Simpósio Nacional de Melhoramento Animal. Anais. SBMA. Belo Horizonte. MG. 1: 76-93.

Kichel, A.N.; Costa, J.A.A. e Almeida, R.G.. 2012. Vantagens da recuperação e renovação de pastagens degradadas com a utilização de sistemas integrados de produção agropecuária. *Rev Agro & Negócios*, 11: 48-50.

Kirinus, J. K., Fruet, A. P. B., Teixeira, C., Dörr, A. C., & Nörnberg, J. L. Aplicação da genética molecular para a melhoria da qualidade da carne bovina. *Electronic Journal*

of Management, Education and Environmental Technology (REGET), v. 18, p. 165-174, 2014.

Keinprecht, H.; Pichler, M.; Pothmann, H.; Huber, J.; Iwersen, M.; Drillich, M. Short term repeatability of body fat thickness measurement and body condition scoring in sheep as assessed by a relatively small number of assessors. *Small Ruminant Research*, v. 139, p. 30-38, 2016.

Kluthcouski, J. e Yokoyama, L.P. 2003. Opções de Integração lavoura-pecuária. In: Kluthcouski, J. e Aidar, H. (Ed.). *Integração Lavoura-Pecuária*. Embrapa Arroz e Feijão. Santo Antonio de Goiás. GO. 4: 131-141.

Kluthcouski, J.; Aidar, H.; Stone, L.F. e Cobucci, T. 2004. Integração lavoura-pecuária e o manejo de plantas daninhas. *PATAFOS*. Piracicaba, SP. 20 pp.

Kluthcouski, J.; Cobucci, T.; Aidar, H.; Yokoyama, L.P.; Oliveira, I.P. de; Costa, J.L.S. da; Silva, J.G.; Vilela, L.; Barcellos A.O. de. e Magnabosco, C.U. de. 2000. Sistema Santa Fé - tecnologia Embrapa: Integração lavoura-pecuária pelo consórcio de culturas anuais com forrageiras, em áreas de lavoura, nos sistemas direto e convencional. *Embrapa Arroz e Feijão*. Santo Antônio de Goiás. GO. 28 pp.

Kluthcouski, J.; Pacheco, A.R.; Teixeira, S.M. e Oliveira, E.T. 1991. Renovação de pastagens de cerrado com arroz. I: Sistema Barreirão. *Embrapa Arroz e Feijão*. Goiânia. GO. 20 pp.

Kunrath, T.R.; Carvalho, P.C.F. de; Cadenazzi, M.; Bredemeier, C.; Anghinoni, I. 2015. Grazing management in an integrated crop-livestock system: soybean development and grain yield. *Rev Ciênc Agrárias*, 46: 645-653.

Lopes, J.S.; Rorato, P.R.N.; Weber, T.; Rodrigues, R.D.; Comin, J.G. e Dornelles, M.A. de. 2008. Metanálise para características de carcaça de bovinos de diferentes grupos genéticos. *Ciênc Rur*, 38:2278-2284.

Lucas, D. S.; Siqueira, E. T. F.; Hagiwara, M. M. H.; Azevedo, S. S., Yotsuyanagi, S. E.; Silva, T. J. P.; Soto, F. R. M. Effect of piglet castration with nonsurgical sterilant on the zootechnical performance and pork carcass quality. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 68, n. 6, p. 1487-1496, 2016.

Macedo, M.C.M. 2009. Integração lavoura-pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. *Rev Bras Zootecn*, 28: 133-146.

Macedo, M.C.M. e Zimmer, A.H. 2007. Sistemas integrados de lavoura pecuária na região dos Cerrados do Brasil. *Simpósio Internacional em Integração Lavoura-Pecuária*. Anais. UFPR, UFRGS. Curitiba. PR. 24 pp.

Machado, L.A.Z. e Assis, P.G.G. 2010. Produção de palha e forragem por espécies anuais e perenes em sucessão à soja. *Pesq Agropec Bras*, 45: 415-422.

Machado, L.A.Z. e Cecon, G. 2010. Sistemas integrados de agricultura e pecuária. In: Pires, A.V. (Ed.). *Bovinocultura de corte*. Editora FEALQ. Piracicaba. 2: 1401-

1462.

Madalena, F.E. 2012. A contribuição da F1 de gado de leite e estratégias de sua utilização. IX Simpósio Brasileiro de Melhoramento Animal. João Pessoa. PB.

Magnabosco, C.U.; Faria, C.U.; Balbino, L.C.; Barbosa, V.; Martha JR., G.B.; Vilela, L.; Barioni, L.G.; Barcellos, A.O. e Sainz, R.D. 2003. Desempenho do componente animal: experiência do programa de Integração lavoura e pecuária. In: Kluthcouski, J.; Stone, L.F. ; e Aidar, H. Integração lavoura-pecuária. Embrapa Arroz e Feijão. Santo Antonio de Goiás. 1: 459-495.

Maranhão, C.M.A. de; Silva, C.C.F.; Bonomo, P. e Pires, A.J.V. 2009. Produção e composição químico-bromatológica de duas cultivares de braquiária adubadas com nitrogênio e sua relação com o índice SPAD. *Acta Scientiarum. Anim Sci*, 31: 117-122.

Mokolobate, M.C.; Theunissen, A.; Scholtz, M.M. e Naser, F.W.C. 2014. Sustainable crossbreeding systems of beef cattle in the era of climate change. *S Afr J Anim Sci*, 44 pp.

Moraes, A.; Carvalho, P.C.F.; Anghinoni, I.; Lustosa, S.C.; Costa, S.E.V.G.A. e Kunrath, T.R. 2012. Crop-livestock integration in Brazilian subtropics. *International Symposium on Integrated Crop-Livestock Systems. Proceedings. UFRGS. Porto Alegre. Brazil. (CD ROM).*

Moreira, P.S.A.; Berber, R.C.A.; Lourenço, F.J.; Belufi, P.R.; Konrad, M. Efeito do sexo e da maturidade sobre o peso de carcaça quente, acabamento e conformação de bovinos abatidos em Sinop-MT. *Comunicata Scientiae*, v.3, n.4, p.292-298, 2012.

Nascimento, R.S. e Carvalho, N.L. 2011. Integração lavoura-pecuária. *Monografias ambientais – REMOA/UFMS, Santa Maria. 4: 828-847.*

Nassu, R. T.; Tullio, R. R.; Esteves, S. N.; Bernardi, A. C. Características da carcaça e qualidade da carne de bovinos terminados em sistema de integração lavoura-pecuária. *Veterinária e Zootecnia*, v. 23, n. 4, p. 637-641, 2016.

Oliveira, I.P.; Kluthcouski, J.; Yokoyama, L.P.; Dutra, L.G.; Portes, T.A. da.; Silva, A.E. da.; Pinheiro, B.S. da.; Ferreira, E.; Castro, E.M.; Guimarães, C.M.; Gomide, J.C. e Balbino, L.C. 1996. Sistema Barreirão: recuperação/renovação de pastagens degradadas em consórcio com culturas anuais. Embrapa Arroz e Feijão. Goiânia. 90 pp.

Oliveira, M. V. M.; Lana, R. P.; Jham, G. N.; Pereira, J. C.; Pérez, J. R. O.; VALADARES FILHO, S. C. Influência da monensina no consumo e na fermentação ruminal em bovinos recebendo dietas com teores baixo e alto de proteína. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 34, n. 5, p. 1763-1774, 2005.

Oliveira, P. de; Kluthcouski, J.; Favarin, J.L. e Santos, D.C. de. 2010. Sistema Santa Brígida - tecnologia Embrapa: consorciação de milho com leguminosas. Embrapa Arroz e Feijão. Santo Antônio de Goiás. GO. 16 pp.

Oliveira, P.; Kluthcouski, J.; Favarin, J. L.; Santos, D. C. Sistema Santa Brígida – Tecnologia Embrapa: consorciação de milho com leguminosas. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2010. 16 p. (Circular Técnica, 88).

Otani, T.; AE, N.; Tanaka, H. Phosphorus (P) uptake mechanisms of crops grown in soils with low P status: II. Significance of organic acids in root exudates of pigeonpea. *Soil Science and Plant Nutrition*, v. 42, n. 3, p. 553-560, 1996.

Pariz, C.M. ; Andreotti, M.; Azenha, M.V.; Bergamaschine, A.F.; Mello, L.M.M. e Lima, R.C. 2010. Massa seca e composição bromatológica de quatro espécies de braquiárias semeadas na linha ou a lanço, em consórcio com milho no sistema plantio direto na palha. *Anim Sci*, 32: 147-154.

Pedreira, M.S.; Berchielli, T.T.; Oliveira, S.G.; Primavesi, O.; Lima, M.A. e Frighettos, R. 2004. Produção de metano e concentração de ácidos graxos voláteis ruminal em bovinos alimentados. Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Anais. SBZ. Campo Grande. MS. (CD-ROM).

Pereira, A.S.C.; Baldi, F.; Sainz, R.D.; Utembergue, B.L.; Chiaia, H.L.J.; Magnabosco, C.U.; Manicardi, F.R.; Araujo, F.R.C.; Guedes, C.F.; Margarido, R.C.; Leme, P.R. e Sobral, P.J.A. 2014. Growth performance, and carcass and meat quality traits in progeny of Poll Nellore, Angus and Brahman sires under tropical conditions. *Anim Product Sci*. 10: 1295-1302.

Prado, I.N.; Prado, R.M.; Rotta, P.P.; Visentainer, J.V.; Moletta, J.L. e Perotto, D. 2008. Carcass characteristics and chemical composition of the Longissimus muscle of crossbred bulls (*Bos taurus indicus* vs *Bos taurus taurus*) finished in feedlot. *J Anim Feed Sci*, 17: 295-306.

Quintino, A.; Giolo, R.; Abreu, J. e Macedo, M.C. 2016. Características morfogênicas e estruturais do capim-piatã em sistema de Integração lavoura-pecuária. *Vet e Zootec*, 23: 131-138.

Ribeiro, C.F. A.; Almeida, O.T. e Ribeiro, S.C.A. 2005. Exportação brasileira de carne bovina: uma análise de comércio exterior. V Encontro Latino Americano de Pós-graduação da Universidade do Vale do Paraíba. UNIPAV. São José dos Campos, Brasil.

Rocha Júnior, V.R.; Silva, F.V.; Barros, R.C.; Reis, S.T.; Costa, M.D.; Souza, A.S.; Caldeira, L.A.; Oliveira, T.S. e Oliveira, L.L.S. 2010. Desempenho e características de carcaça de bovinos Nelore e Mestiços terminados em confinamento. *Rev Bras Saúde Prod Anim*, 11: 865-875.

Rocha, F.; Muraoka, T.; Scaramuzza, W. L. M. P.; Scaramuzza, J. F. Eficiência de Forrageiras e Efeito da Micorriza na Absorção de Fósforo Menos Disponível do Solo. *UNICIÊNCIAS*, v. 16, n. 1, 2015.

Rosa, A.N. e Menezes, R.O. 2015. Recursos genéticos em gado de corte. <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2194130/artigo-recursos->

geneticos-em-gado-de-corte (24/09/2015).

Rubiano, G.A.G.; Arrigoni, M.B.; Martins, C.L.; Rodrigues, E.; Gonçalves, H.C. e Angeram, C.N. 2009. Desempenho, características de carcaça e qualidade da carne de bovinos superprecoces das raças Canchim, Nelore e seus mestiços. *Rev Bras de Zootecn*, 38: 2490-2498.

Ruviaro, C.F.; Costa, J.S.; Florindo, T.J.; Rodrigues, W.; Medeiros, G.I.B. e Vasconcelos, P.S. 2016. Economic and environmental feasibility of beef production in different feed management systems in the Pampa biome, southern Brazil. *Eco Indic*, 60: 930-939.

Salton, J.C.; Kichel, A.N.; Kruker, J.M.; Zimmer, A.H.; Mercante, F.M. e Almeida, R.G. de. 2013. Sistema São Mateus - sistema de Integração lavoura-pecuária para a região do Bolsão Sul-Matogrossense. Embrapa Agropecuária Oeste. Dourados. MS. 6 pp.

Savell, J.W.; Mueller, S.L.; Baird, B.E. The chilling of carcasses. *Meat Science*, v.70, p.449-459, 2005.

Silva, L.A. e Correia, A.F.K. de. 2011. Manual de boas práticas de fabricação para indústria fracionadora de alimentos-DOI:. *Rev de Ciênc & Tecnol*, 16: 39-57.

Silva, R.M.; Restle, J.; Missio, R.L.; Bilego, U.O.; Pacheco, P.S.; Resende, P.L.P.; Fernandes, J.J.R.; Silva, A.H.G.; e Padua, J.T. 2015. Características de carcaça e carne de novilhos de diferentes predominâncias genéticas alimentados com dietas contendo níveis de substituição do grão de milho pelo grão de milheto. *Ciênc Agrár*, 36: 943-960.

Souto, J. S.; de Oliveira, F. T.; Gomes, M. M. S.; do Nascimento, J. P.; SOUTO, P. C. Efeito da aplicação de fósforo no desenvolvimento de plantas de feijão guandu (*Cajanus cajan* (L) millsp). *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v. 4, n. 1, p. 135-140, 2009.

Tanaka, A.L.R.; Neves, H.H.R.; Oliveira, J.A.; Carvalheiro, R. e Queiroz, S.A. 2012. Índice de seleção bioeconômico para fêmeas de corte da raça nelore. *Arch Zootec*, 61: 537-548.

Vilela, L.; Barcellos, A.O. de. e Sousa, D.M.G. de. 2001. Benefício da Integração entre lavoura e pecuária. Embrapa Cerrados. Planaltina. DF. 21 pp.

Vilela, L.; Martha, J.R.G.B.; Macedo, M.C.M.; Marchão, R.L.; Guimarães, R.J.R.; Pulrolnik, K. e Maciel, G. A. 2011. Sistemas de Integração lavoura-pecuária na região do Cerrado. *Pesq Agropec Bras*. 46: 1127-1138.

Wadt, P.G.S. 2003. Práticas de conservação do solo e recuperação de áreas degradadas. Embrapa. Rio Branco. AC. 29 pp.

Webb, E. C.; Casey, N. H.; Simela, L. Goat meat quality. *Small Ruminant Research*, Amsterdam, v. 60, n. 1-2, p. 153-166, 2005.

Wheeler, T. L.; Shackelford, S. D.; Johnson, L. P.; Miller, M. F.; Miller, R. K.; Koohmaraie, M. A. A comparison of Warner-Bratzler shear force assessment within and among institutions. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 75, p. 2421-2432, 1997.

White, A.; O'Sullivan, A.; Troy, D.J. et al. Manipulation of the pre-rigor glycolytic behavior of bovine *M. longissimus dorsi* in order to indentify causes of inconsistencies in tenderness. *Meat Science*, v.73, n.1, p.151-156, 2006.

Zanine, A.M.; Santos, E.M.; Ferreira, D.J. e Carvalho, G.G.P. 2006. Potencialidade da Integração lavoura-pecuária: relação planta animal. *Rev Eletron de Vet.* 7: 1-23.

Zimmer, A.H.; Macedo, M.C.M.; Kichel, A.N.; e Almeida, R.G. de. 2012. Degradação, recuperação e renovação de pastagens. Embrapa Gado de Corte. Brasília. DF. 42 pp.

Vieira, R.F.; Vieira, C.; Vieira, R.F. Leguminosas graníferas. Viçosa: Ed. da UFV, 2001. 206p

CAPÍTULO 2- ARTIGO 1²

Desempenho zootécnico de novilhas Nelore e F1 Nelore x Angus em diferentes sistemas de Integração Lavoura-Pecuária consorciado com guandu

RESUMO

Diversos componentes (como culturas e recursos genéticos empregados, adubações utilizadas, bem como clima e localização) contribuem para a produtividade final do sistema agropecuário. Este estudo teve como objetivo avaliar o desempenho produtivo de novilhas de dois grupos genéticos (Nelore e F1 - Nelore x Angus) em dois ambientes produtivos (um com Integração Lavoura-Pecuária, denominado alto investimento, e outro em sistema pecuário exclusivo, denominado de baixo investimento). Dentro de cada ambiente, também foi avaliado o consórcio com Guandu. Na avaliação de produtividade por área no período da seca, o tratamento M+B+G (milho grão consorciado com Feijão Guandu e *Brachiaria brizantha* cv. Paiaguás) diferiu estatisticamente dos tratamentos C+SS (pastagem de braquiária com adubação de P₂O₅) e C (pastagem de braquiária - controle). Os animais F1 (Nelore x Angus) foram superiores aos animais Nelore para peso de carcaça, rendimento e ganhos de peso. Os tratamentos de alto investimento proporcionaram maiores pesos de carcaça, ganho total e ganho a pasto. Nos tratamentos de baixo investimento, o consórcio com Guandu apresentou maior produtividade por área. Verificou-se que o Guandu é uma excelente opção para os sistemas integrados e constatou-se que os animais F1 proporcionaram maior produtividade animal.

Palavras-chave: produtividade, bovinos, paiaguás, leguminosa.

INTRODUÇÃO

Um dos temas atuais mais discutidos para o desenvolvimento agropecuário brasileiro é a sustentabilidade dos sistemas de produção. Neste sentido, associar sistemas agrícolas com a pecuária de corte tem sido um caminho escolhido por

² Trabalho elaborado de acordo com as normas da revista Agricultural Systems

diversos produtores pelos benefícios gerados, tanto financeiros quanto ao meio ambiente (MACEDO, 2009). A Integração lavoura-pecuária (ILP) é uma alternativa tecnológica com capacidade de promover a recuperação da produtividade de áreas degradadas melhorando as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo e o potencial de produção, tanto de grãos como de forragens (VILELA et al., 2011). De acordo com Bell et al. (2014), os sistemas integrados auxiliam os produtores a gerir os riscos por alterações climáticas, além de promover diversificação nos sistemas aumentando a produtividade por área.

A introdução de culturas anuais de grãos no sistema de produção exige grande investimento e grande mudança de paradigma para o pecuarista. Assim, alternativas de menor investimento que proporcionem incremento produtivo com sustentabilidade dos sistemas pecuários também devem ser buscadas (POWELL et al., 2004). Assim, as intervenções mais simples no sistema como adubação fosfatada (HEINRICHS e SOARES FILHO, 2014) e o semeio de leguminosas em consórcio podem promover significativos ganhos produtivos (BETTIOL et al., 2015).

A utilização de leguminosas em consórcio com gramíneas apresenta a vantagem da fixação biológica do nitrogênio resultando em maior produção de forragem e com maior teor de proteína (EMEFIENE et al., 2014). O feijão guandu (*Cajanus Cajan*) é uma opção para estes sistemas, pois além de contribuir para a melhoria da fertilidade do solo, possui elevado potencial de produção de fitomassa de alto valor nutricional sendo uma excelente fonte de proteínas para os ruminantes (RAO et al., 2003).

Em se tratando do componente animal, é importante observar o potencial produtivo do recurso genético utilizado no sistema. Os cruzamentos de raças e a seleção do rebanho com o melhoramento genético podem proporcionar melhor aproveitamento dos alimentos ofertados pelo sistema resultando em maior produtividade (VILELA et al., 2011). Neste contexto, o cruzamento entre raças das espécies *Bos taurus* e *Bos indicus* atendem bem a esses requisitos, pois resultam em animais com elevado potencial produtivo devido aos efeitos da heterose e complementaridade entre as raças (ROCHA JUNIOR et al., 2010) e os produtos F1 utilizando cruzamentos com a raça Angus tem se destacado em diversos experimentos (CRUZ et al., 2009; ROTTA et al., 2009; SILVA et al., 2015).

Diversos componentes (como culturas anuais e forrageiras envolvidas, recurso genético animal empregado, adubações utilizadas, bem como clima e

localização) contribuem para a produtividade final do sistema agropecuário. Assim, a realização deste estudo teve como objetivo avaliar o desempenho produtivo de novilhas de dois grupos genéticos (Nelore e F1 Nelore x Angus) em dois ambientes produtivos (alto investimento representado pelo uso de ILP e baixo investimento representado por sistema pecuário exclusivo). Dentro de cada ambiente, também foi avaliado o consórcio das gramíneas com o guandu (*Cajanus Cajan*).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Escola do IF Goiano Campus Iporá (16°25'29''S, 51°09'04''W), e constituiu-se em duas etapas. A primeira etapa foi realizada em uma área de 9 ha no período seco e a segunda etapa em uma área de 6,9 ha no período chuvoso. Foram avaliadas 36 bezerras, com idade inicial de aproximadamente 7 meses e peso vivo médio inicial de 180 kg, sendo 18 Nelore e 18 F1 (Nelore x Angus). Todo o protocolo experimental foi aprovado pelo comitê de ética do Instituto Federal Goiano sob o nº 14/2014.

A análise do solo da área experimental indicou na profundidade 0–20 m, os seguintes resultados: pH (CaCl₂) 5,2; 0,00 cmol dm⁻³ de Al; 3,0 mg dm⁻³ de P; 148 mg dm⁻³ de K; 2,7 cmol dm⁻³ de Ca; 1,5 cmol dm⁻³ de Mg; 2,5 cmol dm⁻³ de H + Al; 1,6% de Matéria Orgânica (MO); 0 M% de Saturação de Alumínio; 64 V% de Saturação de base; 56% de areia; 17% de silte; e 27% de argila.

Os animais foram divididos em 6 tratamentos com 1,5 ha por tratamento, sendo 3 repetições de 0,5 ha com dois animais (1 Nelore e 1 F1) por repetição. Os tratamentos foram subdivididos em dois grupos, sendo que três tratamentos são considerados como baixo investimento (BI) onde foi utilizada a estratégia de recuperação de pastagem e os outros três como alto investimento (AI) onde foi utilizada a estratégia de reforma de pastagem com ILP. Os tratamentos BI foram: pastagem de braquiária pré-existente (C); pastagem de braquiária pré-existente com adubação de 54 kg de P₂O₅.ha⁻¹ (C+SS); pastagem pré-existente adubada com de 54 kg de P₂O₅.ha⁻¹ consorciada com guandu (C+SS+G). Nesta área, foi realizado no dia 28 de janeiro de 2015, a adubação e o plantio direto do *Cajanus cajan* cv. Super N. Este foi semeado utilizando o sistema de distribuição por fluxo contínuo da semeadora para grãos miúdos (10,66 kg.ha⁻¹), equivalente a 140 mil sementes por hectare. Os mecanismos de corte da palhada, discos de distribuição de adubo e

sistema de distribuição de sementes graúdas estavam espaçados a 0,5 m entre linha, auxiliando na deposição das sementes da leguminosa sob a pastagem/solo. A distribuição do adubo no tratamento C+SS foi realizada com o mesmo equipamento. A adubação utilizada em ambos os tratamentos foi de 288 kg ha⁻¹ de Superfosfato Simples (18% de P₂O₅). Os animais dos tratamentos de BI permaneceram nos mesmos piquetes durante os períodos seco (05 de junho à 20 de novembro de 2015) e chuvoso (21 de novembro de 2015 a 31 de maio de 2016).

Os tratamentos AI foram: *Urochloa brizantha* cv. Paiaguás (paiaguás) consorciada com guandu (*Cajanus cajan* cv. Super N) (B+G); milho grão consorciado com paiaguás (M+B); e milho grão consorciado com guandu e paiaguás (M+B+G). Nesta área foi realizada aplicação de gesso (1.000 kg ha⁻¹) e o preparo do solo com gradagem pesada (32 polegadas) e niveladora. A semeadura do milho, braquiária e guandu foi realizada no dia 22 de janeiro de 2015. A adubação de base destes tratamentos foi de 197,5 kg ha⁻¹ do fertilizante formulado NPK (04-30-10). As áreas com plantio de milho receberam adubação de cobertura com 150 kg de ureia por hectare, dividida em duas aplicações (19 e 29 dias após a semeadura). O pastejo destes tratamentos foi iniciado 15 dias após a colheita do milho, realizada em 7 de junho de 2015. Os animais permaneceram nestes piquetes durante o período seco.

No período chuvoso, os animais dos tratamentos AI foram alocados em 2,2 ha de *Panicum maximum* cv. Tanzânia dividida em 13 piquetes em sistema de pastejo rotacionado com 2 dias de ocupação e 24 dias de descanso. Esta área foi formada na safra 2014-2015 com o plantio de milho grão consorciado com a pastagem. Após a saída dos animais dos piquetes, estes recebiam adubação nitrogenada a lanço na proporção de 7,14 kg de N.UA⁻¹ha⁻¹ciclo⁻¹ de 26 dias. O cálculo para esta adubação foi feito baseado na pesagem dos animais a cada ciclo. Foi feita a adubação de micronutrientes com 50 Kg.ha⁻¹ do adubo FTE BR12[®] em todos os piquetes. A ordem de entrada dos piquetes foi reestabelecida ao fim de cada ciclo de pastejo. No início de cada ciclo, foi obtida a média da altura da pastagem de cada piquete, sendo os piquetes ranqueados em ordem decrescente, estabelecendo a ordem de entrada. A altura da pastagem foi medida na entrada e na saída dos animais de cada piquete durante todo o período. A Figura 1 melhor representa o layout do experimento durante as estações seca e chuvosa.

Nos piquetes de pastejo contínuo (BI e AI durante o período seco) foi colocada uma gaiola de 1m² para estimar a produção de forragem. No período da seca, a cada 28 dias foram feitas coletas de quatro amostras de forragem de 0,25 m² por piquete sendo duas coletas dentro da gaiola e duas fora da gaiola, cortando a 10 cm de altura em relação ao solo. As amostras foram pesadas, determinando a matéria verde (MV). Uma amostra foi separada em braquiária, guandu e milho, posteriormente pesadas, determinando a MV de cada um separadamente. As amostras foram colocadas em estufa a 65°C por 72 horas. Após, foram pesadas novamente obtendo a matéria seca (MS) tanto do conjunto de plantas forrageiras (Total) quanto de braquiária, guandu e milho separadamente. As amostras foram moídas utilizando peneira de 1 mm e submetidas a análise bromatológica para verificar a composição nutricional da forragem, determinando os teores de Proteína Bruta (PB), Lignina, Matéria Mineral (MM), Fibra em detergente neutro (FDN) e ácido (FDA).

No período chuvoso, a cada 28 dias foram feitas coletas de quatro amostras de forragem de 0,50 m² por piquete em pastejo contínuo sendo duas coletas dentro da gaiola e duas fora da gaiola, cortando a 10 cm de altura em relação ao solo. Na área de pastejo rotacionado (Tanzânia), foram coletadas duas amostras por piquete na entrada e saída dos animais utilizando um quadrado de 1m² com corte a 25 cm do solo. As amostras foram pesadas e alocadas em estufa a 65°C por 72 horas para determinação de matéria seca e posteriormente foram moídas a 1mm para análise bromatológica.

Durante o período seco, os animais receberam suplementação concentrada na proporção de 5 g kg⁻¹ de peso vivo (PV) contendo 170,7 g kg⁻¹ de proteína bruta (PB), 121,4 g kg⁻¹ de matéria mineral (MM), 348,4 g kg⁻¹ de FDN, 44,5 g kg⁻¹ de FDA e 14,2 g kg⁻¹ de lignina. Durante o período chuvoso, os animais receberam suplementação concentrada contendo 143,4 g kg⁻¹ de PB, 189,5 g kg⁻¹ de MM, 326,0 g kg⁻¹ de FDN, 45,6 g kg⁻¹ de FDA e 8,5 g kg⁻¹ de lignina na proporção de 3 g kg⁻¹ de PV. A cada 28 dias, os animais foram pesados.

Ao final do período chuvoso (30 dias pré-abate), todos os animais foram agrupados em um mesmo lote e receberam suplementação concentrada contendo 159,9 g kg⁻¹ de PB, 67 g kg⁻¹ de MM, 476,4 g kg⁻¹ de FDN, 265,3 g kg⁻¹ de FDA e 22,9 g kg⁻¹ de lignina na proporção de 20 g kg⁻¹ de peso vivo (PV), considerando este como um período de semiconfinamento.

Os animais foram pesados mensalmente entre os dias 01 de julho de 2015 a 30 de maio de 2016 (representando 0, 24, 52, 80, 108, 143, 170, 198, 226, 255, 283, 304, 313 e 334 dias em experimento). A pesagem realizada aos 143 dias de experimento (P143) foi considerada a última pesagem do período seco. As pesagens realizadas aos 170 e aos 313 (P170 e P313) dias em experimento foram considerados a primeira e última pesagem do período chuvoso, enquanto a pesagem aos 334 dias (P334) representa o peso ao abate. O período de semiconfinamento foi de 21 dias com 9 dias de adaptação.

O rendimento de carcaça foi calculado a partir da divisão entre peso da carcaça quente e peso ao abate (P334). Realizou-se o cálculo do ganho de peso total no período da seca (GPTs = P170 – P0), ganho em peso por dia no período da seca (GPDs = (P143-P0) / dias), ganho em peso por dia no período chuvoso (GPDc = (P313-P170) / dias), ganho no semiconfinamento: (GC = (P334-P313) / dias), ganho no pasto (GP = (P313-P0) / dias), ganho de peso total (GPT = P334-P0) / dias).

As sobras de suplemento (quando houve) foram coletadas e pesadas, registrando o consumo de suplemento por piquete durante todo o período experimental. Posteriormente, foi calculado o consumo de suplemento em cada período (seco e chuvoso) e por hectare, realizando os devidos ajustes para cada caso. Foi calculada a conversão alimentar (CA) do suplemento em ganho em peso em cada um dos períodos (seco, chuvoso - pastejo e terminação). O ganho em peso também foi calculado com o ajuste por área, obtendo o ganho em peso por hectare em cada período (seco e chuvoso).

Para os dados de peso dos animais foi utilizado o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \delta_{ik} + (\alpha_i \times \delta_{ik}) + d_{ijk} + (\alpha_i \times d_{ijk}) + (\delta_{ik} \times d_{ijk}) + b_{ij} + \xi_{ijk}, \text{ onde:}$$

i= Nelore, F1 Nelore x Angus

k = tratamentos (diferentes tratamentos de sistemas de produção de forragem)

j = indivíduo

Y_{ijk} , representa o resultado de cada pesagem

μ significa a média

α representa o efeito fixo de grupo genético

δ representa o efeito fixo de tratamento

d representa o efeito fixo dos dias (medidas repetidas)

b representa o efeito aleatório do indivíduo

ξ representa o erro associado com cada medida

Para os dados de forragem foi utilizado o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \delta_{ik} + (\alpha_i \times \delta_{ik}) + d_{ijk} + (\alpha_i \times d_{ijk}) + (\delta_{ik} \times d_{ijk}) + b_{ij} + \xi_{ijk}, \text{ onde:}$$

i= tratamentos (diferentes tratamentos de sistemas de produção de forragem)

k = local (dentro e fora da gaiola)

j = piquete

Y_{ijk} , representa o resultado de cada amostra de forragem

μ significa a média

α representa o efeito fixo de tratamento

δ representa o efeito fixo de local

d representa o efeito fixo dos dias (medidas repetidas)

b representa o efeito aleatório do piquete

ξ representa o erro associado com cada medida

Para os dados com uma única medida foi realizada análise de variância com o seguinte modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \delta_{ik} + (\alpha_i \times \delta_{ik}) + \xi_{ijk}, \text{ onde:}$$

i= Nelore, F1 Nelore x Angus

k = tratamentos (diferentes tratamentos de sistemas de produção de forragem)

j = indivíduo

Y_{ijk} , representa o resultado de cada variável

μ significa a média

α representa o efeito de grupo genético

δ representa o efeito de tratamento

ξ representa o erro associado com cada medida

RESULTADOS

Os tratamentos de alto investimento durante o período seco apresentaram maiores teores de lignina e PB e menor teor de FDN (Tabela 1). Houve efeito do local de coleta para todos os dados de bromatologia avaliados, demonstrando a seletividade dos animais em pastejar os componentes da forragem com maior valor nutricional (Tabela 1 e 2). Como não houve efeito da interação entre local e tratamento, não são apresentadas as médias de composição nutricional para os diferentes locais (dentro e fora das gaiolas de exclusão). Os resultados de MM, FDN, FDA, LIG e PB mostram melhor qualidade da forragem disponível no período das águas (Tabela 2).

Não houve efeito significativo da interação de tratamento x local x dia para os teores de MM, FDN, FDA e PB. Somente os teores de lignina apresentaram diferença significativa entre os tratamentos para as coletas realizadas fora das gaiolas (Tabela 3).

Para as variáveis de peso de carcaça, rendimento e ganhos em peso, no geral, os animais F1 foram significativamente melhores que os animais Nelore (Tabela 4). Os maiores valores de carcaça, ganho total e ganho no pasto mostram superioridade dos tratamentos de alto investimento (Tabela 4).

Os pesos dos animais ao longo de todo o período experimental tiveram diferenças entre os grupos genéticos F1 e Nelore desde o início do experimento (Figura 1). No final do experimento houve diferença entre os tratamentos dentro dos grupos genéticos.

Os grupos genéticos diferiram para peso nos períodos seco e chuvoso nos tratamentos de baixo investimento (Figura 2) e alto investimento (Figura 3), sendo que o grupo F1 apresentou melhores resultados. No período seco, o tratamento M+B+G apresentou maior peso final que os tratamentos do grupo BI. Avaliando todo o período experimental (seco e chuvoso) dentro dos tratamentos do grupo AI, houve diferença somente entre os animais F1 e Nelore (Figura 3).

Durante o período seco, os tratamentos de alto investimento possibilitaram melhor desempenho de ganho de peso diário que os tratamentos de baixo

investimento. O tratamento C+SS resultou em menor desempenho comparado com os tratamentos de alto investimento. E o tratamento M+B+G apresentou resultado superior a todos os tratamentos de baixo investimento (Figura 4).

A análise de correlação demonstrou não haver correlação significativa dos ganhos em peso e o rendimento de carcaça (Tabela 5). Rendimento de carcaça apresentou correlação negativa significativa com o ganho em terminação, demonstrando que os animais que tiveram maior ganho nesse período tiveram menor rendimento de carcaça. Os animais que tiveram maior ganho na terminação foram os animais que estavam nos tratamentos com menor ganho a pasto, indicando, portanto, um ganho compensatório. Assim, provavelmente estes animais tiveram um significativo ganho em peso de vísceras durante o período de terminação, justificando seu menor rendimento de carcaça.

Houve diferença significativa entre os tratamentos do período das águas onde o tratamento C+SS+G resultou em maior ganho de peso total por hectare (ha) e por dia em relação aos outros tratamentos. Na avaliação de produtividade por área no período da seca, o tratamento M+B+G diferiu estatisticamente dos tratamentos C+SS e C (Tabela 6).

Na avaliação de produtividade por área no período das águas entre os tratamentos de baixo investimento, o tratamento com guandu diferiu dos outros tratamentos (Tabela 7). Isso reforça os resultados anteriores demonstrando a maior produtividade animal dos consórcios com guandu.

DISCUSSÃO

Os melhores resultados de MM, FDN, FDA, LIG e PB, demonstraram superioridade na qualidade da forragem disponível no período chuvoso. COSTA et al. (2005) avaliaram produção de matéria seca e composição bromatológica da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e observaram que no período das secas, devido a estacionalidade, a disponibilidade de forragem diminuiu e a produção de matéria seca foi de um terço da observada no período chuvoso, em consequência das condições climáticas.

Os maiores valores de lignina no período da seca para os tratamentos de alto investimento podem ser explicados pela presença do guandu e pela quantidade de biomassa acumulada. De acordo com OLIVEIRA et al. (2010) as altas proporções de

lignina estão relacionadas ao maior FDA na composição da forrageira. Maiores teores de lignina indicam indigestibilidade da fibra além de apontar menor valor energético. Contudo, neste trabalho os teores de lignina não afetaram o desempenho animal.

O maior ganho de peso nos dois períodos ($P < 0,001$) e maior peso ao abate demonstra superioridade do grupo genético F1 em relação aos animais Nelore. Este efeito era esperado devido a heterose do grupo F1. Dias et al. (2015) também observaram superioridade nos animais $\frac{1}{2}$ sangue Angus-Nelore em relação aos animais Nelore quanto ao ganho em peso diário criados em regime de suplementação a pasto.

Não houve diferença de rendimento de carcaça entre os animais F1 e Nelore, apesar do F1 apresentar maior peso vivo e maior peso de carcaça quente. Esse resultado demonstra o menor peso de vísceras e peso ósseo dos animais zebuínos em relação aos taurinos, quando criados em sistemas predominantemente a pasto (Menezes et al., 2011).

Observa-se que os tratamentos nos quais utilizaram apenas os mecanismos de recuperação de pastagem, trouxeram resultados de qualidade de pastagem (FDN, LIG e PB) muito inferiores aos tratamentos de sistema integrado de produção. Isso justifica a superioridade do ganho de peso dos animais nos tratamentos de alto investimento devido as melhores condições nutricionais da pastagem, resultado do sistema integrado de produção.

Os tratamentos de alto investimento apresentaram resultados de ganho de peso melhores que os tratamentos de baixo investimento com destaque para o tratamento M+B+G ($p < 0,05$) que apresentou diferença de 61 kg no período seco quando comparado com o tratamento controle. Além disso, os animais desse tratamento apresentaram melhor conversão do suplemento (Tabela 6) quando comparado com os outros tratamentos. Isso se deve ao efeito aditivo que é caracterizado pelo aumento do consumo total de energia digestível devido ao incremento no consumo de concentrado, podendo o consumo de forragem permanecer o mesmo ou aumentar (MOORE, 1980).

Nota-se que entre os tratamentos de baixo investimento, o uso do consórcio com gandu proporcionou maior desempenho dos animais nos dois períodos com incremento de 51 kg no período chuvoso. Considerando os dois períodos, os resultados mostraram produção próxima de 76 kg a mais por hectare em razão do

consórcio com guandu. Observou-se também que não houve diferença entre os tratamentos C+SS e C indicando que a adubação de fósforo não trouxe nenhuma vantagem para o sistema. Foi utilizado como fonte de fósforo (P) o Fosfato Super Simples que tem como característica a alta solubilidade, o que proporciona efeito rápido em curto prazo. A adubação foi realizada em janeiro de 2015 e as avaliações de disponibilidade de forragem iniciaram em junho do mesmo ano, perfazendo aproximadamente 120 dias. Sendo assim, é possível que o uso de outras fontes de fósforo com efeito em médio prazo produza melhores resultados para este tipo de avaliação.

Além disso, o solo estava ácido (pH igual a 5,2), o que pode comprometer a disponibilidade do fósforo para a grande maioria das plantas (VILELA et al., 2000). De acordo com SOUSA et al. (2000), a resposta à adubação fosfatada depende, dentre outros fatores, da disponibilidade de P no solo, da disponibilidade de outros nutrientes, e também da correção da acidez.

No presente estudo, a composição nutricional da forragem não sofreu efeito dos diferentes sistemas de consórcio (tratamentos) avaliados. No entanto, foi possível observar diferença no desempenho animal, que no final é o produto resultante de todo o sistema pecuário.

Costa et al. (2012) avaliaram cultivo do milho consorciado com braquiária e 3 tipos de leguminosas (*Calopogonium mucunoides*, *Macrotyloma axillare* e *Stylozanthos capitata*). Estes autores encontraram valores baixos de proteína bruta e nenhum efeito dos tratamentos devido a baixa produção de massa das leguminosas em consórcio. Os resultados encontrados no presente estudo também indicam a baixa participação da leguminosa na composição da forragem disponível.

Alary et al. (2016) estudaram modelagem de propriedades de agricultura familiar com modelo bioeconômico para avaliar o desempenho produtivo das fazendas com a introdução de sistemas de plantio direto com *brachiária*, milho e guandu. Os sistemas de plantio direto com o guandu apresentaram melhores resultados em todos os modelos de propriedades estudados. Isto foi explicado principalmente pelo alto valor nutritivo (expresso em teor de PB). Além disso, o aumento de despesas com produção agrícola devido a introdução do guandu foi compensado pela redução dos custos com compra de alimento concentrado para os animais. A adoção desse sistema permitiu que as fazendas aumentassem o tamanho do rebanho e o rendimento líquido das atividades.

Segundo Cardoso et al. (2016), a produção de carne em sistemas integrados de produção utilizando leguminosas e gramíneas consorciadas aumenta a capacidade de suporte das áreas utilizadas, além de aumentar o sequestro de carbono, diminuindo a emissão de CO₂. Os resultados observados, tanto no sistema de ILP quanto no sistema de recuperação da pastagem, reforçam a superioridade produtiva dos sistemas de consórcio de leguminosas e gramíneas forrageiras.

CONCLUSÃO

Os animais F1 apresentaram maior desempenho produtivo do que os animais Nelore. Os sistemas de Integração Lavoura-Pecuária apresentaram maior produtividade animal que os sistemas de reforma de pastagem. O consórcio com guandu, tanto em consórcio com milho e braquiária quanto implantado por plantio direto em pastejo, apresentou resultados superiores de produtividade animal, demonstrando o potencial de uso dessa leguminosa forrageira nos sistemas pecuários do Cerrado.

BIBLIOGRAFIA

ALARY, V.; CORBEELS, M.; AFFHOLDER, F.; ALVAREZ, S.; SORIA, A.; XAVIER, J. V.; SILVA, F. A. M.; SCOPEL, E. Economic assessment of conservation agriculture options in mixed crop-livestock systems in Brazil using farm modelling. *Agricultural Systems*, v. 144, p. 33-45, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2016.01.008>

BELL, L. W.; MOORE, A. D.; KIRKEGAARD, J. A. Evolution in crop–livestock integration systems that improve farm productivity and environmental performance in Australia. *European Journal of Agronomy*, v. 57, p. 10-20, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2013.04.007>

BETTIOL, J. V. T.; PEDRINHO, A.; MERLOTI, L. F.; BOSSOLANI, J. W.; DE SÁ, M. E. Plantas de cobertura, utilizando *Urochloa ruziziensis* solteira e em consórcio com leguminosas e seus efeitos sobre a produtividade de sementes do feijoeiro. *UNICIÊNCIAS*, v. 19, n. 1, 2015. <http://dx.doi.org/10.17921/1415-5141.2015v19n1p%25p>

CARDOSO, A. S.; BERNDT, A.; LEYTEM, A.; ALVES, B. J. R.; DE CARVALHO, I. D. N.; SOARES, L. H. B.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. Impact of the intensification of beef production in Brazil on greenhouse gas emissions and land use. *Agricultural Systems*, v. 143, p. 86-96, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agry.2015.12.007>

COSTA, K. A. P.; ROSA, B.; OLIVEIRA, I. P.; CUSTÓDIO, D. P.; SILVA, D. C. Efeito

da estacionalidade na produção de matéria seca e composição bromatológica da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. *Ciência Animal Brasileira*, v. 6, n. 3, p. 187-193, 2005.

COSTA, P.M.; VILLELA, S.D.J.; LEONEL, F.D.P.; ARAÚJO, K.G.; RUAS, J.R.M.; COELHO, F.S.; ANDRADE, V.R. Intercropping of corn, brachiaria grass and leguminous plants: productivity, quality and composition of silages. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 41, n. 10, p. 2144-2149, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982012001000002>

CRUZ, G.M.; RODRIGUES, A.A.; TULLIO, R.R.; ALENCAR, M.M.; ALLEONI, G.F.; OLIVEIRA, G.P. Desempenho de bezerros da raça Nelore e cruzados desamamados recebendo concentrado em pastagem adubada de *Cynodon dactylon* cv. Coastcross. *Revista Brasileira de Zootecnia*, p. 139-148, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982009000100018>

DIAS, L. L. R.; ORLANDINI, C. F.; STEINER, D.; MARTINS, W. D. C.; BOSCARATO, A. G.; ALBERTON, L. R. Ganho de peso e características de carcaça de bovinos nelore e meio sangue angus-nelore em regime de suplementação a pasto. *Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR*, v. 18, n. 3, p. 155-160, 2015. <https://doi.org/10.25110/arqvet.v18i3.2015.5535>

EMEFIENE, M. E., JOSHUA, V. I., NWADIKE, C., YAROSON, A. Y., & ZWALNAN, N. D. E. Profitability analysis of Pigeon pea (*Cajanus cajan*) production in Riyom LGA of Plateau State. *International Letters of Natural Sciences*, v. 13, n. 2, 2014.

HEINRICH S. R; SOARES FILHO. C. V. Adubação e manejo de pastagens: II Simpósio de adubação e manejo de pastagens. Birigui-SP: BOREAL, 2014. p. 7-8.

MACEDO, M. C. M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. *Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, MG*, v. 38, p. 133-149, 2009.

MENEZES, L. F.; BRONDANI, I. L.; RESTLE, J.; ALVES FILHO, D. C.; CALLEGARO, A. M.; WEISE, M. Características dos componentes não integrantes da carcaça de novilhos superjovens da raça Devon, terminados em diferentes sistemas de alimentação. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, Belo Horizonte*, v. 63, n.2, p. 372-381, 2011.

MOORE, J. E. Forage crops. In: HOVELAND, C. S. Crop quality, storage and utilization. Madison: Crop Science Society of America, 1980. p. 61- 91.

OLIVEIRA, L. B.; PIRES, A. J. V.; VIANA, A. E. S.; MATSUMOTO, S. N.; CARVALHO, G. G. P.; RIBEIRO, L. S. O. Produtividade, composição química e características agrônômicas de diferentes forrageiras. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 39, n. 12, p. 2604-2610, 2010.

POWELL, J.M.; PEARSON, R. A.; HIERNAUX, P.H. Crop-livestock interactions in the West African drylands. *Agronomy journal*, v. 96, n. 2, p. 469-483, 2004. <https://dx.doi.org/10.1007/s10460-009-9203-z>

RAO, S. C.; PHILLIPS, W. A.; MAYEUX, H. S.; PHATAK, S. C. Potential grain and forage production of early maturing pigeonpea in the southern Great Plains. *Crop Science*, v. 43, n. 6, p. 2212-2217, 2003. Doi:10.2135/cropsci2003.2212

ROCHA JÚNIOR, V.R.; SILVA, F.V.; BARROS, R.C.; REIS, S.T.; COSTA, M.D.; SOUZA, A.S.; CALDEIRA, L.A.; OLIVEIRA, T.S.; OLIVEIRA, L.L.S. Desempenho e características de carcaça de bovinos Nelore e Mestiços terminados em confinamento. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v.11, n.3, p.865-875, 2010.

ROTTA, P. P.; PRADO, R. M. D.; PRADO, I. N. D.; VALERO, M. V.; VISENTAINER, J. V.; SILVA, R. R. The effects of genetic groups, nutrition, finishing systems and gender of Brazilian cattle on carcass characteristics and beef composition and appearance: a review. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, v. 22, n. 12, p. 1718-1734, 2009. <https://doi.org/10.5713/ajas.2009.90071>

SILVA, R. M.; RESTLE, J.; MISSIO, R. L.; BILEGO, U. O.; PACHECO, P. S.; RESENDE, P. L. P.; FERNANDES, J. J. R.; SILVA, A. H. G.; PADUA, J. T. Carcass characteristics of steers of different genetic predominance fed diets containing levels of substitution of corn grain by millet grain. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 36, n. 2, p. 943-960, 2015. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2015v36n2p943>

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. Adubação fosfatada em solos da região do cerrado. Embrapa cerrados, Planaltina, DF, 2000.

VILELA, L.; JUNIOR, G. B. M.; MACEDO, M. C. M.; MARCHÃO, R. L.; JÚNIOR, R. G.; PULROLNIK, K.; MACIEL, G. A. Sistemas de Integração lavoura; pecuária na região do Cerrado. *Pesquisa agropecuária brasileira*, v. 46, n. 10, p. 1127-1138, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2011001000003>

VILELA, L.; SOARES, W. V.; SOUSA, D. M. B de; MACEDO, M. C. M. Calagem e adubação para pastagens na região do cerrado. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2000. 15p. (Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 37).

Tabela 1. Análise bromatológica dos seis sistemas de produção de forragem diferentes (M+B+G - milho grão consorciado com guandu e *Urochloa brizantha* cv. Paiaguás (braquiária); M+B - milho grão consorciado com braquiária; B+G - braquiária consorciada com guandu; C+SS+G - pastagem pré-existente adubada com fósforo consorciada com guandu; C+SS - pastagem de braquiária pré-existente com adubação de fósforo; C – pastagem pré-existente) durante o período seco.

Tratamento	MM	FDN	FDA	LIG	PB
M+B+G	56,90	818,07 ^{ab}	554,17	110,83 ^a	48,25 ^a
M+B	55,32	813,39 ^a	551,06	107,35 ^a	47,52 ^a
B+G	59,74	813,40 ^a	553,94	108,71 ^a	43,66 ^a
C+SS+G	55,70	836,53 ^{bc}	548,53	92,74 ^b	33,34 ^b
C+SS	56,04	838,02 ^c	546,32	93,12 ^b	33,59 ^b
C	53,55	833,94 ^{bc}	550,83	92,52 ^b	34,07 ^b
Trat.	ns	***	ns	***	***
Dia	***	***	***	***	***
Trat. x Dia	*	ns	ns	**	ns
Local	**	**	***	**	***
Trat. x Local	ns	ns	ns	*	ns
Dia x Local	ns	ns	ns	*	***
Trat. x Dia x Local	ns	ns	ns	*	ns
Contraste Alto x Baixo	ns	***	ns	***	***

^{a,b,c}: letras diferentes na mesma coluna significam diferença estatística no teste de Tukey ($p < 0,05$). Ausência de letras: Não houve diferença significativa; MM – matéria mineral; FDN – fibra em detergente neutro; FDA – fibra em detergente ácido; LIG – lignina; PB – Proteína Bruta; Trat - efeito fixo de tratamento; Dia – efeito fixo do dia (0 27 58 82 109); Trat x dia – efeito da interação entre tratamento e dia; Local – efeito fixo do local de coleta (dentro e fora das gaiolas); Trat x Local – efeito da interação entre tratamento e local; Dia x Local – efeito da interação entre dia e local; Trat x dia x Local – efeito da interação entre tratamento, dia e local; Alto x Baixo – efeito da interação entre os tratamentos de alto e baixo investimento.

Tabela 2. Análise bromatológica da forragem, dentro (G) e fora (F) das gaiolas, dos três tratamentos de baixo investimento (C+SS+G - pastagem pré-existente adubada com fósforo consorciada com guandu; C+SS - pastagem de braquiária pré-existente com adubação de fósforo; C – pastagem pré-existente) nos períodos seco e chuvoso.

Tratamento	Período	MM	FDN	FDA	LIG	PB
C+SS+G		56,33	834,92	546,35	91,76	33,37
C+SS	Seco	56,41	835,84	543,92	91,88	33,98
C		53,55	833,94	550,83	92,52	34,07
C+SS+G		82,43	746,09	422,01	63,13	86,53
C+SS	Chuvoso	79,39	746,56	411,74	62,88	89,34
C		74,52	772,06	444,96	63,41	78,70
Dentro	Seco	57,01	826,75	536,68	89,87	37,59
Fora		53,85	843,05	557,39	94,23	30,03
Dentro	Chuvoso	86,34	732,28	412,89	60,66	100,75
Fora		71,22	777,53	439,58	65,62	68,96
Trat.		ns	ns	ns	ns	ns
Período		***	***	***	***	***
Trat. x Per.		ns	ns	ns	ns	ns
Local		***	***	***	ns	***
Trat x Local		ns	ns	ns	ns	ns
Per. x Local		**	**	ns	ns	**
Trat x Per. x Local		ns	ns	ns	ns	ns

MM – matéria mineral; FDN – fibra em detergente neutro; FDA – fibra em detergente ácido; LIG – lignina; PB – Proteína Bruta; Trat - efeito fixo de tratamento; Período – efeito fixo do período das secas e águas; Trat x Per. – efeito da interação entre tratamento e período; Local – efeito fixo do local de coleta (dentro e fora das gaiolas); Trat x Local – efeito da interação entre tratamento e local; Per x Local – efeito da interação entre período e local; Trat x Per x Local – efeito da interação entre tratamento, período e local.

Tabela 3. Teor de lignina (g kg^{-1}) na forragem, dentro (G) e fora (F) das gaiolas, de seis sistemas de produção de forragem diferentes (M+B+G - milho grão consorciado com guandu e *Urochloa brizantha* cv. Paiaguás (braquiária); M+B - milho grão consorciado com braquiária; B+G - braquiária consorciada com guandu; C+SS+G - pastagem pré-existente adubada com fósforo consorciada com guandu; C+SS - pastagem de braquiária pré-existente com adubação de fósforo; C – pastagem pré-existente) durante o período seco.

Dias	M+B+G		M+B		B+G		C+SS+G		C+SS		C	
	F	G	F	G	F	G	F	G	F	G	F	G
0	153,4 ^{aA}	98,9 ^b	127,6 ^{AB}	93,7	122,7 ^{ABC}	103,7	85,5 ^{BC}	72,0	75,0 ^C	69,7	92,1 ^{BC}	89,4
27	105,0 ^{AB}	98,5	89,8 ^B	111,3	142,8 ^A	94,8	92,6 ^{AB}	86,1	100,9 ^{AB}	95,5	87,8 ^B	95,0
58	99,1	98,0	97,5	94,3	115,5	89,2	97,5	71,9	91,7	79,2	91,0	76,5
82	99,4	97,4	100,5	103,1	104,3	100,8	99,6	106,5	100,9	105,7	100,7	88,6
109	134,1	124,6	130,3	125,5	114,8	98,5	104,0	11,7	92,7	120,0	106,6	97,5

^{A,B,C,a,b}: letras diferentes na mesma linha significam diferença estatística no teste de Tukey ($p < 0,05$), letras minúsculas comparam entre dentro e fora da gaiola e letras maiúsculas entre tratamentos. Ausência de letras: não houve diferença significativa.

Tabela 4. Ganho em peso de fêmeas Nelore (N) e Nelore x Angus (F1) submetidas a dois grupos de sistemas de produção de forragem diferentes no período das águas (alto – uso de ILP e consórcio com guandu; e baixo – sistemas pecuários exclusivos com uso de consórcio com guandu).

	Carcaça			Ganho (kg dia ⁻¹)		
	Kg	@	Rend (%)	Term	Pasto	Total
F1	208.51	13.90	50,4	0,99	0.52	0,57
Nelore	166.34	11.09	50,5	0,61	0.41	0,43
Alto	198.60	13.24	50,5	0.73	0.53	0.55
Baixo	176.25	11.75	50,3	0,88	0.40	0.45
Média	188.47	12.56	50,4	0.81	0.47	0.50
CV	10.08	10.08	2.52	45.03	18.62	17.39
GG	***	***	ns	**	**	***
Trat.	**	**	ns	ns	***	**
GgxTrat	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Carcaça – peso da carcaça; Rend – rendimento de carcaça; Term – ganho de peso no período de terminação (semiconfinamento); Pasto – ganho de peso em todo o período a pasto; - Total – ganho de peso em todo o período experimental; CV - Coeficiente de variação; GG – efeito fixo de grupo genético; TRAT - efeito fixo de tratamento; GG X TRAT. - Efeito da interação entre grupo genético e tratamento.

Tabela 5. Resultados das estimativas entre ganho de peso no período das secas e águas e rendimento de carcaça de peso de fêmeas Nelore (N) e Nelore x Angus (F1) submetidas a seis sistemas de produção de forragem (M+B+G - milho grão consorciado com guandu e *Urochloa brizantha* cv. Paiaguás (braquiária); M+B - milho grão consorciado com braquiária; B+G - braquiária consorciada com guandu; C+SS+G - pastagem pré-existente adubada com fósforo consorciada com guandu; C+SS - pastagem de braquiária pré-existente com adubação de fósforo; C – pastagem pré-existente).

	Ganho seca	Ganho águas	Carcaça	Rend	Ganho term	Ganho pasto total
Ganho águas	0,727***					
Carcaça	0,751***	0,749***				
Rend	-0,144	-0,121	0,008			
Ganho term	0,177	-0,024	0,370**	-0,448**		
Ganho pasto total	0,878***	0,925***	0,871***	-0,116	0,094	
Ganho total	0,866***	0,849***	0,917***	-0,244	0,394**	0,951***

***p<0,001; **p<0,01; Ganho secas – ganho de peso na seca; Ganho águas – ganho de peso nas águas; Carcaça – peso de carcaça; Rend – rendimento de carcaça; Ganho terminação – ganho de peso no período de terminação; Ganho Pasto Total – ganho de peso nos períodos da secas e águas.

Tabela 6. Resultados de ganho de peso de fêmeas Nelore (N) e Nelore x Angus (F1) submetidas a seis sistemas de produção de forragem diferentes (M+B+G - milho grão consorciado com guandu e *Urochloa brizantha* cv. Paiaguás (braquiária); M+B - milho grão consorciado com braquiária; B+G - braquiária consorciada com guandu; C+SS+G - pastagem pré-existente adubada com fósforo consorciada com guandu; C+SS - pastagem de braquiária pré-existente com adubação de fósforo; C - pastagem pré-existente) no período da seca.

Tratamento	GPT (kg PV.ha ⁻¹)	(@.ha ⁻¹)	GPD (kg PV.ha ⁻¹ dia ⁻¹)	CS (kg.ha ⁻¹)	CA (kg s ⁻¹ .kg de PV ⁻¹)
M+B+G	208,7 ^a	6,96 ^a	1,932 ^a	223,8	1,14 ^b
M+B	167,3 ^{ab}	5,58 ^{ab}	1,549 ^{ab}	210,6	1,29 ^b
B+G	158,7 ^{ab}	5,29 ^{ab}	1,469 ^{ab}	230,3	1,47 ^b
C+SS+G	134,0 ^{ab}	4,47 ^{ab}	1,241 ^{ab}	225,8	1,70 ^{ab}
C+SS	82,7 ^b	2,75 ^b	0,766 ^b	223,1	3,08 ^a
C	86,0 ^b	2,87 ^b	0,796 ^b	217,1	2,55 ^{ab}
Média	142,7	4,76	1,321	222,0	1,830
EPM	35,64	1,187	0,330	17,19	0,544

¹ kg de suplemento utilizado; GPT – ganho de peso total; GPD – ganho de peso diário; CS – consumo de suplemento; CA – conversão alimentar em quilogramas de suplemento por quilograma de peso vivo; EPM – erro padrão da média. ^{a,b,c}: letras diferentes na mesma coluna significam diferença estatística no teste de Tukey ($p < 0,05$).

Tabela 7. Resultados de ganho de peso de fêmeas Nelore (N) e Nelore x Angus (F1) submetidas a três sistemas de produção de forragem diferentes no período das águas (C+SS+G - pastagem pré-existente adubada com fósforo e consorciada com guandu; C+SS - pastagem pré-existente adubada com 54 kg de P_2O_5 .ha⁻¹; C - pastagem pré-existente).

Tratamento	GPT (kg PV.ha ⁻¹)	(@.ha ⁻¹)	GPD (kg PV.ha ⁻¹ dia ⁻¹)	CS (kg.ha ⁻¹)	CA (kg s ¹ .kg de PV ⁻¹)
C+SS+G	389 ^a	12,97 ^a	2,416 ^a	536,23	1,38
C+SS	266 ^b	8,865 ^b	1,653 ^b	501,02	1,91
C	286 ^{ab}	9,535 ^{ab}	1,777 ^{ab}	513,36	1,82
Média	313,67	10,46	1,703	516,87	1,70
CV (%)	11,24	11,26	18,61	7,92	18,61

GPT/ha – ganho de peso total por hectare; @/ha – peso em arroba por hectare; GPT/kg/dia – ganho de peso total em quilogramas por dia; CONSUMO – Consumo de suplemento total durante todo período; CONVERSÃO – kg de suplemento consumido por kg de peso vivo ganho; CV - Coeficiente de variação. ^{a,b,c}: letras diferentes na mesma coluna significam diferença estatística no teste de Tukey (p<0,05).

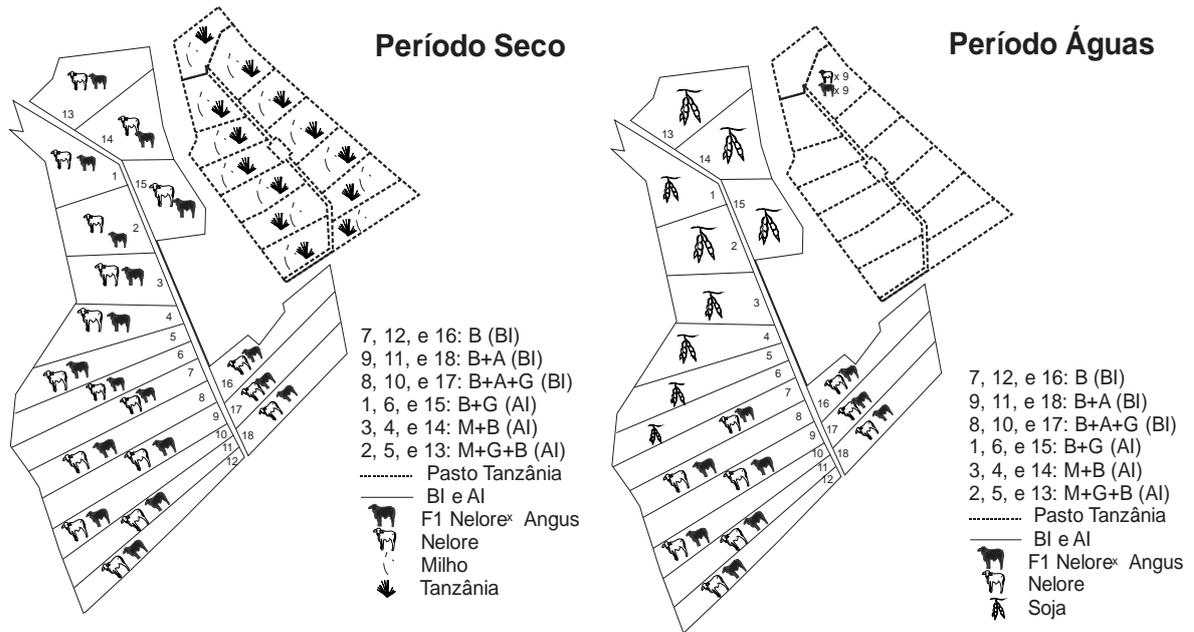


Figura 1. Layout do experimento durante os períodos seco e chuvoso.

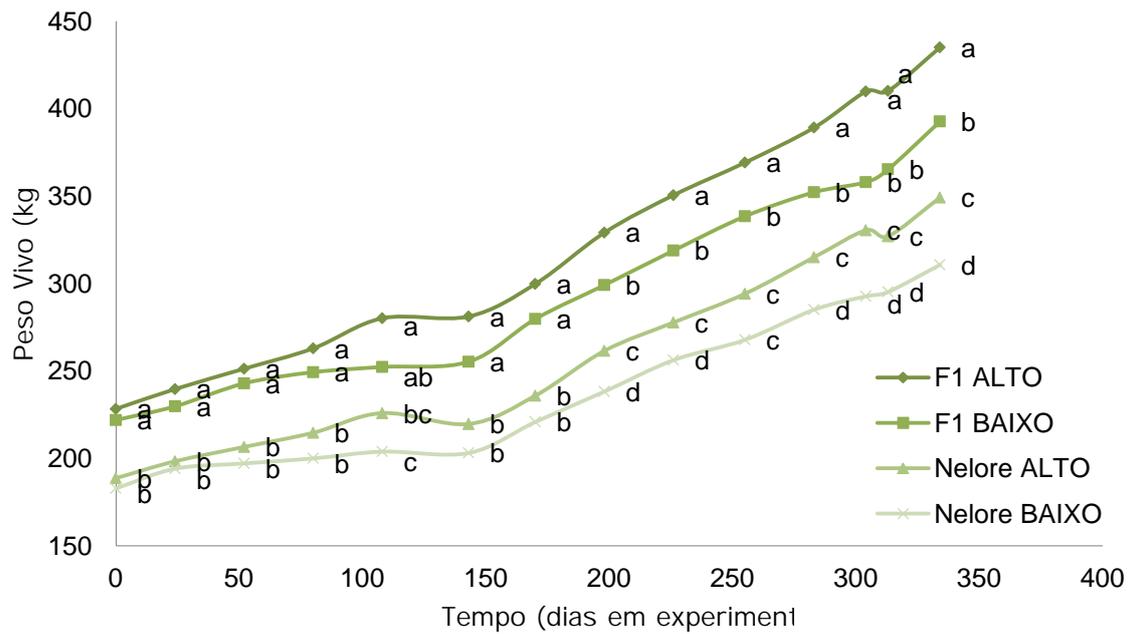


Figura 2. Resultados das pesagens de fêmeas Nelore (N) e Nelore x Angus (F1) de acordo com os dias de experimento submetidas a dois grupos de sistemas de produção de forragem diferentes no período das águas (alto – uso de ILP e consórcio com guandu; e baixo – sistemas pecuários exclusivos com uso de consórcio com guandu). ^{a,b,c,d}: letras diferentes na mesma coluna significam diferença estatística no teste de Tukey ($p < 0,05$).

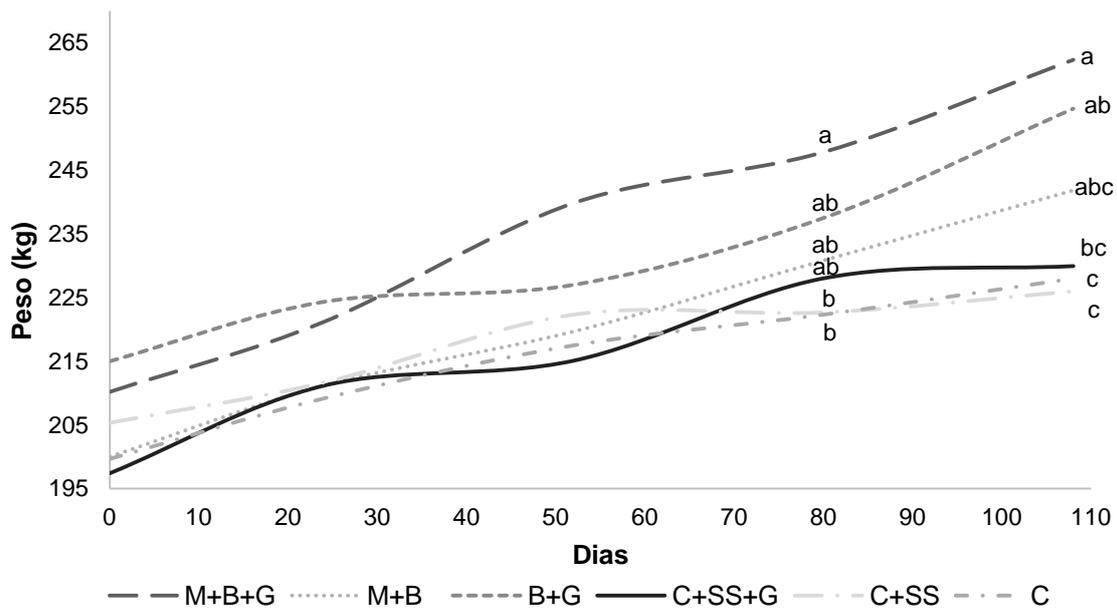


Figura 3. Resultados das pesagens de fêmeas Nelore (N) e Nelore x Angus (F1) submetidas a seis sistemas de produção de forragem diferentes de acordo com os dias de experimento durante o período seco. ^{a,b,c}: letras diferentes na mesma coluna significam diferença estatística no teste de Tukey ($p < 0,05$); M+B+G: milho grão consorciado com guandu e *Urochloa brizantha* cv. Paiaguás (braquiária); M+B: milho grão consorciado com braquiária; B+G: braquiária consorciada com guandu; C+SS+G: pastagem pré-existente adubada com fósforo consorciada com guandu; C+SS: pastagem de braquiária pré-existente com adubação de fósforo; C: pastagem pré-existente.

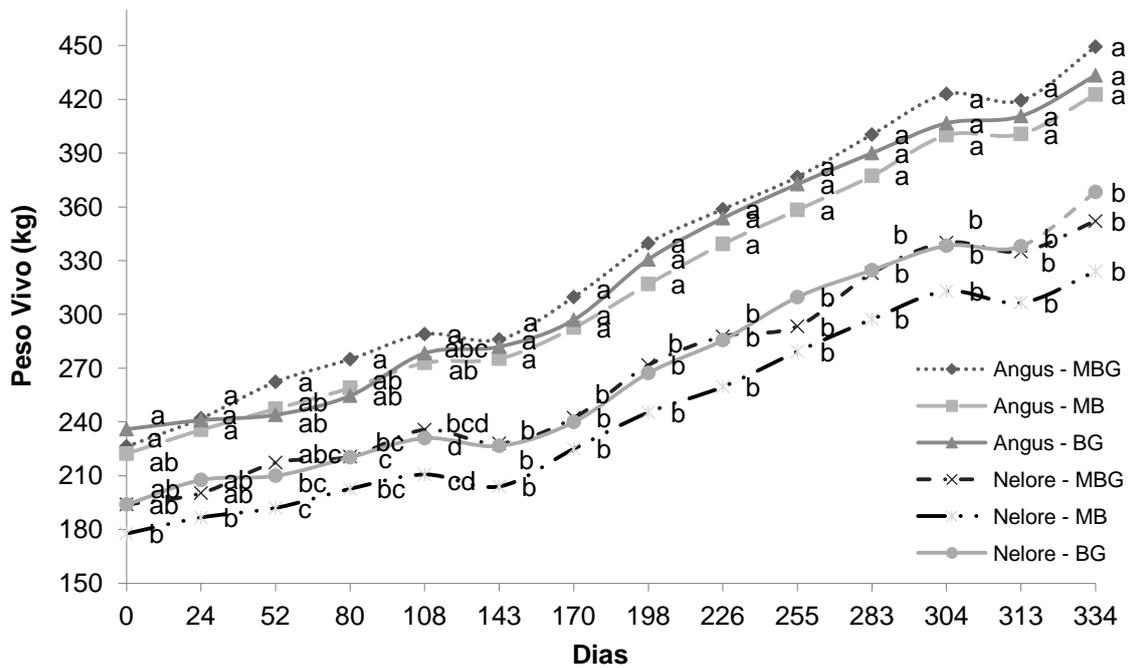


Figura 4. Resultados das pesagens de fêmeas Nelore (N) e Nelore x Angus (F1) submetidas a três sistemas de produção de forragem durante o período seco (M+B+G: milho grão consorciado com guandu e *Urochloa brizantha* cv. Paiaguás (braquiária); M+B: milho grão consorciado com braquiária; B+G: braquiária consorciada com guandu). ^{a,b,c}: letras diferentes na mesma coluna significam diferença estatística no teste de Tukey ($p < 0,05$).

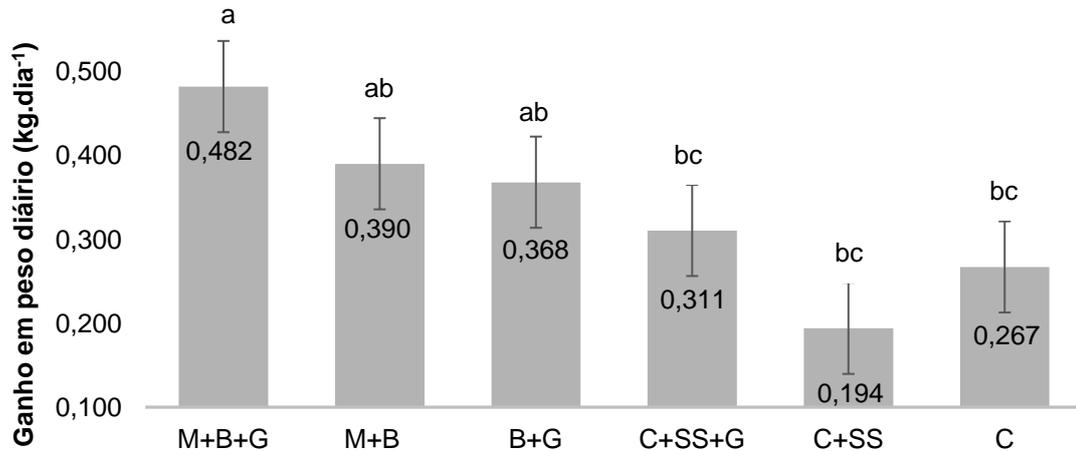


Figura 5. Resultados de ganho de peso diário de fêmeas Nelore (N) e Nelore x Angus (F1) submetidas a seis sistemas de produção de forragem diferentes de acordo com os dias de experimento durante o período seco. M+B+G: milho grão consorciado com guandu e *Urochloa brizantha* cv. Paiaguás (braquiária); M+B: milho grão consorciado com braquiária; B+G: braquiária consorciada com guandu; C+SS+G: pastagem pré-existente adubada com fósforo consorciada com guandu; C+SS: pastagem de braquiária pré-existente com adubação de fósforo; C: pastagem pré-existente. ^{a,b,c}: letras diferentes na mesma coluna significam diferença estatística no teste de Tukey ($p < 0,05$).

CAPÍTULO 3- ARTIGO 2³

Beef meat produced in different crop-livestock integrated farming systems using Nellore and F1 Nellore x Angus heifers

ABSTRACT

Brazilian beef cattle industry has undergone several changes as a consequence of new technologies with the aim to increase the productive capacity in the areas that have been currently farmed. The use of cross-breeding and crop-livestock integrated farming systems (CLIFS) are strategies that can be adopted to increase the productivity and quality of the final output (meat). The objective of this study was to determine the carcass traits and meat quality of Nellore and F1 Nellore x Angus heifers raised in different forage production systems (FPS). Thirty-six heifers (18 Nellore and 18 F1 Nellore x Aberdeen Angus) with initial body weight (BW) of 180 kg and approximately seven months of age were distributed in different FPS ranked as either low input (LI) or high input (HI) systems. The LIFPS represented single-based livestock systems, whereas the HIFPS comprised the grassland renovation for implementation of the CLIFS. Intercropping with pigeonpea was evaluated in both LI and HIFPS. Heifers were slaughtered at 19 months of age. Carcass traits and meat quality evaluations were performed subsequently after slaughter. F1 Nellore x Angus heifers were greater ($P < 0.05$) in most assessments of carcass traits and meat quality. The HIFPS differed ($P < 0.05$) from the LIFPS with better results for hot carcass weight (HCW), subcutaneous fat thickness (SFT), marbling degree and loin eye area (LEA). The data indicate that F1 Nellore x Angus heifers raised in HIFPS seem to be suitable to obtain high beef yields and also high meat quality.

Key words: crossing; genetic resources; pigeonpea; production systems; sustainability

Abbreviation key: a: red color intensity; b: yellow color intensity; AL: arm length; AP: arm perimeter; BW: body weight; CL: carcass length; CLIFS: crop-livestock

³ Trabalho elaborado de acordo com as normas da revista Livestock Production Science

integrated farming systems; FPS: forage production systems; HCW: hot carcass weight; HIFPS: high input forage production system; L: luminosity; LEA: loin eye area; LIFPS: low input forage production system; LL: leg length; LT: leg thickness; MARB: marbling degree; SF: shear force; SFT: subcutaneous fat thickness; T: texture; WLC: weight loss by cooking.

1. Introduction

Brazil has become the largest beef exporter of the world at the end of the first decade of the 21st century, and has stand out as the largest supplier of animal foods (Jank et al., 2014). Considering that the majority of Brazilian livestock has been grass-based raised, pasture degradation is one of the major bottlenecks of the production system, which directly affects the sustainability of the activity (Anualpec, 2015).

The reasons of pasture degradation include the inadequate management of the herds and lack of nutrient replacement on grasslands (Macedo, 2009). It has been estimated that out of 173 million hectares of pasture in Brazil, 70% seem to show some stage of degradation (Strassburg et al., 2014).

In order to increase the productive capacity of livestock farming in the areas that have been currently exploited, strategies such as the integration of grain crops with livestock and supplementation of grazing animals have been reported to be promising, and represent an alternative for the development of more efficient production systems (Alary et al., 2016). Thus, one technological alternative capable of promoting the recovery of the productivity of degraded pastures and improve land use is the use of CLIFS.

CLIFS is a strategy that integrates agricultural and livestock activities aiming to maximize land use, infrastructure and labor, as well as minimizing costs, dilute risks, and aggregate values to agricultural products (Veysset et al., 2014). Furthermore, CLIFS seem to be the solution to recover degraded pastures and eliminate the need to deforest new areas for agricultural production (Sant-Anna et al., 2017).

One of the options for CLIFS is the use of pigeonpea (*Cajanus cajan*) due to its high potential for forage production and high nutritional value (mainly protein) for ruminants. In addition, this legume plant contributes for a better soil fertility through

big quantities of biomass production, biological nitrogen fixation, and nutrient cycling (Rao et al., 2003).

In order to achieve better results in CLIFS it is also necessary to adopt techniques that increase animal performance. Thus, one of the key points to be observed is the choice of genetic breeds with greater performance, which can be achieved by the genetic improvement within breeds and/or cross-breeding. Advantages of cross-breeding have been widely reported in several studies (Mokolobate et al., 2014; Pereira et al., 2015). The animal's breed interferes in the quantitative and qualitative carcass traits as well as in the weight gain. Animals from different genetic groups show different characteristics of physiological maturity, slaughter weight, yield and muscle/fat ratio in the carcass (Gomes et al., 2017).

An interesting alternative to obtain animals that meet these requirements is to cross Nellore females (the basis of the Brazilian beef cattle herd) with breeds selected for relevant carcass traits and meat quality characteristics. Several experiments have been carried out in order to identify the breed that best responds in CLIFS by crossing *Bos taurus* and *Bos indicus*. In general, F1 products using crosses with the Aberdeen Angus have been highlighted in most of the experiments (Cruz et al., 2009).

The objective of the present study was to determine the carcass traits and meat quality of 18 Nellore and 18 F1 Nellore × Angus heifers raised in different FPS.

2. Materials and methods

The experiment was conducted at the School Farm of IF Goiano (Iporá Campus) (16°25'29"S, 51°09'04"W) and consisted of two stages. The first phase was carried out in an area of nine ha during the 2015 dry season and the second stage in an area of 6.7 ha during the 2015/16 rainy season. Thirty-six heifers (18 Nellore and 18 F1 Nellore × Aberdeen Angus) with initial BW of 180 kg and approximately seven months of age were distributed in six FPS with 1.5 ha per FPS (three replicates of 0.5 ha with two heifers; 1 Nellore and 1 F1 per replicate). All experimental protocols were approved by the IF Goiano Ethical Committee in the Use of Animals (decision # 14/2014).

The FPS were further subdivided in two groups: low input (LI) and high input (HI) FPS. The LIFPS were described as the following: pre-existing *Brachiaria* spp.

pasture (control; B), pre-existing *Brachiaria* spp. pasture with fertilization of 54 kg P_2O_5 ha^{-1} (brachiaria + phosphorus; B+P), and pre-existing *Brachiaria* spp. pasture fertilized with 54 kg P_2O_5 ha^{-1} and intercropped with pigeonpea (brachiaria + phosphorus + pigeonpea; B+P+PP). Heifers belonged to the LIFPS remained in the same pens during the dry (June 5 to October 17, 2015) and rainy (November 21, 2015 to May 31, 2016) seasons.

The HIFPS were described as Paiaguás Palisadegrass (*Urochloa brizantha* cv. Paiaguás) intercropped with pigeonpea (*Cajanus cajan* cv. Super N) (brachiaria + pigeonpea; B+PP), corn intercropped with Paiaguás Palisadegrass (corn + brachiaria; C+B), and corn intercropped with pigeonpea and Paiaguás Palisadegrass (corn + pigeonpea + brachiaria; C+PP+B). The HI areas were fertilized with 197 kg ha^{-1} of NPK (4-30-10). Heifers belonged to the HIFPS started grazing 15 days after corn harvest, which occurred in June 5, 2015. Animals belonged to the HIFPS remained in the pens described above only during the 2015 dry season.

After the beginning of the 2015/16 rainy season, heifers belonged to the HIFPS were moved to a 2.2 ha pasture with Tanzania grass (*Panicum maximum* cv. Tanzânia), which was established during the 2014/15 season through a corn field intercropped with Tanzania grass. The shift of the heifers belonged to the HIFPS to the Tanzania grass pasture occurred with the aim to simulate a CLIFS with adoption of a smaller area of intensive grazing during the rainy season in order to free the remaining areas for annual cropping. Figure 1 best represents the layout of the experiment during the dry and rainy seasons.

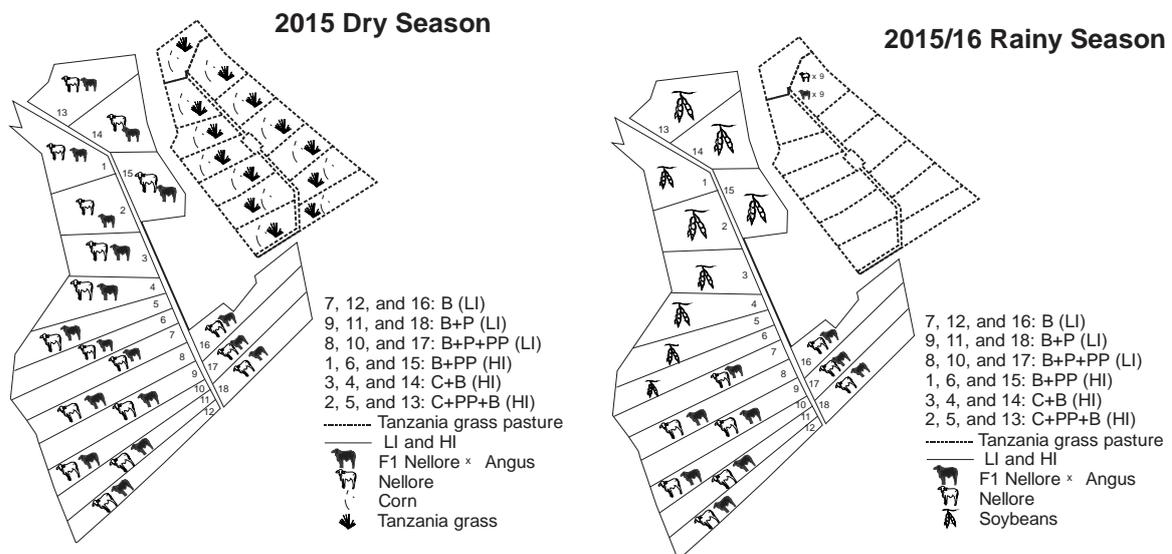


Figure 1. Layout of the experiment during the dry and rainy seasons

The Tanzania grass pasture was divided in 13 pens in a rotational grazing system with two days for occupation and 24 days for resting. After heifers exited each pen, there was a broadcast nitrogen fertilization with urea at the rate of 7.14 kg N livestock unit (LU)⁻¹ ha⁻¹ cycle⁻¹ of 28 days. This value was obtained considering seven cycles during the 2015/16 rainy season and a dosage of 50 kg N LU⁻¹ ha⁻¹ (Lugão et al., 2003). The amount of nitrogen fertilizer with urea was based on the animals' BW at the end of each cycle. There was also a micronutrient fertilization with 50 Kg ha⁻¹ of FTE BR12[®] fertilizer (7.1% Ca, 5.7% S, 1.8% B, 0.8% Cu, 2% Mn, 0.1% Mo, and 9% Zn) in all pens.

The sequence for entering the pens was reestablished at the end of each grazing cycle. At the beginning of each cycle the average grass height was measured in each pen, and then pens were ranked in a descendent order establishing the sequence of entry. The grass height was measured at the entry and exit of the heifers from each pen during the entire 2015/16 grazing season.

Every 28 days two LI and HI forage samples measuring 0.25 m² were collected from each pen in a cutting height of 10 cm above ground level and immediately weighed to determine the green matter (GM) quantities. One sample was separated in Brachiaria, pigeonpea, and corn to determine the amount of GM from each component separately. Samples were then dried in a forced-air oven at 65°C for 72 hours to obtain the dry matter (DM) content (AOAC, 2000) from the whole forage sample and from each separated component.

Heifers were fed a concentrate supplement during the 2015 dry season at the rate of 5 g kg⁻¹ BW containing 170.7 g kg⁻¹ crude protein (CP), 121.4 g kg⁻¹ mineral matter (MM), 348.4 g kg⁻¹ neutral detergent fiber (NDF), 44.5 g kg⁻¹ acid detergent fiber (ADF), and 14.2 g kg⁻¹ lignin. During the 2015/16 rainy season animals were fed a concentrate supplement at the rate of 3 g kg⁻¹ BW containing 143.4 g kg⁻¹ CP, 189.5 g kg⁻¹ MM, 326.0 g kg⁻¹ NDF, 45.6 g kg⁻¹ ADF, and 8.5 g kg⁻¹ lignin.

At the end of the 2015/16 rainy season (30 days prior to slaughter) all 36 heifers were grouped in a single lot at the Tanzania grass pasture as an attempt to replicate a feedlot system in an open field and fed a concentrate supplement at the rate of 20 g kg⁻¹ BW containing 159.9 g kg⁻¹ CP, 67 g kg⁻¹ MM, 476.4 g kg⁻¹ NDF, 265.3 g kg⁻¹ ADF, and 22.9 g kg⁻¹ lignin.

Animals' BW was recorded every 28 days after a twelve-hour solid fasting. Heifers were slaughtered on May 31, 2016. Prior to transportation to the slaughterhouse, heifers were weighed after a twelve-hour solid fasting and slaughtered following the procedure and normal flow of the slaughterhouse. At the end of the slaughter line the carcasses were cut in two halves; the left half carcasses were identified with plastic tags, weighed and taken to the cold store for 24 hours in accordance with current sanitary legislation.

After cooling, the following measurements were taken: CL (measured from the medial cranial edge of the first rib until the anterior edge of the pubis bone), LL (from the tibiotarsal joint until the anterior edge of the pubis bone), LT (measured with a compass positioned between the lateral and medial sides of the upper portion of the leg), AL (from the radiocarpal joint until the end of the olecranon), and AP (involving the middle part of the radius bone and the muscles that cover the region).

Meat samples of five cm thick through cross-sectional cuts were taken from the left half carcass between the 9th and 11th ribs of the cranial portion of the *Longissimus dorsi* muscle. SFT was measured using a caliper. The outline of the LEA was drawn on a millimeter tracing paper and later scanned. The ImageJ[®] software was used to limit the outline of the drawing and determine the LEA.

MARB was determined through visual evaluation by the amount of intramuscular fat (1 to 3 = traces, 4 to 6 = slight, 7 to 9 = small, 10 to 12 = medium, 13 to 15 = moderate, and 16 to 18 = abundant), and T by visual evaluation of the granulometry of the muscle fibers (1 = very coarse, 2 = coarse, 3 = slightly coarse, 4 = fine, and 5 = very fine), according to Müller (1987).

Color evaluation was performed using the colorimeter (Chroma Meter CR-400[®]) using the CIElab system – International Commission on Illumination (L, a, and b), where “L” measures luminosity, “a” measures the red color intensity, and “b” measures the yellow color intensity. Meat cuts were exposed to the air for 30 minutes allowing the superficial oxygenation of the myoglobin, and then measurements of L, a, and b were recorded.

Meat samples were identified, packed in plastic bags and frozen at -20°C for further laboratory analyses of SF and chemical analyses. SF determination was performed at the Meat Laboratory of the São Luis de Montes Belos Campus (Goiás State University), following the methodology by Wheeler et al. (1997). Frozen samples were cut into one-inch thick pieces, weighed and packed in plastic bags and

placed in the refrigerator during 18 hours for thawing. Upon this time samples were again weighed to calculate the loss of water by thawing, and then baked in an electric oven until reach an internal temperature of 40°C, turned around and placed again in the oven until reach the temperature of 71°C. Subsequently, those pieces were cooled at room temperature and weighed for the determination of cooking losses. The weight loss percentage ratio of samples (before and after cooking) was related to the evaporative losses that occurred after cooking, which represented the losses by dripping. Total losses resulted from the sum of dripping and evaporation, or simply weight loss by cooking (WLC).

After cooking the steaks were cooled and subsequently analyzed. From each piece eight cylindrical samples measuring 1.27 cm in diameter and 2.54 cm in length were taken parallel to the axis of the muscle fibers (Wheeler et al., 1997). The cut was performed perpendicularly in the longitudinal direction of the muscle fibers and each sample was completely sheared in its geometric center by Brookfield® texture meter (CT3 50K) coupled with a Warner-Bratzler blade. Thawing and cooking losses were calculated by weight difference.

Data of carcass traits and meat quality were subjected to two different analyses of variance. The first one accounted for the effects of genetic groups and FPS (HI and LI), and correspondent interactions (Tables 3 and 4). The second analysis considered the effect of genetic groups and six FPS during the 2015 dry season, and respective interactions (Table 5). Only the main values from each statistical analysis are reported.

All forage data was analyzed using a mixed model procedure (R Core Team, 2014). We considered six FPS as fixed effects and pen as a random effect for the 2015 dry season data. In the 2015/16 rainy season the three LIFPS (B, B+P, and B+P+PP) were set as fixed effects and pen as random. The data of forage production and availability of *Panicum maximum* cv. Tanzânia were analyzed in a descriptive manner using a mixed model procedure, considering the grazing cycle and pen as random effects (R Core Team, 2014).

BW data was submitted to a mixed model analysis considering genetic groups and FPS as fixed effects, and heifer as a random effect (R Core Team, 2014). This data also was submitted to two different analyses, the first one (Table 1) considering six FPS during the 2015 dry season (using only the data obtained in the dry season) and the second one (Table 2) considering the HIFPS and LIFPS.

In all previous analyses of variance and mixed model analyses, when a fixed effect was significant ($P \leq 0.05$), means were compared by the Tukey test. Pearson correlation (Table 6) and factor analysis (Figure 2) were also run to verify the relationship between carcass traits and meat quality variables.

3. Results

During the 2015 dry season, mean forage availability on C+PP+B, C+B, and B+PP (HIFPS) was $2,499.30 \pm 519.5$; $2,507.22 \pm 513.6$; and $3,015.44 \pm 513.6$ kg DM ha⁻¹, respectively. Mean forage availability on B+P+PP, B+P, and B (LIFPS) was $2,850.03 \pm 352.2$; $2,359.80 \pm 344.8$; and $3,539.70 \pm 344.8$ kg DM ha⁻¹, respectively. Overall forage availability during the 2015 dry season was not altered ($P > 0.05$) by the six FPS.

In the 2015/16 rainy season, mean forage availability on B+P+PP, B+P, and B (LIFPS) was 964.01 ± 196.61 ; 615.57 ± 196.61 ; and 889.95 ± 196.61 kg DM ha⁻¹, respectively. There was no effect ($P > 0.05$) of LIFPS on forage availability during the 2015/16 rainy season. Mean forage availability in pens with *Panicum maximum* cv. Tanzania at the entry of the animals was $2,604.72 \pm 1,060.67$ kg DM ha⁻¹, and $1,099.30 \pm 142.73$ kg DM ha⁻¹ at the exit of the animals.

F1 heifers had greater ($P < 0.05$) initial BW (225.3 ± 5.06 kg), daily weight gain ($P < 0.05$) during the 2015 dry season (0.383 ± 0.031 kg), and greater ($P < 0.05$) BW at the end of the 2015 dry season (266.7 ± 5.06 kg) compared with Nellore heifers (Table 1). Besides, heifers belonged to the C+PP+B (HIFPS) had the greatest ($P < 0.05$) daily weight gain (0.482 ± 0.054 kg) and BW (262.3 ± 8.77 kg) at the end of the 2015 dry season (Table 1).

As it occurred during the 2015 dry season, F1 heifers gained more ($P < 0.05$) weight per day throughout the entire 2015/16 rainy season (0.719 kg day⁻¹), as well as during the last 30 days of the experiment (0.963 kg day⁻¹), occasion when the 36 females were grouped in a single lot at the Tanzania grass pasture with the aim to replicate a feedlot system (Table 2). There was a response ($P < 0.05$) of FPS on daily weight gain during the 2015/16 rainy season, in which heifers belonged to the HIFPS gained more ($P < 0.05$) weight per day (0.744 kg day⁻¹) compared with the LIFPS (0.597 kg day⁻¹). In addition, F1 heifers raised in the HIFPS were the ones with the greatest ($P < 0.05$) daily weight gain (0.800 kg day⁻¹) during the 2015/16 rainy season

(Table 2).

Carcass traits of F1 heifers were greater ($P < 0.05$) than the carcass traits of Nellore females on HCW (209.39 kg), LT (24.39 cm), AP (37.96 cm), CL (1.43 m) (Table 3), and LEA (77.16 cm²) (Table 4), but there was no response ($P > 0.05$) of genetic group on AL (Table 3). HIFPS resulted in higher ($P < 0.05$) values for HCW (198.60 kg), CL (1.40 m) (Table 3), and LEA (72.94 cm²) (Table 4) in comparison with the LIFPS, but no effect ($P > 0.05$) of FPS was observed on LT, AL, and AP (Table 3). Furthermore, carcasses of F1 heifers belonged to the HIFPS were the ones with the biggest ($P < 0.05$) LEA (82.98 cm²) (Table 4).

There was an influence ($P < 0.05$) of genetic group on meat quality in some assessments reported in Table 4. F1 heifers' meat was superior ($P < 0.05$) on red (15.17) and yellow (7.31) color intensity, and SF (1.89 Kgf cm⁻²), compared with Nellore heifers' meat (Table 4).

Table 1. Initial BW (IBW), weight gain during the dry season (WGDS), and BW at the end of the dry season (BWDS) of F1 Nellore × Angus and Nellore heifers raised in different FPS during the 2015 dry season

Treatments	IBW (kg)	WGDS (kg day ⁻¹)	BWDS (kg)
F1	225.3 ± 5.06 ^a	0.383 ± 0.031 ^a	266.7 ± 5.06 ^a
Nellore	183.9 ± 5.27 ^b	0.287 ± 0.033 ^b	214.3 ± 5.27 ^b
C+PP+B	210.2 ± 8.77	0.482 ± 0.054 ^a	262.3 ± 8.77 ^a
C+B	200.0 ± 8.77	0.390 ± 0.054 ^{ab}	241.8 ± 8.77 ^{abc}
B+PP	215.0 ± 8.77	0.368 ± 0.054 ^{ab}	254.7 ± 8.77 ^{ab}
B+P+PP	197.4 ± 9.81	0.311 ± 0.061 ^{bc}	229.9 ± 9.81 ^{bc}
B+P	205.3 ± 8.77	0.194 ± 0.054 ^c	226.0 ± 8.77 ^c
B	199.7 ± 8.77	0.267 ± 0.054 ^{bc}	228.0 ± 8.77 ^c
Mean	204.6 ± 3.66	0.334 ± 0.097	242.7 ± 3.66
GG	<0.001	<0.05	<0.001
FPS	>0.05	<0.05	<0.05
GG × FPS	>0.05	>0.05	>0.05

^{a,b,c}: different letters in the same column indicate statistical difference ($P \leq 0.05$) by Tukey's test; C+PP+B: corn intercropped with pigeonpea and brachiaria; C+B: corn intercropped with brachiaria; B+PP: brachiaria intercropped with pigeonpea; B+P+PP: pre-existing brachiaria pasture + 54 kg P₂O₅ ha⁻¹ and intercropped with pigeonpea; B+P: pre-existing brachiaria pasture + 54 kg P₂O₅ ha⁻¹; B: pre-existing brachiaria pasture; GG: fixed effect for genetic group; FPS: fixed effect for forage production systems; GG × FPS: genetic group versus forage production systems interaction

Table 2. Daily weight gain in the rainy season (WGRS) and during the feedlot period (last 30 days of the experiment) of F1 Nellore × Angus and Nellore heifers raised in different FPS (high input; HI and low input; LI)

Treatments	WGRS (kg day ⁻¹)	Feedlot (kg day ⁻¹)
F1	0.719 ^a	0.963 ^a
Nellore	0.623 ^b	0.618 ^b
HI	0.744 ^a	0.733
LI	0.597 ^b	0.848
F1 × HI	0.800 ^a	0.841
F1 × LI	0.638 ^{ab}	1.085
Nellore × HI	0.689 ^{ab}	0.625
Nellore × LI	0.556 ^b	0.611
Mean	0.675	0.795
CV (%)	21.08	46.44
GG	0.05	<0.01
FPS	<0.01	>0.05
GG × FPS	<0.05	>0.05

^{a,b}: different letters in the same column indicate statistical difference ($P \leq 0.05$) by Tukey's test; CV: coefficient of variation; GG: fixed effect for genetic group; FPS: fixed effect for forage production systems; GG × FPS: genetic group versus forage production systems interaction

Table 3. Carcass traits of F1 Nellore × Angus and Nellore heifers raised in different FPS (high input; HI and low input; LI)

Treatments	HCW (kg)	LT (cm)	AL (cm)	AP (cm)	CL (m)
F1	209.39 ^a	24.39 ^a	40.53	37.96 ^a	1.43 ^a
Nellore	167.74 ^b	20.91 ^b	39.97	35.51 ^b	1.32 ^b
HI	198.60 ^a	22.91	40.31	37.38	1.40 ^a
LI	179.19 ^b	22.44	40.19	36.07	1.35 ^b
F1 × HI	221.89	24.11	41.00	38.50	1.45
F1 × LI	196.89	24.67	40.06	37.41	1.41
Nellore × HI	175.31	21.70	39.63	36.25	1.35
Nellore × LI	161.50	20.22	40.33	34.72	1.30
Mean	189.29	22.70	40.27	36.73	1.38
CV (%)	10.35	6.82	3.09	7.33	4.02
GG	<0.001	<0.001	>0.05	<0.05	<0.001
FPS	<0.01	>0.05	>0.05	>0.05	<0.05
GG × FPS	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05

^{a,b}: different letters in the same column indicate statistical difference ($P \leq 0.05$) by Tukey's test; CV: coefficient of variation; GG: fixed effect for genetic group; FPS: fixed effect for forage production systems; GG × FPS: genetic group versus forage production systems interaction; HCW: hot carcass weight; LT: leg thickness; AL: arm length; AP: arm perimeter; CL: carcass length

Table 4. Carcass traits and meat quality of F1 Nellore × Angus and Nellore heifers raised in different FPS (high input; HI and low input; LI)

Treatments	SFT (mm)	MARB	A	b	Shear force (Kgf cm ⁻²)	LEA (cm ²)	WLC (%)
F1	2.57	5.22	15.17 ^a	7.31 ^a	1.89 ^b	77.16 ^a	31.20
Nellore	2.28	3.94	12.86 ^b	5.61 ^b	2.54 ^a	62.49 ^b	31.01
HI	2.92 ^a	5.24 ^a	14.68	7.08 ^a	2.04	72.94 ^a	31.89
LI	2.00 ^b	3.89 ^b	13.30	5.83 ^b	2.42	66.89 ^b	30.54
F1 × HI	2.90	6.22	16.39	8.32	1.53	82.98 ^a	32.28
F1 × LI	2.24	4.22	13.94	6.30	2.25	71.34 ^b	30.13
Nellore × HI	2.93	4.25	12.98	5.84	2.55	62.90 ^b	31.51
Nellore × LI	1.76	3.56	12.66	5.36	2.60	62.43 ^b	30.95
Mean	2.45	4.57	14.02	6.47	2.22	70.11	31.21
CV (%)	39.74	42.10	16.43	25.24	36.82	10.92	8.83
GG	>0.05	>0.05	<0.01	<0.01	<0.05	<0.001	>0.05
FPS	<0.01	<0.05	>0.05	<0.05	>0.05	<0.05	>0.05
GG × FPS	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05	<0.05	>0.05

^{a,b}: different letters in the same column indicate statistical difference ($P \leq 0.05$) by Tukey's test; CV: coefficient of variation; GG: fixed effect for genetic group; FPS: fixed effect for forage production systems; GG × FPS: genetic group versus forage production systems interaction; SFT: subcutaneous fat thickness; MARB: marbling (range from 1 to 18); a: red color intensity; b: yellow color intensity; LEA: loin eye area; WLC: weight loss by cooking

Still in Table 4, meat quality of heifers raised in the HIFPS was greater ($P < 0.05$) than LIFPS on SFT (2.92 mm), MARB (5.24), and yellow color intensity (7.08), but no effect ($P > 0.05$) of FPS was observed on red color intensity, SF, and WLC (Table 4).

There was no effect ($P > 0.05$) of genetic groups on meat quality for T, L, and WLC when the data were analyzed exclusively during the 2015 dry season (Table 5). Likewise, meat assessments for T, L, red and yellow color intensities, SF, and WLC were not changed ($P > 0.05$) by the six (C+PP+B, C+B, B+PP, B+P+PP, B+P, and B) FPS during the 2015 dry season. However, F1 heifers raised in the C+B FPS had the highest ($P < 0.05$) L value (38.67) (Table 5).

The factor analysis (Figure 2) demonstrated that SF was positioned in the opposite direction to carcass traits measurements, such as AL, LL, LT, HCW, LEA, AP, and CL, therefore a larger carcass size was associated with lower SF. This result could be associated with the low SF and greater carcass traits observed in F1 animals compared to Nellore. The two factors showed that SF and T were positioned opposite to L, a, b, and MARB; therefore as SF and T decrease, meat color measurements and MARB increase.

The second factor showed that meat color measurements (L, a, and b) were positioned opposite to WLC and SFT, which suggests that a decrease in luminous, redness and yellowness of the meat is related to higher SFT and WLC.

The Pearson correlation analysis (Table 6) showed that SF had negative and significant ($P < 0.05$) correlation with meat color measures (L, a, and b), which agrees with the data observed in the factor analysis (Figure 2). Therefore, low measures in color variables are related with high SF values. LEA showed a positive and significant ($P < 0.05$) correlation with HCW and color measures.

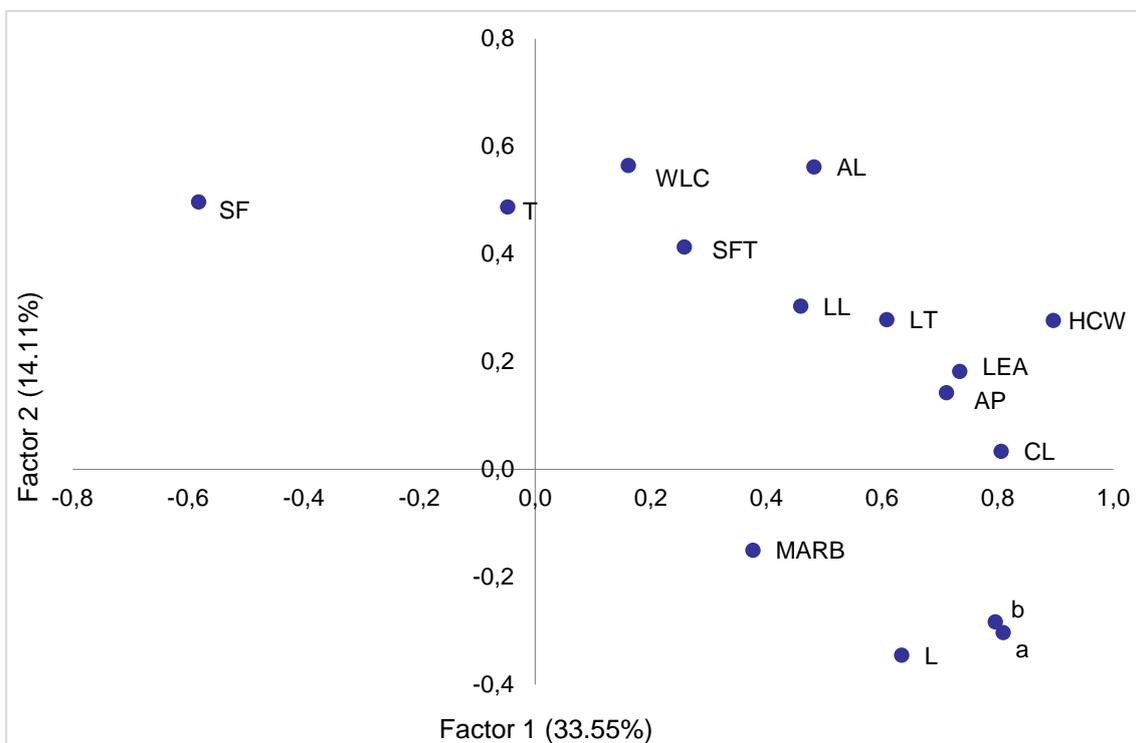


Figure 2. Factor analysis with all assessments for carcass traits and meat quality. Values in parentheses indicate the proportion of the variance explained by each factor.

Table 5. Meat assessments for texture (T), luminosity (L), red (a) and yellow (b) color intensity, shear force and weight loss by cooking (WLC) of F1 Nellore x Angus and Nellore heifers raised in different FPS during the 2015 dry season

	T	L	A	b	Shear force (kgf cm ⁻²)	WLC
F1	3.06	33.61	15.17 ^a	7.31 ^a	1.89 ^b	31.20
Nellore (N)	2.80	32.58	12.86 ^b	5.61 ^b	2.54 ^a	31.01
C+PP+B	2.92	32.65	13.58	6.42	2.24	32.12
C+B	2.77	35.25	15.98	7.68	1.68	29.71
B+PP	2.90	34.23	14.61	7.15	2.09	33.20
B+P+PP	2.37	32.16	12.59	5.74	1.93	29.61
B+P	3.17	32.43	14.01	6.03	2.94	30.72
B	3.45	31.85	13.30	5.73	2.40	31.29
F1 x C+PP+B	3.23	35.01 ^{ab}	15.29	7.76	1.64	31.49
F1 x C+B	2.73	38.67 ^a	18.28	9.42	1.38	31.80
F1 x B+PP	3.20	33.08 ^{ab}	15.60	7.77	1.56	33.54
F1 x B+P+PP	2.23	33.60 ^{ab}	14.54	7.03	1.71	28.97
F1 x B+P	3.16	29.88 ^b	13.51	5.54	2.84	30.21
F1 x B	3.77	31.38 ^{ab}	13.77	6.32	2.19	31.21
N x C+PP+B	2.60	30.29 ^{ab}	11.87	5.08	2.84	32.75
N x C+B	2.80	31.83 ^{ab}	13.68	5.95	1.97	27.62
N x B+PP	2.60	35.37 ^{ab}	13.62	6.54	2.63	32.86
N x B+P+PP	2.50	30.72 ^{ab}	10.64	4.45	2.15	30.25
N x B+P	3.17	34.98 ^{ab}	14.51	6.51	3.04	31.22
N x B	3.13	32.32 ^{ab}	12.83	5.14	2.61	31.37
Mean	2.93	33.13	14.02	6.47	2.22	31.21
CV (%)	20.72	8.95	16.17	25.80	38.22	9.05
GG	>0.05	>0.05	<0.01	<0.01	<0.05	>0.05
FPS	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05
GG x FPS	>0.05	<0.05	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05

^{a,b,c}: different letters in the same column indicate statistical difference ($P \leq 0.05$) by Tukey's test; C+PP+B: corn intercropped with pigeonpea and brachiaria; C+B: corn intercropped with brachiaria; B+PP: brachiaria intercropped with pigeonpea; B+P+PP: pre-existing brachiaria pasture + 54 kg P₂O₅ ha⁻¹ and intercropped with pigeonpea; B+P: pre-existing brachiaria pasture + 54 kg P₂O₅ ha⁻¹; B: pre-existing brachiaria pasture; GG: fixed effect for genetic group; FPS: fixed effect for forage production systems; GG x FPS: genetic group versus forage production systems interaction

Table 6. Pearson correlation coefficients among carcass traits and meat quality characteristics of F1 Nellore × Angus and Nellore heifers raised in different FPS (high input; HI and low input; LI)

Variable	LT	LL	AL	AP	CL	SFT	MARB	T	L	a	b	SF	LEA	WLC
HCW	0.670***	0.506**	0.521**	0.746***	0.733***	0.352*	0.231	0.113	0.383*	0.530**	0.556***	-0.420*	0.703***	0.212
LT		0.091	0.349*	0.360*	0.642***	0.184	0.198	0.273	-0.033	0.353*	0.342*	-0.218	0.472**	0.037
LL			0.546***	0.372*	0.301	0.125	0.151	-0.009	0.297	0.191	0.202	-0.173	0.228	0.199
AL				0.453**	0.450**	0.136	0.066	0.177	0.094	0.238	0.199	0.067	0.266	0.264
AP					0.591***	0.208	0.153	-0.049	0.340*	0.387*	0.382*	-0.232	0.442**	0.104
CL						0.192	0.341*	-0.107	0.341*	0.525**	0.507**	-0.335*	0.525**	0.071
SFT							-0.059	-0.028	0.036	0.007	0.055	-0.006	0.319	0.428*
MARB								-0.044	0.068	0.230	0.280	-0.307	0.247	0.117
T									-0.221	-0.098	-0.129	0.054	0.104	0.260
L										0.789***	0.806***	-0.480**	0.344*	0.132
a											0.961***	-0.545***	0.486**	0.035
b												-0.591***	0.503**	0.087
SF													-0.379*	0.139
LEA														0.154

HCW: hot carcass weight; LT: leg thickness; LL: leg length; AL: arm length; AP: arm perimeter; CL: carcass length; SFT: subcutaneous fat thickness; MARB: marbling; T: meat texture; L: luminosity; a; red color intensity; b: yellow color intensity; SF; shear force; LEA: loin eye area; WLC: weight loss by cooking; *P<0.05; **P<0.01; ***P<0.001

4. Discussion

Forage availability during the 2015 dry season was not changed by the six FPS. The FPS intercropped with corn had part of the previous 2015/16 rainy season occupied by a corn crop, whereas the single-based livestock FPS remained in fallow (without grazing) during four months, which allowed the accumulation of biomass in those pens. Therefore, both HIFPS and LIFPS had similar biomass yield during the 2015 dry season, although the HIFPS had been previously cultivated with corn during the 2014/15 season.

The LIFPS yielded lower quantities of forage in the 2015/16 rainy season than in the previous 2015 dry season. As described above, the LIFPS remained in fallow during four months prior to the entry of the heifers, therefore the accumulated forage availability was higher in the beginning of the experiment and decreased with the continuous grazing during the 2015 dry season, which affected the forage availability in the following 2015/16 rainy season.

HIFPS increased the weight gain during the dry (2015) and rainy (2015/16) seasons, representing an increment of 24.6% in weight gain compared with the LIFPS, which is in agreement with a previous study that reported an increment of up to 70% for CLIFS in relation to single-based livestock systems (Van der Linden et al., 2015).

The C+PP+B treatment (HIFPS) had greater weight gain during the 2015 dry season than the mean LIFPS (0.482 versus 0.257 kg day⁻¹; C+PP+B versus mean LIFPS, respectively), representing an increase of 87.5% in weight gain between C+PP+B and the other three LIFPS treatments. The incorporation of pigeonpea in the intercropping systems promoted a higher productivity, which corroborates data from previous work (Alary et al., 2016; Garcia et al., 2016).

Carcasses of heifers raised in the HIFPS had higher SFT and MARB values compared with LIFPS (Table 4), which represents a better quality in the final product due to a better protection of the carcass against low temperatures and better consumer experience related to higher marbling. At this level of SFT (close to 3 mm), the major benefit of fat cover is to prevent the carcass shortening caused by excessive coldness (2°C), which results in loss of tenderness, whereas higher SFT levels (up to 10 mm) are desired to improve the sensory quality of the meat (McManus et al., 2013).

In general, HIFPS resulted in greater productive and quality results of the carcass produced. This result demonstrates the potential of CLIFS in providing better quality feed to the animals, which results in higher production and better beef quality. Thus, CLIFS tends to provide greater land use efficiency as previously demonstrated in other studies (Herrero et al., 2013; Veysset et al., 2014; Figueiredo et al., 2017; Garrett et al., 2017).

The superiority of F1 heifers in both HI and LI systems indicates the positive effect of heterosis on the productive traits. F1 heifers gained more weight than Nellore during the 2015 dry (0.383 versus 0.287 kg day⁻¹; F1 versus Nellore, respectively) and 2015/16 rainy seasons (0.719 versus 0.623 kg day⁻¹; F1 versus Nellore, respectively). In both seasons, the difference between genetic groups was next to 0.1 kg day⁻¹, which represents an increase of 33.4% during the 2015 dry season and 15.4% in the 2015/16 rainy season.

There was an interaction effect between genetic group and FPS (Table 2). The yield increment between the two FPS in the 2015/16 rainy season was 24.6% (0.744 versus 0.597 kg day⁻¹; HIFPS versus LIFPS, respectively) and between genetic groups was 15.4% (0.719 versus 0.623 kg day⁻¹; F1 versus Nellore, respectively), but when the data were collapsed within genetic groups raised either in the HI or LIFPS, the increment in weight gain between F1 × HIFPS and Nellore × LIFPS was equal to 43.9% (0.800 versus 0.556 kg day⁻¹; F1 × HIFPS versus Nellore × LIFPS, respectively). These data indicate that F1 heifers had higher yield in the HIFPS than Nellore heifers in the LIFPS, which was already expected, since more specialized animals have greater performance as long as better feed is provided (Ates et al., 2015). Therefore, the incorporation of the two technologies (CLIFS and crossbred animals) had higher impact when used together than separately.

Previous studies have also reported superior results of LEA and HCW for F1 Nellore × Angus in a feedlot system (Pereira et al.; 2009; Rotta et al., 2009). Angus breed has had a long breeding history for weight gain, so it is expected that the crossbreeding with Nellore may inherit high production capacity. Furthermore, the superiority of F1 crossbred animals is not restricted for weight gain, but also for traits that are essential to the beef cattle industry, such as carcass yield and physical composition of the carcass (Souza et al., 2012).

Genetic factors affect the fat deposition and composition of the carcass (Pereira et al., 2015). However, no significant difference was detected between genetic groups for SFT in the present study. The lack of difference in this experiment can be explained by the early age that heifers were slaughtered (approximately 19 months of age) with a short period of supplementation, which may not have been enough for fat accumulation. Corroborating these findings, Dias et al. (2015) did not find a response of genetic group regarding fat cover with Nellore and F1 Angus × Nellore males raised in a grass-based system with supplementation, which again could be explained by the early slaughter age (20 months) of predominantly pasture-fed animals. Nevertheless, other studies conducted in feedlots reported a SFT superiority for the Angus genetic group (Goulart et al., 2008; Souza et al., 2012; Pereira et al., 2015). Thus, crossbred Angus animals seem to deposit greater accumulation of SFT when fed diets with high energy concentration and slaughtered with greater weight.

There was a high correlation between CL with HCW, and between CL with LEA, which was also reported in a previous study (Pereira et al., 2009). CL has been found to be highly correlated with HCW and weight of prime beef cuts. Heavier carcasses tend to exhibit better conformation and a better ratio of eatable parts and bones as long as CL and carcass finishing are similar (Müller, 1987).

Data of color L, a, and b respectively represent luminosity (ability to reflect the incident light), the red intensity that reflects the amount of red pigment of myoglobin and the C cytochrome, and the yellow intensity that is associated with the composition of carotenoids (Priolo et al., 2001). Abularach et al. (1998) ranked young beef as dark when L is lower than 29.68 and light meat when L is greater than 38.51; $a < 14.83$ as low and $a > 29.27$ as high for the red color intensity; and $b < 3.40$ as low and $b > 8.28$ as high for the yellow color intensity. In this study, an intermediate value was observed for L (33.13) with no difference between the genetic groups. Visually, consumers do not choose a very dark or very light meat, which emphasizes the quality of the meat produced under the conditions of this experiment.

The b values observed in this study were intermediate to those described by Abularach et al. (1998). Muchenje et al. (2009) reported that lower values for yellow color are favorable for this attribute, since consumers usually relate meat with yellow fat and old animals.

According to Alves et al. (2005), meat with satisfactory tenderness must have a SF lower than 4.5 kgf cm⁻². In the present study, meat from F1 heifers had lower SF than Nellore (1.89 versus 2.54 kgf.cm⁻²; F1 versus Nellore, respectively). Conversely, both values represent a very tender meat, which highlights the quality of the meat produced in this production system with both genetic groups, and are in agreement with previous authors (Restle et al., 2003; Pereira et al., 2015), who also compared meat quality between *Bos taurus* and *Bos indicus*. The lower tenderness in *Bos indicus* animals results from the greater activity of calpastatin that acts inhibiting the action of calpain, which is responsible for fragmenting the myofibrillar structures and promoting meat tenderness in the *post mortem* (Koochmaraie, 1992).

Angus crossbred animals tend to have more tender meat than straightbred Nellore, although there is a high genetic variation for this trait in the Nellore breed, therefore the selection for meat tenderness and better environmental conditions can produce a high quality meat from Nellore animals (Pereira et al., 2015).

The factor analysis presented a SF result opposite to MARB. MARB presented an inverse relationship to SF previously (Whipple et al., 1990; Wheeler et al., 1994). Müller (1987) discussed the importance of intramuscular fat in meat, once it represents the fraction of the adipose tissue that is deposited in the muscular fiber, and in general contributes to the tenderness and flavor of the meat, which are characteristics desired by the consumer. Brondani et al. (2006) investigated the meat quality of non-castrated Aberdeen Angus and Hereford males slaughtered at 13-14 months of age and also reported a negative correlation between SF and MARB. Besides, May et al. (1992) and Costa et al. (2002) also detected a negative correlation between SF and MARB, pointing out that meat with high marbling scores require less shearing force for fiber rupture.

5. Conclusions

The HIFPS had higher yield than the LIFPS with both greater slaughter weight and average daily weight gain. SFT was higher in the animals produced in an integrated. Thereby, CLIFS can increase the productivity and provide high quality meat production. In both production systems evaluated, the use of crossbred animals (F1 Angus × Nellore) increased the overall productivity with better meat quality. The use of both technologies together (crossbred animals and CLIFS) brought benefits on

productivity, carcass traits and meat quality, compared when used separately.

6. Acknowledgments

The authors acknowledge the support of IF Goiano for granting the undergraduate with scholarships as well as for providing the area and infrastructure. This project was financially supported by the Brazilian National Council for Scientific and Technological Development – CNPq (grant # 468100/2014-8; CNPq/SETEC/MEC 17/2014).

7. References

- 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. Ci. Tec. Alim. 18, 205-210.
- Alary, V., Corbeels, M., Affholder, F., Alvarez, S., Soria, A., Valadares Xavier, J.H., Silva, F.A.M., Scopel, E., 2016. Economic assessment of conservation agriculture options in mixed crop-livestock systems in Brazil using farm modelling. Agric. Syst. 144, 33-45.
- Alves, D.D., Goes, R.H.T.B., Mancio, A.B., 2005. Beef meat tenderness. Ci. Anim. Bras. 6, 135-149.
- Anuário da Pecuária Brasileira (Anualpec), 2015. Informa Economics|FNP, ed. 2015, 280p.
- AOAC, 2000. Official methods of analysis. 17th ed. Assoc. Off. Anal. Chem. AOAC International, Gaithersburg, MD, USA.
- Ates, S., Keles, G., Inal, F., Gunes, A., Dhehibi, B., 2015. Performance of indigenous and exoticxindigenous sheep breeds fed different diets in spring and the efficiency of feeding system in crop–livestock farming. The J. Agric. Sci. 153, 554-569.
- Brondani, I.L., Sampaio, A.A.M., Restle, J., Alves Filho, D.C., Freitas, L.S., Amaral, G.A., Silveira, M.F., Cezimbra, I.M., 2006. Physical composition of carcass and qualitative characteristics of meat of young bulls from different breed fed diets with different energy levels. Rev. Bras. Zootec. 35, 2034-2042.
- Costa, E.C., Restle, J., Brondani, I.L., Perottoni, J., Faturi, C., Menezes, L.F.G., 2002. Carcass composition, meat quality and cholesterol content in the *Longissimus dorsi* muscle of young Red Angus steers confined and slaughtered with different weights. Rev. Bras. Zootec. 31, 417-428.

- Cruz, G.M., Rodrigues, A.A., Tullio, R.R., Alencar, M.M., Alleoni, G.F., Oliveira, G.P., 2009. Performance of weaned Nellore and crossbred calves grazing *Cynodon dactylon* cv. Coastcross fertilized pastures supplemented with concentrate. Rev. Bras. Zootec. 38, 139-148.
- Dias, L.L.R., Orlandini, C.F., Steiner, D., Martins, W.D.C., Boscarato, A.G., Alberton, L.R., 2015. Weight gain and carcass characteristics of Nellore and crossbred Angus-Nellore cattle on grazing supplementation scheme. Arq. Ci. Vet. Zool. UNIPAR. 18, 155-160.
- Figueiredo, E.B., Jayasundara, S., Bordonal, R.O., Berchielli, T.T., Reis, R.A., Wagner-Riddle, C., La Scala Jr., N., 2017. Greenhouse gas balance and carbon footprint of beef cattle in three contrasting pasture-management systems in Brazil. J. Cleaner Prod. 142, 420-431.
- Garcia, C.M.P., Costa, C., Meirelles, P.R.L., Andreotti, M., Pariz, C.M., Freitas, L.A., Teixeira Filho, M.C.M., 2016. Wet and dry corn yield under intercrop cultivation with marandu grass and/or dwarf pigeonpea and nutritional value of the marandu grass in succession. Austr. J. Crop Sci. 10, 1564-1571.
- Garrett, R.D., Niles, M.T., Gil, J.D.B., Gaudin, A., Chaplin-Kramer, R., Assmann, A., Assmann, T.S., Brewer, K., Carvalho, P.C.F., Cortner, O., Dynes, R., Garbach, K., Kebreab, E., Mueller, N., Peterson, C., Reis, J.C., Snow, V., Valentim, J., 2017. Social and ecological analysis of commercial integrated crop livestock systems: current knowledge and remaining uncertainty. Agric. Syst. 155, 136-146.
- Gomes, R.A., Busato, K.C., Ladeira, M.M., Johnson, K.A., Galvão, M.C., Rodrigues, A.C., Chizzotti, M.L., 2017. Energy and protein requirements for Angus and Nellore young bulls. Liv. Sci. 195, 67-73.
- Goulart, R.S., Alencar, M.M., Pott, E.B., Cruz, G.M., Tullio, R.R., Alleoni, G.F., Lanna, D.P.D., 2008. Body composition and protein and energy net requirements of steers of four genetic groups finished in feedlot. Rev. Bras. Zootec. 37, 926-935.
- Herrero, M., Havlík, P., Valin, H., Notenbaert, A., Rufino, M.C., Thornton, P.K., Blümmel, M., Weiss, F., Grace, D., Obersteiner, M., 2013. Biomass use, production, feed efficiencies, and greenhouse gas emissions from global livestock systems. Proc. Nat. Acad. Sci. USA. 110, 20888-20893.
- Jank, L., Barrios, S.C., Valle, C.B., Simeão, R.M., Alves, G.F., 2014. The value of improved pastures to Brazilian beef production. Crop and Pasture Sci. 65, 1132-1137.
- Koohmaraie, M., 1992. Role of the neutral proteinases in postmortem muscle protein degradation and meat tenderness. In: 45th RECIPROCAL MEAT CONFERENCE, 1992, Boulder. Proceedings... Boulder: Colorado State University, 45, 63-71.
- Lugão, S.M.B., Rodrigues, L.R.A., Abrahão, J.J.S., Malheiros, E.B., Morais, A., 2003. Forage increment and efficiency of nitrogen in pastures with *Panicum maximum*

- Jacq. (BRA-006998) manured with nitrogen. *Acta Scient. Anim. Sci.* 25, 371-379.
- Macedo, M.C.M., 2009. Crop and livestock integration: the state of the art and the near future. *Rev. Bras. Zootec.* 38, 133-146.
- May, S.G., Dolezal, H.G., Gill, D.R., Ray, F.K., Buchanan, D.S., 1992. Effect of days fed, carcass grade traits, and subcutaneous fat removal on postmortem muscle characteristics and beef palatability. *J. Anim. Sci.* 70, 444-453.
- McManus, C, Paim, T.P., Louvandini, H., Dallago, B.S.L., Dias, L.T., Teixeira, R.A., 2013. Ultrasonography evaluation of sheep carcass quality of Santa Inês breed. *Ci. Anim. Bras.* 14, 8-16.
- Mokolobate, M.C., Theunissen, A., Scholtz, M.M., Naser, F.W.C., 2014. Sustainable crossbreeding systems of beef cattle in the era of climate change. *South African J. Anim. Sci.* 44, 8-11.
- Muchenje, V., Dzama, K., Chimonyo, 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.
- Müller, L., 1987 Normas para avaliação de carcaças e concurso de carcaças de novilhos. 2nd ed. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria.
- Pereira, A.S.C., Baldi, F., Sainz R.D., Utembergue, B.L., Chiaia, H.L.J., Magnabosco, C.U., Manicardi, F.R., Araujo, F.R.C., Guedes, C.F., Margarido, R.C., Leme, P.R., Sobral, P.J.A., 2015. Growth performance, and carcass and meat quality traits in progeny of Poll Nellore, Angus and Brahman sires under tropical conditions. *Anim. Prod. Sci.* 55, 1295-1302.
- Pereira, P.M.R.C., Pinto, M.F., Abreu, U.G.P., Lara, J.A.F., 2009. Carcass characteristics and beef quality of young bulls from three genetic groups. *Pesq. Agropec. Bras.* 44, 1520-1527.
- Priolo, A., Micol, D., Agabriel, J., 2001. Effects of grass feeding systems on ruminant meat colour and flavour. A review. *Anim. Res.* 50, 185-200.
- R Core Team., 2014. A language and environment for statistical computing. Viena: R Foundation for Statistical Computing. Available at: <<http://www.R-project.org/>>
- Rao, S.C., Phillips, W.A., Mayeux, H.S., Phatak, S.C., 2003. Potential grain and forage production of early maturing pigeonpea in the Southern Great Plains. *Crop Sci.* 43, 2212-2217.
- Restle, J., Vaz, F.N., Bernardes, R.A.C., Pascoal, L.L., Menezes, L.F.G., Pacheco, P.S., 2003. Carcass and meat characteristics of cull cows from different charolais x nellore genotypes, finished in feedlot. *Ci. Rur.* 33, 345-350.
- Rotta, P.P., Prado, R.M., Prado, I.N., Valero, M.V., Visentaine, J.V., Silva, R.R., 2009. The effects of genetic groups, nutrition, finishing systems and gender of Brazilian

cattle on carcass characteristics and beef composition and appearance: a review. *Asian-Australasian J. Anim. Sci.* 22, 1718-1734.

- Sant-Anna, S.A.C., Jantalia, C.P., Sá, J.M., Vilela, L., Marchão, R.L., Alves, B.J.R., Urquiaga, S., Boddey, R.M., 2017. Changes in soil organic carbon during 22 years of pastures, cropping or integrated crop/livestock systems in the Brazilian Cerrado. *Nutr. Cycl. in Agroecosyst.* 108, 101-120.
- Souza, E.J.O., Valadares Filho, S.C., Guim, A., Valadares, R.F.D., Paulino, P.V.R., Ferreira, M.A., Torres, T.R., Lage, J.F., 2012. Deposition patterns of body tissues of Nellore and crossbred with Angus and Simmental heifers. *Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.* 13, 344-359.
- Strassburg, B.B.N., Latawiec, A.E., Barioni, L.G., Nobre, C.A., Silva, V.P., Valentim, J.F., Vianna, M., Assad, E.D., 2014. When enough should be enough: improving the use of current agricultural lands could meet production demands and spare natural habitats in Brazil. *Global Environ. Change.* 28, 84-97.
- Van der Linden, A., Oosting, S.J., Van de Ven, G.W.J., de Boer, I.J.M., Van Ittersum, M.K., 2015. A framework for quantitative analysis of livestock systems using theoretical concepts of production ecology. *Agric. Syst.* 139, 100-109.
- Veysset, P., Lherm, M., Bébin, D., Roulenc, M., 2014. Mixed crop-livestock farming systems: a sustainable way to produce beef? Commercial farms results, questions and perspectives. *Anim.* 8, 1218-1228.
- Wheeler, T.L., Cundiff, L.V., Koch, R.M., 1994. Effect of marbling degree on beef palatability in *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle. *J. Anim. Sci.* 72, 3145-3151.
- Wheeler, T.L., Shackelford, S.D., Johnson, L.P., Miller, M.F., Miller, R.K., Koohmaraie, M., 1997. A comparison of Warner-Bratzler shear force assessment within and among institutions. *J. Anim. Sci.* 75, 2423-2432.
- Whipple, G., Koohmaraie, M., Dikeman, M.E., Crouse, J.D., Hunt, M.C., Klemm, R.D., 1990. Evaluation of attributes that affect longissimus muscle tenderness in *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle. *J. Anim. Sci.* 68, 2716-2728.